



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 ENTRE LOS 3000 Y
3200 M.S.N.M., EN LA PARROQUIA DE CANCHAGUA,
PROVINCIA DE COTOPAXI, AÑO 2022”**

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

Autores:

Cunguán Guamangallo Andrés Eduardo
Gavilanez Sigcha Byron Vladimir

Tutor:

Agreda Oña José Luis

LATACUNGA – ECUADOR

Agosto 2022

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Cunguán Guamangallo Andrés Eduardo, con cédula de ciudadanía No. 1750734095 y Byron Vladimir Gavilanez Sigcha, con cédula de ciudadanía No. 1805113931, declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: “Trazabilidad microbiológica en sitios poco monitoreados y contaminados con arsénico proveniente de fuentes naturales entre los 3000 y 3200 m.s.n.m., en la parroquia de Canchagua, provincia de Cotopaxi, año 2022”, siendo el Ingeniero Mg. José Luis Agreda Oña, Tutor del presente trabajo; y, eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

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

Latacunga, 29 de agosto del 2022

Andrés Eduardo Cunguán Guamangallo

Estudiante

CC: 1750734095

Byron Vladimir Gavilanez Sigcha

Estudiante

CC: 1805113931

Ing. José Luis Agreda Oña, Mg.

Docente Tutor

CC: 0401332101

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 **CUNGUÁN GUAMANGALLO ANDRÉS EDUARDO**, identificado con cédula de ciudadanía **1750734095** de estado civil soltero, a quien en lo sucesivo se denominará **EL CEDENTE**; y, de otra parte, el Ingeniero Ph.D. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez, en calidad de Rector, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - EL 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 entre los 3000 y 3200 m.s.n.m., en la parroquia de Canchagua, provincia de Cotopaxi, año 2022”, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Inicio de la carrera: Abril 2017 - agosto 2017

Finalización de la carrera: Octubre 2021 – marzo 2022

Aprobación en Consejo Directivo: 7 de enero del 2022

Tutor: Ingeniero Mg. José Luis Agreda Oña

Tema: “Trazabilidad microbiológica en sitios poco monitoreados y contaminados con arsénico proveniente de fuentes naturales entre los 3000 y 3200 m.s.n.m., en la parroquia de Canchagua, provincia de Cotopaxi, año 2022”

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

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

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

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.

- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- e) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

CLÁUSULA QUINTA. - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **EL CEDENTE** 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 **EL CEDENTE** podrá utilizarla.

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

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

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

CLÁUSULA UNDÉCIMA. - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 29 días del mes de agosto del 2022.

Andrés Eduardo Cunguán Guamangallo
EL CEDENTE

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

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **GAVILANEZ SIGCHA BYRON VLADIMIR**, identificado con cédula de ciudadanía **1805113931** de estado civil soltero, a quien en lo sucesivo se denominará **EL CEDENTE**; y, de otra parte, el Ingeniero Ph.D. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez, en calidad de Rector, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - **EL 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 entre los 3000 y 3200 m.s.n.m., en la parroquia de Canchagua, provincia de Cotopaxi, año 2022”, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Inicio de la carrera: Abril 2017 - agosto 2017

Finalización de la carrera: Octubre 2021 – marzo 2022

Aprobación en Consejo Directivo: 7 de enero del 2022

Tutor: Ingeniero Mg. José Luis Agreda Oña

Tema: “Trazabilidad microbiológica en sitios poco monitoreados y contaminados con arsénico proveniente de fuentes naturales entre los 3000 y 3200 m.s.n.m., en la parroquia de Canchagua, provincia de Cotopaxi, año 2022”

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

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

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

- f) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- g) La publicación del trabajo de grado.
- h) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.

- i) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- j) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

CLÁUSULA QUINTA. - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **EL 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 **EL CEDENTE** podrá utilizarla.

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

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

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

CLÁUSULA UNDÉCIMA. - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 29 días del mes de agosto del 2022.

Byron Vladimir Gavilanez Sigcha
EL CEDENTE

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

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

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

“TRAZABILIDAD MICROBIOLÓGICA EN SITIOS POCO MONITOREADOS Y CONTAMINADOS CON ARSÉNICO PROVENIENTE DE FUENTES NATURALES ENTRE LOS 3000 Y 3200 M.S.N.M., EN LA PARROQUIA DE CANCHAGUA, PROVINCIA DE COTOPAXI, AÑO 2022”, de Cunguán Guamangallo Andrés Eduardo y Gavilanez Sigcha Byron Vladimir, de la carrera de Ingeniería Ambiental, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del Aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la Pre defensa.

Latacunga, 29 de agosto del 2022

Ing. José Luis Agreda Oña, Mg.

DOCENTE TUTOR

CC: 0401332101

AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, los postulantes: Cunguán Guamangallo Andrés Eduardo y Gavilanez Sigcha Byron Vladimir, con el título del Proyecto de Investigación: “TRAZABILIDAD MICROBIOLÓGICA EN SITIOS POCO MONITOREADOS Y CONTAMINADOS CON ARSÉNICO PROVENIENTE DE FUENTES NATURALES ENTRE LOS 3000 Y 3200 M.S.N.M., EN LA PARROQUIA DE CANCHAGUA, PROVINCIA DE COTOPAXI, AÑO 2022”, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

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

Latacunga, 29 de agosto del 2022

Lector 1 (Presidente)
Ing. Matius Mendoza Poma, M.Sc.
CC: 1710448521

Lector 2
Lic. Joseline Luisa Ruiz Depablos, M.Sc.
CC: 1758739062

Lector 3
Ing. Javier Roberto Irazabal Morales, M.Sc.
CC:1720071024

AGRADECIMIENTO

Es grato agradecer primeramente a Dios por brindarme la salud y vida a lo largo de mi trayectoria académica como estudiante, para poder así culminar mi tesis como una de mis metas que he tenido en la vida, también agradecer a mis padres los principales pilares de mi vida que me han brindado el estudio, valores, amor y sobre todo su apoyo al igual que mi familia, amigos y personas muy especiales que me han ayudado a progresar y ser una gran persona ante la sociedad, por ultimo agradecer a las instituciones de educación y a la Universidad Técnica de Cotopaxi por abrirme sus puertas y docentes por otorgarme el conocimiento necesario a lo largo de mi carrera universitaria.

Andrés Eduardo Cunguán Guamangallo

AGRADECIMIENTO

Como eje y pilar principal quiero agradecer a todas las personas que formaron parte de este camino lleno de emociones y sentimientos, a aquellas personas que creyeron en mí aun cuando yo no lo hacía, en primer lugar, a mi madre quien en conjunto con mi tío me ha guiado en la construcción de la persona que soy el día de hoy, y de la misma manera a mi pareja quien siempre me ha ayudado y motivado a continuar creciendo y mejorando como persona, a Dios por traerme hasta este punto con enseñanzas de vida. Al igual que aquellas personas que compartieron un poco de su tiempo en esta noble institución y como último, pero no menos importante a mis queridos docentes quienes me han guiado de la mejor manera transmitiendo su conocimiento y aportando en mi construcción personal.

Byron Vladimir Gavilanez Sigcha

DEDICATORIA

A mis padres amados María Magdalena Guamangallo Chiluisa y Luis Alfredo Cunguán Itas que han sido mi sustento y mi apoyo en los momentos más difíciles de mi vida, a mi hermana Karol Mabel Cunguán Guamangallo, al igual que mis abuelitos Elena María Chiluisa Tipantuña, Raul Guamangallo Vásquez y familia cercana que han estado siempre conmigo apoyándome incondicionalmente en todo lo que he necesitado y por último a mi tío querido Luis Hernán Guamangallo Chiluisa que está en el cielo que también ha sido un motivo más desde su partida para seguir adelante y culminar esta tesis.

Andrés

DEDICATORIA

A mi madre Ana Lucia Sigcha Navarro quien desde siempre ha sido el sustento en mi vida a mi querido tío quien me ha apoyado como un padre, a mi querida hermana Brigitte Genoveva Gavilanez Sigcha, y a la vez a mis queridos suegros y a mi pareja Julissa quienes me apoyaron y siempre estuvieron dispuestos a enseñarme y guiarme en todos los aspectos de mi vida, y adicionalmente a mi hijo próxima a nacer.

Byron

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 ENTRE LOS 3000 Y 3200 M.S.N.M., EN LA PARROQUIA DE CANCHAGUA, PROVINCIA DE COTOPAXI, AÑO 2022”.

AUTORES: Cunguán Guamangallo Andrés Eduardo
Gavilanez Sigcha Byron Vladimir

RESUMEN

El presente proyecto de investigación tiene como objetivo el aislamiento de microorganismos en el recurso hídrico y determinar la concentración de arsénico del río Pumacunchi proveniente de fuentes naturales; en la parroquia de Canchagua provincia de Cotopaxi, esta investigación es definida dentro del carácter básica y exploratoria debido a que no existen estudios previos en el sector referente a temas de contaminación, además de aplicar una metodología basada en un enfoque cualitativo-cuantitativo, el proyecto se dividió en tres fases, en la primera fase se tomaron muestras en campo en un solo punto a una altura de 3090 m.s.n.m. En los meses de enero, abril y mayo mismos que se hallan distribuidos entre la época lluviosa y seca de la zona, posteriormente fueron analizados en un laboratorio acreditado, como segunda fase se procedió al proceso de aislamiento bacteriano haciendo uso de la metodología de estrías con el uso de agar nutritivo y agar MacConkey, el proceso de tinción fue guiado por la metodología de Gram, complementada con la observación microbiológica en el laboratorio institucional, por última instancia los resultados fueron comparados con los límites máximos permisibles estipulados en la norma técnica ecuatoriana INEN 1108 para consumo humano y el Acuerdo Ministerial 097-A para agua de riego respectivamente, obteniendo como resultados del análisis químico que este recurso exhibe una alta concentración del metal pesado en el agua mostrando concentraciones que exceden los 0,47 mg/L, el cual se encuentra por encima de los límites propuesto como máximo nivel de concentración en agua de consumo humano y riego, tras el análisis microbiológico se concluyó que además del problema de contaminación por arsénico, el recurso muestra un severo problema de contaminación microbiana con bacterias denominadas como Gram negativas entre las cuales posiblemente destacan *Escherichia Coli* y *Veillonella* provenientes de diversas actividades antropogénicas aledañas al sector, además, con el uso continuo de este recurso puede derivar en complicaciones muy graves para quienes lo consuman y hagan uso de este recurso. Por lo cual es necesario contar con un plan de prevención y recuperación del recurso.

Palabras clave: Agua, Arsénico, Contaminación, Microbiológica.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCES AND NATURAL
RESOURCES

TITLE: "MICROBIOLOGICAL TRACEABILITY IN POORLY MONITORED SITES CONTAMINATED WITH ARSENIC FROM NATURAL SOURCES BETWEEN 3000 AND 3200 M.A.S.L., IN THE PARISH OF CANCHAGUA, PROVINCE OF COTOPAXI, YEAR 2022".

AUTHORS: Cunguán Guamangallo Andrés Eduardo
Gavilanez Sigcha Byron Vladimir

ABSTRACT

The purpose of this research study was to isolate microorganisms in the water resource and determine the concentration of arsenic in the Pumacunchi river from natural sources in the Parish of Canchagua, province of Cotopaxi. This research was defined as basic and exploratory because there are no previous studies in the sector regarding pollution issues. In addition, to applying a methodology based on a qualitative-quantitative approach. The project was divided into three phases. In the first phase, field samples were taken at a single point at an altitude of 3090 meters above sea level. In the months of January, April, and May, which are distributed between the rainy and dry seasons in the area, they were subsequently analyzed in an accredited laboratory. The second phase involved the bacterial isolation process by using the striae methodology with the use of nutrient agar and MacConkey agar. The staining process was guided by Gram's methodology, complemented by microbiological observation in the institutional laboratory. Finally, the results were compared with the maximum permissible limits stipulated in the Ecuadorian technical standard INEN 1108 for human consumption and Ministerial Agreement 097-A for irrigation water, respectively. The results of the chemical analysis showed that this resource exhibits a high concentration of the heavy metal in the water, with concentrations exceeding 0.47 mg/L, which is above the limits proposed as the maximum concentration level in water for human consumption and irrigation; after the microbiological analysis, it was concluded that also to the arsenic contamination problem, the resource shows a severe arsenic contamination problem, The resource shows a severe problem of microbial contamination with Gram-negative bacteria, including Escherichia coli and Veillonella from various anthropogenic activities near the sector, and the continuous use of this resource can lead to very serious complications for those who consume and make use of this resource. Therefore, it is necessary to have a plan for the prevention and recovery of the resource.

Keywords: Water, Arsenic, Contamination, Microbiological.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	vii
AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	viii
AGRADECIMIENTO.....	ix
AGRADECIMIENTO.....	x
DEDICATORIA.....	xi
DEDICATORIA.....	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
ÍNDICE DE CONTENIDOS	xv
ÍNDICE DE TABLAS.....	xxii
ÍNDICE DE FIGURAS	xxii
INTRODUCCIÓN	1
1. INFORMACIÓN GENERAL	2
2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	3
3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	3
4. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	4
5. OBJETIVOS	5
5.1 Objetivo General	5
5.2 Objetivos Específicos.....	5
6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS	5
7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA.....	7
7.1 Recurso Hídrico.....	7
7.2 Importancia del Recurso Hídrico	7

7.3 Fuentes de contaminación	8
7.4 Origen de las fuentes de contaminación	8
7.4.1 Origen doméstico	8
7.4.2 Origen agrícola – ganadero	8
7.4.3 Origen pluvial	8
7.5 Pisos altitudinales	9
7.5.1 Piso Templado	9
7.5.2 Piso Frío	10
7.5.3 Páramo	10
7.6 Arsénico	10
7.6.1 Arsénico en el agua	11
7.7 Parámetros Fisicoquímicos.....	12
7.8 Parámetros Microbiológicos.....	13
7.9 Coliformes fecales	13
7.10 Trazabilidad microbiológica.....	14
7.10.1 Aislamiento microbiológico.....	14
7.11 Biotransformación del arsénico	15
7.12 Metabolismo Celular.....	15
7.13 Bacterias.....	16
7.13.1 Bacterias Gram positivas	16
7.13.2 Bacterias Gram negativas	17
7.14 Medios de cultivo	17
7.14.1 Simples.....	17
7.14.2 Enriquecidos	17
7.14.3 Selectivos.....	18
7.14.4 El agar Mac Conkey	18
7.14.5 Diferenciales	18

7.15 Tinción de Gram	18
7.15.1 Color	18
7.15.2 Forma	19
8. MARCO LEGAL	19
8.1 Constitución de la república del Ecuador	19
8.2 Ley orgánica de recursos hídricos usos y aprovechamiento del agua.....	21
8.3 Ley Orgánica de la Salud	22
8.4 Código orgánico del ambiente	22
8.5 Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108 (Sexta Revisión).....	23
8.6 Ordenanza para la Descontaminación y Protección de los Ríos y Efluentes Hídricos del Cantón Latacunga.....	24
8.7 Acuerdo ministerial 097 A	25
9. VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS	27
10. METODOLOGÍA	28
10.1. Tipos de Investigación	28
10.1.1. Investigación bibliográfica.....	28
10.1.2 Investigación de campo	28
10.1.3 Investigación exploratoria.....	28
10.2 Metodología	29
10.3 Métodos	29
10.3.1 Método cuantitativo.....	29
10.3.2 Método cualitativo	29
10.4 Herramientas para el análisis de resultados	29
10.4.1 Programa QGIS.....	29
10.4.2 Programa de Excel	30
10.4.3 Google Earth.....	30
10.5 Fase de Campo	30

10.5.1 Ubicación del área de estudio.....	30
10.5.2 Concesiones en el piso altitudinal de 3000 y 3200 m.s.n.m.	31
10.6 Caracterización biofísica	32
10.7 Determinar la concentración de arsénico y calidad de agua presente en el recurso hídrico del río Pumacunchi	33
10.8 Toma de muestras	34
10.8.1 Muestra puntual	34
10.9 Técnicas	35
10.9.1 Oxígeno Disuelto	35
10.9.2 pH, Sulfatos	35
10.9.3 Arsénico, Manganeseo.	36
10.9.4 Coliformes fecales.....	36
10.10 Fase de Laboratorio.....	36
10.10.1 Metodología para el cultivo de microorganismos	36
10.10.2 Toma de muestra para establecer el aislamiento microbiológico en Concentraciones de Arsénico en el recurso hídrico a una elevación de 3090 m.s.n.m. ..	36
10.10.3 Materiales de laboratorio	37
10.10.3.1. Material de vidrio o plástico.	37
10.10.3.2. Material de siembra.....	37
10.10.3.3. Materiales para la esterilización.....	37
10.10.3.4. Materiales de incubación. Incubadora, papel Parafilm	37
10.10.4 Preparación de los medios de cultivo.....	37
10.10.4.1 Agar MacConkey.....	37
10.10.4.2. Agar nutritivo	38
10.10.4.3. Esterilización de la disolución.	38
10.10.5 Técnica de cultivo por extensión en agar MacConkey	38
10.10.6 Técnica de cultivo en estrías	38

10.10.7 Purificación de colonias.....	39
10.10.8 Incubación	39
10.10.9 Aislamiento de colonias.....	39
10.11 Tinción de Gram	39
10.11.1 Técnicas microscópicas	40
11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	40
11.1 Caracterización biofísica de la zona de estudio entre 3000 y 3200 m.s.n.m.....	40
11.1.1 Clima.....	40
11.1.2 Precipitación	41
11.1.3 Temperatura.....	42
11.1.4 Pendiente	43
11.1.5 Agroecología.....	44
11.1.6 Hidrogeología	45
11.1.7 Textura de suelos	46
11.1.8 Taxonomía de suelos	47
11.1.9 Movimiento de masa	48
11.1.10 Cobertura vegetal	49
11.1.11 Susceptibilidad de erosión	50
11.2 Concentración de arsénico y parámetros fisicoquímicos presentes en el recurso hídrico del río Pumacunchi.....	51
11.2.1 Criterios de calidad de agua para consumo y uso agrícola.....	51
11.2.2 Análisis de criterios de calidad para consumo humano (enero).....	52
11.2.3 Análisis de criterios de calidad de agua para uso agrícola (enero).....	52
11.2.4 Análisis de criterios de calidad para consumo humano (abril)	53
11.2.5 Análisis de criterios de calidad de agua para uso agrícola (abril)	53
11.2.6 Análisis de criterios de calidad para consumo humano.....	54
11.2.7 Análisis de criterios de calidad de agua para uso agrícola	54

11.3 Lineamiento Individual de los parámetros físico-químicos obtenidos.....	54
11.3.1 Arsénico	54
11.3.2 pH	55
11.3.3 Sulfatos.....	55
11.3.4 Oxígeno Disuelto	56
11.3.5 Coliformes fecales.....	56
11.4 Establecer el aislamiento microbiológico en concentraciones de arsénico en el agua a una elevación de 3090 m.s.n.m.	57
11.4.1 Crecimiento de bacterias en enero.....	57
11.4.2 Aislamiento de bacterias por estrías	57
11.4.3 Aislamiento de bacterias por estrías (Agar MacConkey).....	58
11.4.4 Tinción de Gram	58
11.4.4.1 Observación microscópica P-M01	59
11.4.5 Resultados de la muestra P1-M01	59
11.4.6 Resultados de la muestra P1-M02	60
11.4.7 Resultados de la muestra P1-M03	60
11.4.8 Crecimiento bacteriano en abril	61
11.4.8.1 Aislamiento de Bacterias por Estrías.....	61
11.4.8.2 Aislamiento de Bacterias por Estrías	62
11.4.9 Tinción de Gram	62
11.4.9.1 Observación microscópica P2-M01.	63
11.4.10 Resultados de la muestra P2-M01	63
11.4.11 Resultados de la muestra P1-M02	64
11.4.12 Crecimiento bacteriano en mayo	64
11.4.12.1 Aislamiento de Bacterias por Estrías.....	64
11.4.12.2 Aislamiento de Bacterias por Estrías.....	65
11.4.13 Tinción de Gram	65

11.4.13.1 Observación microscópica P3-M01.	66
11.4.14 Resultados de la muestra P2-M01	66
11.4.15 Resultados de la muestra P1-M02	67
11.5 Discusión de resultados microbiológicos	67
12. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONOMICOS	69
12.1 Social	69
12.2 Ambiental.....	69
12.3 Económico	70
13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	70
13.1 Conclusiones	70
13.2 Recomendaciones	71
14. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	72
Bibliografía.....	72
15. ANEXOS	80
Anexo No. 1. <i>Localización y observación del área de estudio</i>	80
Anexo No. 2. <i>Toma de muestras para el análisis en el laboratorio</i>	81
Anexo No. 3. <i>Resultados de los análisis del laboratorio del mes de enero, abril y de arsénico en el mes de mayo</i>	83
Anexo No. 4. <i>Preparación de los medios de cultivo</i>	89
Anexo No. 5. <i>Toma de muestras para la identificación de colonias y microorganismos</i> ...90	
Anexo No. 6. <i>Siembra en el medio del cultivo con la muestra recolectada del río Pumacunchi</i>	91
Anexo No. 7. <i>Crecimiento de colonias en la caja madre de agar nutritivo</i>	92
Anexo No. 8. <i>Aislamiento de bacterias por estrías en agar nutritivo</i>	92
Anexo No. 9. <i>Aislamiento de bacterias por estrías en agar MacConkey®</i>	93
Anexo No. 10. <i>Tinción de Gram</i>	94
Anexo No. 11. <i>Observación de bacterias gram positivas y negativas en el microscopio</i> ...94	

Anexo No. 12. <i>Aval de traducción</i>	96
---	----

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Beneficiarios del proyecto</i>	4
Tabla 2 <i>Objetivos y Actividades</i>	5
Tabla 3 <i>Características de bacterias Gram positivas y Gram negativas</i>	19
Tabla 4.....	24
<i>Requisitos físicos y químicos del agua para consumo humano</i>	24
Tabla 5.....	26
<i>Criterios de calidad de aguas para riego agrícola</i>	26
Tabla 6.....	33
<i>Fuentes de información SIG</i>	33
Tabla 7.....	52
<i>Criterios de calidad de aguas de riego agrícola y consumo humano para el mes de enero</i> ...	52
Tabla 8.....	53
<i>Criterios de calidad de aguas de riego agrícola y consumo humano para el mes de abril</i>	53
Tabla 9.....	54
<i>Criterios de calidad de aguas de riego agrícola y consumo humano para el mes de mayo (Arsénico)</i>	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Ubicación del Área de Estudio</i>	31
Figura 2 <i>Usos del agua en el río Pumacunchi</i>	32
Figura 3 <i>Muestreo de los Parámetros físico-químicos</i>	35
Figura 4 <i>Siembra por Estrías</i>	39
Figura 5 <i>Clasificación de los tipos de climas del Río Pumacunchi (3000 a 3200 m.s.n.m.)</i> ...	41
Figura 6 <i>Precipitación del río Pumacunchi (3000 a 3200 m.s.n.m.)</i>	42
Figura 7 <i>Temperatura del río Pumacunchi (3000 a 3200 m.s.n.m.)</i>	43
Figura 8 <i>Pendientes del río Pumacunchi (3000 a 3200 m.s.n.m.)</i>	44

Figura 9 Agroecología del río Pumacunchi (3000 y 3200 m.s.n.m.).....	45
Figura 10 Hidrogeología del río Pumacunchi (3000 a 3200 m.s.n.m.)	46
Figura 11 Clasificación de la textura de los suelos del río Pumacunchi (3000 a 3200m.s.n.m.)	47
Figura 12 Clasificación de la taxonomía del río Pumacunchi (3000 a 3200 m.s.n.m.)	48
Figura 13 Movimientos de masa del río Pumacunchi (3000 a 3200 m.s.n.m.)	49
Figura 14 Cobertura vegetal del río Pumacunchi (3000 a 3200 m.s.n.m.).....	50
Figura 15 Susceptibilidad de Erosión del río Pumacunchi (3000 a 3200 m.s.n.m)	51
Figura 16 Muestra madre en Agar nutritivo.....	57
Figura 17 Aislamiento de bacterias por método de estrías	57
Figura 18 Aislamiento de bacterias en Agar MacConkey	58
Figura 19 Bacterias sometidas al proceso de tinción de Gram	59
Figura 20 Observación de coloración de bacterias posterior al proceso de tinción de Gram P- M01	59
Figura 21 Observación de coloración de bacterias posterior al proceso de tinción de Gram P- M02	60
Figura 22 Observación de coloración de bacterias posterior al proceso de tinción de Gram P- M03	60
Figura 23 Caja madre en Agar Nutritivo (abril)	61
Figura 24 Aislamiento de bacterias por método de estrías (abril).....	61
Figura 25 Aislamiento de bacterias en Agar MacConkey (abril)	62
Figura 26 Bacterias sometidas al proceso de tinción de Gram	62
Figura 27 Observación de coloración de bacterias posterior al proceso de tinción de Gram P- M01	63
Figura 28 Observación de coloración de bacterias posterior al proceso de tinción de Gram P2- M02	63
Figura 29 Caja madre en Agar Nutritivo (mayo).....	64
Figura 30 Aislamiento de bacterias por método de estrías (mayo).....	65

Figura 31 <i>Aislamiento de bacterias en Agar MacConkey (mayo)</i>	65
Figura 32 <i>Bacterias sometidas al proceso de tinción de Gram</i>	66
Figura 33 <i>Observación de coloración de bacterias posterior al proceso de tinción de Gram P-M01</i>	66
Figura 34 <i>Observación de coloración de bacterias posterior al proceso de tinción de Gram P3-M02</i>	67

INTRODUCCIÓN

Según el autor Lillo (2008) establece que el arsénico es un elemento muy común en la atmósfera, en rocas y suelos, se moviliza en el medio ambiente a través de una combinación de procesos que incluyen procesos naturales (meteorización, actividad biológica, gases, emisiones volcánicas) y procesos humanos.

Los autores Montoya et al. (2015) mencionan que el arsénico (As) es uno de los metales pesados más tóxicos del medio ambiente, y su composición depende de diversos factores químicos, físicos y biológicos. La exposición a altos niveles de arsénico inorgánico puede ser causada por una variedad de razones, como consumir agua contaminada. El arsénico puede entrar en el aire, el agua y el suelo a través de tormentas de arena y escorrentías de aguas pluviales, por lo que la contaminación de arsénico es común por su fácil dispersión.

La parroquia Canchagua se encuentra ubicada en la Provincia Cotopaxi, Cantón Saquisilí, el río Pumacunchi nace a una altitud de 3090 m.s.n.m., mismo en el cual se establece el área de estudio, este afluente es utilizado como agua para riego y uso agrícola de las comunidades aledañas a la zona, por tanto, se realiza la investigación con el fin de determinar la concentración de arsénico en el agua, en diferentes meses del año a través de análisis fisicoquímicos y microbiológicos en el laboratorio, además que se establece de esta manera si el agua es apta o está en una calidad óptima para su utilización, teniendo en cuenta que pobladores de la comunidad llegan a ingerir el agua del río, la investigación es de suma importancia para salvaguardar la salud de los pobladores al igual que el recurso hídrico.

Los autores Montoya et al. (2015) proponen que las bacterias tienen una gran diversidad metabólica debido a su capacidad de obtener energía a través de diversas reacciones redox; Por lo tanto, un número importante de microorganismos puede utilizar el arsénico. Las bacterias pueden superar los efectos tóxicos del arsénico reduciendo la concentración de sus iones o transformándolos químicamente en especies relativamente menos tóxicas. La comprensión de los niveles moleculares y genéticos del metabolismo del arsénico será una base de conocimiento importante para el desarrollo de métodos eficientes de biorremediación de arsénico que proporcionen una forma ecológica de tratar el medio para la eliminación de metales pesados.

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto:

“Trazabilidad microbiológica en sitios poco monitoreados y contaminados con arsénico proveniente de fuentes naturales entre los 3000 y 3200 m.s.n.m., en la parroquia de Canchagua, provincia de Cotopaxi, año 2022”

Lugar de ejecución:

Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi.

Institución, unidad académica y carrera que auspicia

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

Nombres de equipo de investigación:

Tutor: Ing. Mg. José Luis Agreda Oña

Estudiante 1: Sr. Andrés Eduardo Cunguán Guamangallo,

Estudiante 2: Sr. Byron Vladimir Gavilanez Sigcha

LECTOR 1: Ing. M.Sc. Matius Mendoza

LECTOR 2: Lic. M.Sc. Joseline Ruiz

LECTOR 3: Ing. M.Sc. Javier Irazabal

Área de Conocimiento:

Ciencias Naturales, Medio Ambiente, Ciencias Ambientales.

Línea de investigación:

Análisis, conservación y aprovechamiento de la biodiversidad local.

Sub-línea de Investigación de la Carrera:

Manejo y conservación del recurso hídrico

Línea de Vinculación de la Facultad: Gestión de Recursos Naturales, Biodiversidad, Biotecnología y Genética, para el desarrollo humano y social.

2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El agua es fuente vital de todo ser vivo, lo que la hace un recurso fundamental para los diferentes procesos biológicos que se producen en la naturaleza. Por esta razón, es necesario verificar si este recurso hídrico es apto para el consumo humano. El presente estudio es importante debido a que busca establecer la trazabilidad microbiológica en sitios poco monitoreados y contaminados con arsénico proveniente de fuentes naturales entre los 3000 y 3200 m.s.n.m. en la parroquia de Canchagua, en el río Pumacunchi.

Este trabajo de investigación es útil porque brinda conocimiento a las personas de la provincia de Cotopaxi y en especial a los pobladores de las comunidades aledañas, mismos que no cuentan con los estudios pertinentes acerca del recurso hídrico de sus cuencas, quebradas y acuíferos. Mismo que es utilizado diariamente en las actividades cotidianas como el uso doméstico o bebida del ganado. Lo cual puede generar inconvenientes tanto a corto como largo plazo debido a un posible riesgo latente de contaminación a personas como a la flora y fauna del lugar, alterando su equilibrio natural.

Este proyecto es viable debido a que se realiza por diferentes métodos de carácter científico y bajo estrictas medidas de recolección, manipulación y análisis de muestras de agua en un laboratorio certificado, mismos que garantizan la veracidad de los niveles de contaminación. Los resultados de estas muestras sirven para decretar si se encuentra efectivamente dentro de los parámetros y los criterios de calidad de agua, y de ser lo contrario encontrar junto con los habitantes nuevas formas de biorremediación para minimizar la alteración del estado natural del recurso hídrico.

3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

El presente estudio esta direccionado a difundir los resultados obtenidos tras el análisis del recurso hídrico del río Pumacunchi, el cual es una de las vertientes principales dentro de la provincia de Cotopaxi, el conocimiento del nivel de contaminación del recurso resulta beneficioso tanto a pobladores del sector, como a la vez a los usuarios indirectos.

Tabla 1
Beneficiarios del proyecto

BENEFICIARIOS DIRETOS		BENEFICIARIOS INDIRECTOS	
Población de la Parroquia de Canchagua		Estudiantes de la Carrera de Ingeniería Ambiental	
Hombres:	2614	Hombres:	201
Mujeres:	2841	Mujeres:	321
Total:	5455	Total:	522

Nota: Población de la parroquia Canchagua y UTC, datos tomados de (INEC, 2012)

4. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Dentro de la zona de investigación es evidenciable una concentración de arsénico la misma que tiene orígenes de actividades volcánicas desde las elevaciones aledañas como el Iliniza mismos que se dirigen hacia el río Pumacunchi, que se encuentra ubicado en el cantón Saquisilí, parroquia Canchagua, a un piso altitudinal entre los 3000 y 3200 m.s.n.m., este metal pesado ha sido el causante de envenenamientos y dificultades en la salud de los pobladores siendo el Arsénico uno de los elementos más predominantes en el medio ambiente, que se encuentra distribuido en diferentes partes del planeta, presentando un problema no solo a nivel de aguas superficiales sino que además este presenta un aumento en aguas subterráneas, su origen está relacionado tanto con elementos naturales así como de origen antropogénicos, con la presencia de este elemento en diversos ambientes geológicos como formaciones volcánicas, formaciones sedimentarias, sistemas hidrotermales, y cuencas aluviales terciarios y cuaternario. Esto ha conllevado a problemas graves pues en la zona no existe un estudio de trazabilidad microbiológica que evidencie los efectos de la contaminación de arsénico proveniente de fuentes naturales. La mayor afectación por esta contaminación se las llevan las comunidades quienes presiden de este recurso hídrico para sus actividades como el uso agrícola y consumo humano. Según Martínez (2002), informa que 1 de cada 10 personas beben agua que contiene más de 0.5 mg/L de arsénico.

5. OBJETIVOS

5.1 Objetivo General

Determinar la trazabilidad microbiológica en sitios poco monitoreados y contaminados con arsénico proveniente de fuentes naturales entre los 3000 y 3200 m.s.n.m. en la parroquia de Canchagua.

5.2 Objetivos Específicos

- Realizar la caracterización biofísica de la zona de estudio.
- Determinar la concentración de arsénico y calidad del recurso hídrico del río Pumacunchi.
- Establecer la trazabilidad microbiológica en concentraciones de arsénico en el agua a una elevación de 3090 m.s.n.m.

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

Descripción de actividades a desarrollar en base a los objetivos con su respectiva metodología y resultados.

Tabla 2
Objetivos y Actividades

Objetivos	Actividades	Metodología	Resultados
O.1. Realizar la caracterización de la zona de estudio	-Identificación del área de estudio.	-Visita de campo para la observación de la zona.	
	-Elaboración de un mapa de ubicación.	-Ubicación por diferentes polígonos para cartográficos delimitando el área de estudio.	-Caracterización biofísica de la zona de muestreo.
	-Georreferenciación y elaboración de la caracterización.	-Realización de un análisis de modelamiento y resultados cartográficos con herramientas informáticas SIG.	

<p>O.2. Determinar la concentración de arsénico y calidad del recurso hídrico del río Pumacunchi.</p>	<p>-Muestreo de agua en la zona de estudio. -Análisis de concentración de arsénico y parámetros fisicoquímicos en laboratorio</p> <p>-Corroborar con la normativa ambiental vigente (AM 097 A y NTE INEN 1108) y artículos científicos relacionados.</p>	<p>-Recolección de muestras con EPP, muestreo puntual.</p> <p>-Absorción Atómica -Electrometría -Espectrometría -Volumetría para OD -Espectrofotometría <i>-Estándar Methods</i></p> <p>-Comparación de los valores obtenidos en el laboratorio según el acuerdo ministerial 097A y la NTE INEN para ver los LMP de cada parámetro.</p> <p>-Investigaciones bibliográficas según los parámetros que no cumplan con las normativas.</p>	<p>-Calidad del agua basada en la concentración de Arsénico y discusiones de los parámetros fisicoquímicos que no cumplan con la normativa ambiental.</p>
<p>O.3. Establecer la trazabilidad microbiológica en concentraciones de arsénico en el agua a una elevación de 3090 m.s.n.m.</p>	<p>-Preparación y elaboración de medios de cultivo.</p> <p>-Aislamiento y siembra de colonias (microorganismos).</p> <p>-Coloración de colonias y bacterias</p> <p>-Observación y reconocimiento de bacterias en el microscopio a 100 X.</p>	<p>-Esterilización y uso de agar nutritivo y McKonkey.</p> <p>-Cultivo por método de estrías</p> <p>-Por medio de tinción de Gram.</p> <p>-Técnicas microscópicas</p>	<p>-Identificación del tipo de bacterias que existen en la zona.</p>

Nota: Objetivos y actividades que se realizaron a lo largo de la investigación

7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

Para empezar con el proyecto de investigación se toma en cuenta los diferentes conceptos, los cuales serán de fundamental importancia y se tratarán a lo largo o en el proceso de la investigación para tener en cuenta que cada concepto esta liada a la investigación, se evidenciarán conceptos desde el recurso hídrico hasta la parte fisicoquímica y microbiológica de cada muestreo realizado en la zona de estudio a partir del piso altitudinal entre los 3000 y 3200 m.s.n.m. de la parroquia de Canchagua.

7.1 Recurso Hídrico

Según el sitio web Whatpro (2021) menciona que el agua es un factor primordial para determinar el desarrollo económico y social, y a su vez es un elemento básico para la protección de los ecosistemas. Es por esta razón, que resulta imprescindible tratar el tema del agua de manera integrada. Es el recurso más poderoso que necesitamos para poder sobrevivir, y es por esta razón que se debe de hacer todo lo posible para mantener su calidad. El agua es la encargada de crear, sostener y mantener la vida. Sin embargo, nosotros, como humanos, hemos perdido el respeto y el cuidado por este elemento básico de nuestra existencia. El agua, elemento natural y parte integral de los ecosistemas, es necesaria para el mantenimiento y regeneración de la vida en el planeta, ya que es un elemento indispensable para el desarrollo sostenible y la estabilidad de los procesos biológicos.

El recurso hídrico el cual es importante y fundamental en la investigación es la principal fuente de estudio ya que a partir del agua se realizará investigaciones, estudios, análisis y del cual se puede determinar el aislamiento microbiológico.

7.2 Importancia del Recurso Hídrico

Según Aliseda (2016) detalla y menciona que el agua es vital para el desarrollo de la vida humana, animal y vegetal; es por ello que la creación de conocimiento y el manejo adecuado de los recursos hídricos contribuye a mejorar la calidad de vida humana, es bien sabido que la calidad del agua es uno de los aspectos más importantes que afectan la calidad de vida y afectan las condiciones de vida de las personas.

Mencionado en el siguiente párrafo se toma en cuenta que sin el recurso hídrico toda existencia de vida no podría prevalecer o existir, además que existe contras debido a que el agua puede llegar a contaminarse por diferentes sustancias o sólidos.

7.3 Fuentes de contaminación

Los autores Ruiz y Paz (1999) mencionan que contaminación del agua es un complejo fenómeno social, económico y ambiental, uno de los obstáculos más graves para una buena vida. La calidad del agua conocida, las actividades industriales y de aguas residuales, se reducen de las ciudades sin ningún procesamiento, conocida, la mayor fuente de contaminación de recursos hídricos. Según Orellana (2005) menciona que el agua se contamina cuando se descargan residuos que perjudican el equilibrio ecológico natural, los contaminantes pueden ser organismos patógenos, materia orgánica, sustancias inorgánicas, disueltas o en partículas sólidas, nutrientes, sustancias tóxicas, color, calor y materiales radiactivos.

Las fuentes de contaminación en el agua son perjudiciales tanto como para el recurso hídrico como para las personas que lo ingieran, a medida que los contaminantes estén presentes en el agua ya sea desde actividades agrícolas, sustancias tóxicas o sólidos con altas concentraciones de residuos peligrosos, existirá mayor peligro o riesgo del agua no pueda ser utilizada.

7.4 Origen de las fuentes de contaminación

7.4.1 Origen doméstico

“El agua de servicio es el agua que proviene de los centros urbanos y contiene sustancias derivadas de las actividades humanas (alimentos, heces, basura, detergentes, jabones, etc.” (Colina, 2000, párr. 3).

Una fuente de contaminación es el origen doméstico es por eso que en la investigación se conoce que los pobladores llegan a contaminar el recurso hídrico de una forma antropogénica.

7.4.2 Origen agrícola – ganadero

“Son el resultado del riego y otras labores, como la limpieza del ganado, que pueden dar lugar a que grandes cantidades de heces y orina, es decir, grandes cantidades de materia orgánica, nutrientes y microorganismos, vayan al agua” (Colina, 2000, párr. 3).

En la investigación se conoce que una fuente de contaminación es de origen agrícola y ganadero ya que las heces de ganado o pesticidas llegan a tener contacto con el río.

7.4.3 Origen pluvial

“En las ciudades, esta agua lleva petróleo, sustancias orgánicas y diversos

contaminantes de la atmósfera, en los pueblos lleva pesticidas, fertilizantes minerales, etc” (Colina, 2000, párr. 3).

Se tomó en cuenta una fuente de contaminación en la investigación por origen fluvial debido a que por los aluviones puedan existir movilidad de masas los cuales puedan arrastrar sustancias orgánicas o diferentes contaminantes existentes y que lleguen al recurso hídrico

7.5 Pisos altitudinales

Según Elyx (2022) “menciona que los niveles climáticos en Ecuador representan los diversos grados en los que cada región experimenta el cambio climático, también relacionado con su topografía o elevación” (párr. 2). En cada nivel, hay diferentes tipos de animales y plantas.

Según Galeas, (2012) cada elevación corresponde a una temperatura, teniendo en cuenta que la temperatura y la precipitación juegan un papel preponderante en la formación de las comunidades vegetales, el cambio de elevación está relacionado con la dispersión de las formaciones de vegetación discontinua (bosque nuboso, páramo).

Los pisos altitudinales tienen como objetivo dar una clasificación desde una altura determinada el tipo de clima según su elevación en estos pisos climáticos existirán diferentes especies que se adapten según su clima además de flora que también exista según su piso climático, el piso altitudinal es de importancia saber ya que en el proyecto de investigación su elevación está entre los 3000 y 3200 m.s.n.m.

7.5.1 Piso Templado

Según ForosEcuador (2019) menciona que este clima de fondo marino se encuentra a una altitud de 1.000 a 2.000 metros sobre el nivel del mar y se clasifica como una zona de clima templado. En estos suelos se nota más la diferencia de temperatura que en suelo radiante, por lo que se puede distinguir claramente entre invierno, cuando la temperatura varía a partir de los 16°C, y verano, cuando la temperatura sube hasta los 23°C. También se destaca la presencia de fuertes precipitaciones durante este período climático, ya que en unas zonas llueve con más frecuencia que en otras, aunque a la misma altitud y también se nota la influencia de las corrientes de aire.

Este piso templado se caracteriza por tener una temperatura que sube hasta los 23°C el cual se puede decir que estaría en un clima de verano y que mayormente, sus corrientes de aire son templadas.

7.5.2 Piso Frío

Según forosEcuador (2019) este piso es de 2000 a 3000 metros sobre el nivel del mar. La temperatura media anual es de 12°C, por lo que el clima aquí es muy agradable. Por esta razón, muchas ciudades y propiedades de estilo urbano, como la ciudad de Quito, se están construyendo sobre este ambiente. Al respecto, cabe señalar que, al igual que en las zonas templadas, la precipitación depende directamente de las corrientes de aire.

El piso frío predomina hasta unos 3000 metros sobre el nivel del mar por lo cual está a una altura considerable y que mayormente pre dominará las corrientes de aire, además que el piso se encuentra en partes de alta montaña.

7.5.3 Páramo

Según forosEcuador (2019) este piso es de 3.000 a 4.000 metros sobre el nivel del mar, en el Páramo, la fauna se reduce significativamente y la vegetación también se reduce en parte. Sin embargo, debido al clima riguroso y la temperatura cercana a los 0°C, aquí solo hay bosques y arbustos.

El páramo se encuentra en un clima extremadamente frío en el cual su temperatura llega a grados bajo 0, además que este piso, el cual es el páramo se puede decir en el que esta nuestra área de estudio, ya que la zona del páramo esta entre unos 3000 a 4000 m.s.n.m.

7.6 Arsénico

Según Moreno Graus (2003) menciona que el arsénico inorgánico está ampliamente distribuido en el medio ambiente. En principio, se presenta en la naturaleza en dos estados de oxidación: As (III) y As (V), es decir, arsénico trivalente y pentavalente, que forman parte de muchos compuestos, entre ellos el trióxido de arsénico sódico. El arsénico puede ser metilado por bacterias, bacterias y otros organismos en sedimentos y aguas naturales.

También menciona Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR, 2017) que el arsénico es un elemento ampliamente distribuido en la corteza terrestre. El arsénico es clasificado químicamente como un cuerpo metálico, con propiedades tanto metálicas como no metálicas; sin embargo, a menudo se le llama como el metal Arsénico elemental (conocido como también arsénico metálico) es un material sólido Gris acero. Sin embargo, en el entorno El arsénico se encuentra comúnmente en combinación con otros elementos como el oxígeno, el cloro y azufre. El arsénico se combina con estos elementos se llama arsénico inorgánico. Arsénico combinado con carbono e hidrógeno se conoce como

arsénico orgánico.

El arsénico según el párrafo mencionado hace énfasis a como está conformado en sus composiciones químicas, al igual que también se menciona su origen del como aparece naturalmente y es el principal contaminante en la investigación del proyecto.

7.6.1 Arsénico en el agua

Según la autora Alarcón (2014) el arsénico en el agua se forma por disolución natural de minerales de depósitos geológicos, emisiones de desechos industriales y deposición atmosférica. En aguas superficiales con alto contenido de oxígeno, las especies más comunes son pentavalente o arseniato (As V). En condiciones reductoras, generalmente en sedimentos lacustres o aguas subterráneas, predomina el arsénico trivalente o arsenito (As III). La ruta principal del arsénico al medio ambiente es el agua. Incluso si se considera el sedimento, la solubilidad de los arsenitos y arsenitos es suficiente para transportar este elemento a los sistemas acuáticos. Las concentraciones de arsénico en las aguas naturales varían ampliamente y dependen de las formas de arsénico en los suelos locales.

La autora Moreno Graus (2003) detalla en su libro que en aguas superficiales y subterráneas el arsénico inorgánico tiende a adsorberse en la materia en suspensión, sedimentos y fracción sólida del suelo. En aguas ácidas y neutras, el As (V) se adsorbe fuertemente a los sedimentos, mientras que el As (III) lo hace más débilmente.

El arsénico tiende a estar presente en el agua naturalmente como puede ser por origen volcánico y esta pasa a diferentes vertientes de ríos y lagos que se localicen cerca de este.

7.6.1.1 Toxico cinética del Arsénico relacionada al metabolismo celular

Según la autora Hernández (2018) la toxico cinética consta de cuatro etapas: absorción, distribución, metabolismo o biotransformación y eliminación; dentro de cada uno de ellos existen diferentes procesos por los que pasa cada sustancia o en su caso tóxico en el momento en que son ingeridos.

Según Giaverini (2015) la cinética y la toxicología del arsénico dependen de la forma de arsénico de la que estamos hablando. En general, el arsénico (AsH₃) es el compuesto más tóxico del arsénico (exposición aguda). El arsénico inorgánico es generalmente más tóxico que el arsénico orgánico, y las formas trivalentes (As III) suelen ser más tóxicas que las formas divalentes (As V). Los compuestos orgánicos en los mariscos generalmente no se consideran tóxicos, y el arsénico metálico (estado de oxidación 0) generalmente se considera no tóxico debido a su insolubilidad en agua y fluidos corporales.

La ATSDR (2011) menciona que a sus previas investigaciones la absorción celular del arsénico (III), es más alta a comparación del arsénico (V), además que algunos estudios sobre el metabolismo del arsénico sugieren que la metilación del arsénico inorgánico puede ser una intoxicación más que una vía de desintoxicación. Asimismo, se sugiere que los metabolitos metilados del arsénico trivalente, especialmente el ácido monometilarsénico y el ácido dimetilarsénico, tienen una alta actividad biológica.

Mencionado en los párrafos anteriores se toca el tema de la toxicocinética del arsénico el cual conlleva diferentes procesos en el cual una sustancia puede estar involucrada al momento de una ingesta, también a manera celular el arsénico ha pasado por varios estudios toxicológicos en el cual está involucrado su metabolismo a nivel celular, estos conceptos sirven como ayuda en la investigación ya que se puede ver el comportamiento del arsénico y sus partes microbiológicas o unicelulares.

7.6.1.2 Efectos del arsénico en el ambiente

Según Montoya (2015) el arsénico (As) es uno de los metales más tóxicos del medio ambiente, y su composición depende de diversos factores químicos, físicos y biológicos. La distribución y contaminación del arsénico está relacionada con procesos naturales y antropogénicos, y su problema está relacionado con su facilidad de movilización en el medio ambiente. Las altas concentraciones de arsénico en el agua y el suelo se han convertido en un problema mundial porque la exposición a largo plazo a este metal puede provocar problemas de salud crónicos.

En parte de los efectos del arsénico que tiene al ambiente esta principalmente al recurso hídrico y a suelos o tierras de uso agrícola, ya que el arsénico está presente en el medio ambiente naturalmente (como las erupciones volcánicas) como antropogénicas.

7.7 Parámetros Físicoquímicos

Según Oviedo (2022) los parámetros físicoquímicos entienden que el buen estado biológico sólo puede lograrse en respuesta al buen estado de la estructura abiótica en la que se desarrolla. Por lo tanto, los indicadores físicoquímicos del medio ambiente se consideran como indicadores biológicos condicionantes e interpretadores.

Como bien lo detalla el párrafo los parámetros físicoquímicos van a ser parámetros que una vez realizados o expuestos a un análisis de laboratorio se dará un cierto grado de concentración, aportando si está en buen estado o no, estos parámetros son fundamentales en la investigación no solo mostrando la concentración de cada parámetro si no también verificando

si el agua de la zona de estudio es apta o no para su uso y consumo.

7.8 Parámetros Microbiológicos

Según Ruffino (2020) estos parámetros incluyen propiedades físicas y químicas, como turbidez y color; biológicos, como la presencia y cantidad de fitoplancton en las muestras analizadas; y microbiológicos, como la presencia y cantidad de microorganismos indicadores (bacterias mesófilas aerobias, coliformes totales) y microorganismos patógenos (*Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*). La medición de estos parámetros es de crucial importancia desde el punto de vista de la salud, ya que permiten determinar la calidad del agua destinada al consumo humano, la detección temprana de estos parámetros y las medidas correctivas para prevenir posibles riesgos para la salud de los consumidores.

Lo mencionado en los parámetros fisicoquímicos se detalla casi de la misma manera para los parámetros microbiológicos solo que con estos parámetros se van a evidenciar de una mejor manera el tipo de bacterias o microorganismos presentes en el agua.

7.9 Coliformes fecales

Según menciona Microlab (2022) las bacterias coli fecales se definen como el grupo *Escherichia coli* que es capaz de fermentar lactosa a 44-45 ° C. Incluye bacterias del género *Escherichia*, así como especies de *Klebsiella*, *Enterobacter* y *Citrobacter*. Aunque los microorganismos, generalmente de origen fecal, son positivos para este método de prueba, pueden provenir de aguas residuales, aguas residuales industriales, suelo en descomposición y restos de plantas.

Según el artículo Swistock (2020) la *E. coli* incluye un gran grupo de muchos tipos de bacterias que se encuentran en todo el medio ambiente. Por lo general, se encuentran en el suelo y las aguas superficiales e incluso se pueden encontrar en la piel. También se encuentran grandes cantidades de ciertos tipos de bacterias coliformes en las heces humanas y animales. La mayoría de los tipos de bacterias coliformes son inofensivas para los humanos, pero algunas pueden causar enfermedades leves y otras pueden causar enfermedades graves.

Los coliformes fecales siendo estos un parámetro microbiológico el cual también estará detallado en la investigación una vez tomado las muestras de agua del río Pumacunchi, estos coliformes tienden a estar presentes en el medio ambiente principalmente el recurso agua y suelo, además que algunos coliformes en el agua son altamente perjudiciales para la salud humana si se llegase a consumir o ingerir.

7.10 Trazabilidad microbiológica

Según la Norma ISO 9000- 2015 de la autora Benavides (2015) la definición de trazabilidad es una serie de procedimientos que rastrean el desarrollo de un producto, sus componentes o la información relacionada en cada una de sus etapas hasta su destino y viceversa, pero la transferencia del concepto trazabilidad a los resultados microbiológicos es difícil porque no existe una unidad fija. de referencia. y el objeto medible es la célula unidad o microorganismo, es decir, el objeto al que se le especificará el valor del atributo.

El autor Villegas (2022) mencionó que existe la necesidad del monitoreo microbiológico, ya que no permitimos concentraciones de microorganismos causantes de enfermedades en los cuerpos de agua con fines económicos, agrícolas ya su vez, establecer un vínculo entre los organismos microscópicos y sus ecosistemas. La trazabilidad microbiana también se puede definir como una serie de procedimientos y actividades para buscar tipos específicos de microorganismos a través de la creación de cultivos, materiales de aislamiento de microorganismos y otras metodologías.

La trazabilidad en parte de la investigación es fundamental ya que, por mencionado en los párrafos anteriores, esta tiende a tener la capacidad de encontrar todo acerca de un tema en específico en este caso de la investigación es la trazabilidad microbiológica, el cual tiene como objetivo tener la mayor parte de resultados y de esta manera poder tener un análisis de calidad de agua en la zona de estudio, además que por medio de la trazabilidad se puede optar por controlar diferentes riesgos en el recurso hídrico, además de comparar y determinar la concentración de arsénico en el agua y ver que tanto influye el arsénico en los microorganismos.

7.10.1 Aislamiento microbiológico

El aislamiento microbiológico según mencionan los autores Álvarez et al. (2014) la separación de un microorganismo particular de otros microorganismos asociados. El método más común es inocular la línea en un medio de cultivo sólido adecuado colocado en una placa de Petri. Importancia de aislar microorganismos en diferentes medios como agua, suelo y aire, el objetivo principal es pasar de poblaciones microbianas que se sabe que viven en estos ambientes pero que no se pueden observar y determinar, a un medio de cultivo permisivo. El aislamiento microbiológico es de útil importancia para la investigación ya que de esta manera se podrá llegar a una identificación microbiana y bacteriana, al estar los microorganismos sometidos a un proceso de aislamiento.

Para la investigación es importante conocer el aislamiento microbiológico, ya que en el

análisis microbiológico se van a aislar microorganismos, los cuales se podrán identificar además de poder ver si la parte microbiana subsiste en las cajas madre y cajas Petri.

7.11 Biotransformación del arsénico

Según la autora del libro de toxicología ambiental Moreno Graus (2003) las principales vías de exposición al arsénico son el consumo de alimentos o agua y la inhalación de partículas. El grado de absorción está influenciado por la vía de exposición y la forma química en la que se encuentra el arsénico. Se excreta principalmente a través de la orina. También se excreta con el proceso de muda y transpiración. La biotransformación del arsénico inorgánico implica la reducción de As (V) a As (III) seguida de la metilación de ambos estados de oxidación para producir metabolitos de ácido monometilarsénico (MMA) y dimetilarsénico (DMA), que se eliminan rápida y eficazmente del cuerpo. Sin embargo, la exposición a largo plazo al arsénico puede provocar un desequilibrio entre la absorción y la excreción, lo que finalmente conduce a la acumulación de arsénico en ciertos tejidos, como la piel y el manto, donde tiende a concentrarse.

Detallado en el párrafo la biotransformación del arsénico lleva un proceso el cual esta asimilado o apegado más por parte del ser humano, una vez que ingiera ya sea alimentos, bebidas, agua o con el simple hecho de estar en contacto con el arsénico ya tienden a ser perjudiciales para su salud, pero en la biotransformación también detalla del cómo se elimina o propaga el arsénico por medio del organismo humano.

7.12 Metabolismo Celular

Según el curso BIOLOGIA (2008) todas las reacciones químicas que tienen lugar en la célula contribuyen al metabolismo de la célula. En el metabolismo, el anabolismo se refiere a las reacciones y procesos celulares que requieren energía, mientras que el catabolismo se refiere a los procesos que liberan energía.

Según Moreno Salazar (2022) el conjunto de intercambios y transformaciones que tienen lugar dentro de la célula que tienen lugar a través de procesos químicos catalizados por enzimas que componen el metabolismo celular. Entonces, el metabolismo se define como la suma total de todas las reacciones químicas catalizadas por enzimas que tienen lugar en la célula. Se trata de una actividad sinérgica con dianas específicas en las que interactúan diferentes sistemas multienzimáticos. En otras palabras, es un proceso global que incluye la suma total de todas las reacciones enzimáticas que tienen lugar dentro de la célula e incluye muchos grupos de enzimas relacionadas que permiten el intercambio de materia y energía entre

la célula y su entorno.

El metabolismo celular detallado en los párrafos siguientes se basa desde las reacciones químicas, la cual comprende de diferentes conjuntos, componentes y transformaciones que se dan en la célula, tomando en cuenta que cada proceso que se realiza en esta liberar cierto tipo de energía.

7.13 Bacterias

Según Bush (2020) las bacterias son organismos microscópicos unicelulares. Son una de las formas de vida más antiguas conocidas en nuestro planeta. Hay miles de tipos diferentes de bacterias, y pueden vivir en todos los entornos y entornos imaginables, en cualquier parte del mundo. Viven en el suelo, en el agua de mar y en lo profundo de la corteza terrestre. Se ha descubierto que algunas bacterias pueden incluso vivir en desechos radiactivos. Muchas bacterias viven como parásitos en el cuerpo de humanos y animales, en la piel y el tracto respiratorio, la boca, el tracto digestivo, genital y urinario sin causar daño. Todas las bacterias se pueden clasificar en una de las tres formas básicas: esferas (cocos), bastones (bacilos) y espirales o hélices (espiroquetas).

Las bacterias tienden a estar presentes no solo en humanos y animales, sino también en todo el entorno que nos rodea es por ello que en la investigación es fundamental saber las bacterias que estén presentes en el agua, para de esta manera saber si estas bacterias influyen en el medio ambiente.

7.13.1 Bacterias Gram positivas

Según el sitio web QUIMICA.ES (1997) en microbiología, las bacterias Gram-positivas son aquellas que están teñidas con Gram azul-negro o púrpura: de ahí el nombre "Gram-positivas" o "Gram-positivas". Esta característica está íntimamente ligada a la estructura de la envoltura celular, reflejando un patrón natural de organización de las bacterias. La pared celular de las bacterias Gram positivas está compuesta por una membrana citoplásmica y la pared celular está compuesta por una gruesa capa de peptidoglicano que rodea el núcleo. La pared celular está conectada a la membrana citoplasmática por moléculas de ácido lipoteicoico. La capa de peptidoglicano proporciona una mayor resistencia a estas bacterias y es responsable de la retención del tinte durante la tinción de Gram.

Las bacterias Gram positivas tienen ciertas características las cuales son inconfundibles ya que, para que una bacteria sea Gram positiva debe estar teñida de color púrpura o azul, esta bacteria se toma en cuenta debido al proyecto de investigación, porque se requiere saber si esta

bacteria esta presenta en la toma de muestra del río Pumacunchi.

7.13.2 Bacterias Gram negativas

Según el autor Jubinville (2011) menciona que igual que las contrapartes Gram positivas, las bacterias Gram negativas representan una gran variedad de especies diferentes. Además de la forma de vara y la esférica, las bacterias Gram negativas también tienen forma de espiral (espiroquetas). Una de las características distintivas de las bacterias Gram negativas es su capacidad de producir endotoxinas Komski (2020). Las bacterias Gram negativas son un tipo específico de bacterias con características únicas. Como la mayoría de las bacterias, pueden causar infecciones en todo el cuerpo. Las zonas de infección más frecuentes incluyen los pulmones, las vías urinarias, el torrente circulatorio, el sistema nervioso y las partes blandas.

Las bacterias Gram negativas de igual forma que las bacterias Gram positivas se pretende saber si se encuentran en el área de estudio para así, conocer qué nivel de impacto tienen al ambiente y que tan perjudiciales pueden llegar a ser.

7.14 Medios de cultivo

Hay requisitos nutricionales para asegurar el crecimiento general de bacterias, ejemplos: agar nutritivo, caldo nutritivo, entre otros “Un medio de cultivo es el medio o medio en el que los microorganismos crecen y se multiplican en el laboratorio para aislar diferentes tipos de bacterias, identificarlas y realizar pruebas adicionales” (EduLabC, 2019, párr. 1).

El medio de cultivo en la investigación tiene como finalidad reconocer el crecimiento de bacterias por el modo de estrías, aplicando diferentes metodologías.

7.14.1 Simples

“Hay requisitos nutricionales para asegurar el crecimiento general de bacterias, ejemplos: agar nutritivo, caldo nutritivo, entre otros” (EduLabC, 2019, párr. 1).

7.14.2 Enriquecidos

“Son nutrientes simples o generales a los que se les añaden algunos elementos, como sangre, suero, ascitis, huevos, glucosa, vitaminas, etc., que permiten la inclusión de factores de crecimiento o sustancias que neutralizan los factores que inhiben el crecimiento de las bacterias” (EduLabC, 2019, párr. 1).

7.14.3 Selectivos

“Se obtienen añadiendo a un agar nutritivo sustancias químicas que son dañinas para ciertas bacterias que no están interesadas en crecer o cambiando las condiciones físicas del medio” (EduLabC, 2019, párr. 1).

7.14.4 El agar Mac Conkey

“Contiene cristal violeta; Caldo lactosado bilis verde brillante en donde la bilis inhibe el crecimiento de bacterias gran positivas; Löwenstein-Jensen con verde de malaquita es selectivo para Mycobacterium” (EduLabC, 2019, párr. 1).

7.14.5 Diferenciales

“Se agregan sustancias a estos medios para evitar que ciertas bacterias crezcan y, al actuar sobre algunas de las sustancias agregadas, se pueden observar macroscópicamente ciertas características de crecimiento, lo que ayuda a diferenciar sus colonias de otras especies” (EduLabC, 2019, párr. 1).

7.15 Tinción de Gram

Según el autor Corralo (2014) la tinción de Gram, es una técnica de laboratorio de uso común en las pruebas microbiológicas de bacterias. Esta técnica consiste en aplicar una serie de colorantes a una muestra de cualquier origen (esputo, orina, pus, etc.) que se cree que contiene bacterias no identificadas. El tinte hace que las bacterias se vuelvan moradas y el tinte se lava después de unos minutos. El tinte puede entonces permanecer en la pared bacteriana o desaparecer.

Es de primordial importancia tener en cuenta o saber la tinción de Gram, ya que con la tinción se pueden identificar las bacterias Gram positivas y Gram negativas en el proyecto de investigación para así poder determinar qué consecuencias llega a tener estas bacterias en el agua.

Las bacterias que pueden visualizarse al microscopio se clasifican en función del color y de la forma:

7.15.1 Color

“El color es fundamental para el reconocimiento del tipo de familias, las bacterias pueden ser Gram positivas (color púrpura) o Gram negativas (color rosado)” (SEQC, 2022, párr. 4).

7.15.2 Forma

“Las formas más comunes son las redondeadas (cocos) o en forma de bastoncillo (bacilos)” (SEQC, 2022, párr. 4).

“Estos dos grupos de bacterias son los pilares de la clasificación para la gran mayoría de las bacterias” (Corralo, 2014, párr. 2).

Tabla 3

Características de bacterias Gram positivas y Gram negativas

Características	Bacterias Gram	Bacterias Gram
	Positivas	Negativas
Color con la tinción de Gram	Violeta	Rojo
Pared celular	Gruesa	Delgada
Presencia de lipopolisacáridos en pared celular	Ausente	Presente
Presencia de ácidos lipoteicoicos y teicoicos en pared celular	Presente	Ausente

Nota. Caracterización de bacterias Gram positivo y negativo, denotando sus respectivas diferencias en cada una de ellas, tomado de (Rodríguez & Arenas , 2018)

8. MARCO LEGAL

Para la investigación y desarrollo del presente proyecto de investigación se ha tomado en cuenta la Constitución de la República del Ecuador, Ley orgánica de recursos hídricos usos y aprovechamiento del agua, Ley orgánica de la salud, Acuerdo Ministerial 097 A, Norma Técnica ecuatoriana INEN 1108.

8.1 Constitución de la república del Ecuador

En la constitución de la republica mencionada que cuenta con el Registro Oficial 449 del 20 de octubre en la cual su última modificación se realizó el 01 de agosto del 2018, en los cuales están los títulos de cada capítulo y con sus respectivas secciones que detallan lo importante que son los ecosistemas, flora y fauna sobre todo en el recurso hídrico. Es por ello que en la constitución se evidencia lo siguiente:

Título II: Derechos

Capítulo segundo: Derechos del buen vivir.

Sección primera: Agua y alimentación.

Los derechos estipulan, en su capítulo segundo de derechos del buen vivir, de su sección primera, que es importante conocer los artículos 12, 13 y 14. Según la Constitución de la República del Ecuador (2008):

“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” (Constitución de la República del Ecuador , 2008, p.13).

“Art. 13.- Las personas y colectividades tienen derecho al acceso seguro y permanente a alimentos sanos, suficientes y nutritivos, preferentemente producidos a nivel local y en correspondencia con sus diversas identidades y tradiciones culturales” (Constitución de la República del Ecuador , 2008, p.13).

“Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*” (Constitución de la República del Ecuador , 2008, p.13).

Título V: Organización territorial del estado

Capítulo cuarto: Régimen de competencias

La organización territorial del estado estipula, en su capítulo cuarto de régimen de competencias, que es importante conocer el artículo 264, específicamente el literal 4. Según la Constitución de la República del Ecuador (2008):

“Art. 264.- Los gobiernos municipales tendrán las siguientes competencias exclusivas sin perjuicio de otras que determine la ley” (Constitución de la República del Ecuador , 2008, p. 86).

“4) Prestar los servicios públicos de agua potable, alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos, actividades de saneamiento ambiental y aquellos que establezca la ley” (Constitución de la República del Ecuador , 2008, p. 86).

Título VII: Régimen del buen vivir

Capítulo segundo: Biodiversidad y recursos naturales

Sección sexta: Agua

El régimen del buen vivir estipula, en su capítulo segundo de biodiversidad y recursos naturales, de su edición sexta, que es importante conocer el artículo 411. Según la Constitución de la República del Ecuador (2008):

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. (p. 123)

8.2 Ley orgánica de recursos hídricos usos y aprovechamiento del agua

La ley orgánica de recursos hídricos usos y aprovechamiento del agua, contiene el Registro oficial suplemento del 06 de agosto del 2014, esta ley se encuentra con diferentes títulos y capítulos los cuales principalmente darán aportes fundamentales al proyecto de investigación, estos se detallan a continuación:

Título I: Disposiciones preliminares

Capítulo I: De los principios

Las disposiciones preliminares estipulan, en su capítulo I de los principios, que es importante conocer el artículo 3. Según la Ley orgánica de recursos hídricos usos y aprovechamiento del agua (2014):

“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” (Ley orgánica de recursos hídricos usos y aprovechamiento del agua, 2014, p. 3).

Art. 3.- 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. (Ley orgánica de recursos hídricos usos y aprovechamiento del agua, 2014, p. 3)

Título II: Recursos hídricos

Capítulo I: Definición, infraestructura y clasificación de los recursos hídricos

Los recursos hídricos estipulan, en su capítulo I de definición, infraestructura y clasificación de los recursos hídricos, que es importante conocer el artículo 13. Según la Ley orgánica de recursos hídricos usos y aprovechamiento del agua (2014):

Art. 13.- Formas de conservación y protección de fuentes de agua. Constituyen formas de conservación y protección de fuentes de agua: las servidumbres de uso público, zonas de protección hídrica y las zonas de restricción. Para la protección de las aguas que circulan por los cauces y de los ecosistemas asociados, se establece una zona de

protección hídrica. (p. 6)

Título III: Derechos, garantías y obligaciones

Capítulo I: Derecho humano al agua

Los derechos, garantías y obligaciones estipulan, en su capítulo I de derecho humano al agua, que es importante conocer el artículo 57. Según la Ley orgánica de recursos hídricos usos y aprovechamiento del agua (2014):

Art. 57.- Definición. El derecho humano al agua es el derecho de todas las personas a disponer de agua limpia, suficiente, salubre, aceptable, accesible y asequible para el uso personal y doméstico en cantidad, calidad, continuidad y cobertura. Forma parte de este derecho al acceso al saneamiento ambiental que asegure la dignidad humana, evite la contaminación y garantice la calidad de las reservas de agua para consumo humano. El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. (p. 18)

8.3 Ley Orgánica de la Salud

La ley orgánica de salud consta con el capítulo III que habla de los derechos y deberes de las personas y del Estado en relación con la salud, los cuales se detallan a continuación con sus respectivos artículos.

Título Preliminar

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

El título preliminar estipula, en su capítulo III de los derechos y deberes de las personas y del Estado en relación con la salud, que es importante conocer el artículo 7, específicamente el literal C. Según la Ley Orgánica de Salud (2015):

“Art. 7.- Toda persona, sin discriminación por motivo alguno, tiene en relación a la salud, los siguientes derechos” (Ley Orgánica de Salud, 2015, p. 4).

“c) Vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado y libre de contaminación” (Ley Orgánica de Salud, 2015, p. 4).

8.4 Código orgánico del ambiente

En el código orgánico del ambiente se detalla el título I de objeto, ámbito y fines, el título II de los derechos, deberes y principios ambientales los cuales tienen sus respectivos artículos y que se describen a continuación.

Libro Preliminar

Título I: Objeto, ámbito y fines

El libro preliminar estipula, en su capítulo I de objeto, ámbito y fines, que es importante conocer el artículo 1. Según el Código Orgánico del Ambiente (2017):

“Art. 1.- Objeto. Este Código tiene por objeto garantizar el derecho de las personas a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, así como proteger los derechos de la naturaleza para la realización del buen vivir o sumak kawsay” (Código Orgánico del Ambiente, 2017, p. 11).

Las disposiciones de este Código regularán los derechos, deberes y garantías ambientales contenidos en la Constitución, así como los instrumentos que fortalecen su ejercicio, los que deberán asegurar la sostenibilidad, conservación, protección y restauración del ambiente, sin perjuicio de lo que establezcan otras leyes sobre la materia que garanticen los mismos fines. (p.11)

Título II: De los derechos, deberes y principios ambientales

El libro preliminar estipula, en su título II de los derechos, deberes y principios ambientales, que es importante conocer el artículo 5, específicamente los literales 4 y 5. Según el Código Orgánico del Ambiente (2017):

Art. 5.- Derecho de la población a vivir en un ambiente sano. El derecho a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado comprende según el Código Orgánico del Ambiente (2017):

“4. La conservación, preservación y recuperación de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico” (Código Orgánico del Ambiente, 2017, p. 12).

8.5 Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108 (Sexta Revisión)

Agua para Consumo Humano Requisitos

Objeto y campo de aplicación

La Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108 en su (Sexta Revisión) estipula, en el objeto y campo de aplicación, que es importante conocer los requisitos de agua para consumo humano. Según el (INEN, 2020):

Esta norma establece los requisitos del agua para consumo humano y aplica al agua proveniente de sistemas de abastecimiento, suministra a través de sistemas de

distribución. De esta norma se excluyen las aguas minerales, aguas purificadas envasadas y aguas purificadas de uso farmacéutico. (p. 2)

Tabla 4

Requisitos físicos y químicos del agua para consumo humano

Parámetro	Unidad	Límite permitido	Método de ensayo
Arsénico	mg/L	0,01	Standard Methods 3114
Cadmio	mg/L	0,003	Standard Methods 3113
Cloro Libre Residual	mg/L	0,3 a 1,5	Standard Methods 4500 CI
Cobre	mg/L	2,0	Standard Methods 3111
Color Aparente	Pt-Co	15	Standard Methods 2120
Cromo (Cromo Total)	mg/L	0,05	Standard Methods 3113
Fluoruro	mg/L	1,5	Standard Methods 4500-F
Mercurio	mg/L	0,006	Standard Methods 3112
Nitratos (Como NO ₃)	mg/L	50,0	Standard Methods 4500-NO ₃
Nitratos (Como NO ₂)	mg/L	3,0	Standard Methods 4500-NO ₂
Plomo	mg/L	0,03	Standard Methods 3113
Turbiedad	NTU	5	Standard Methods 2130

Nota. Requisitos de parámetros fisicoquímicos de agua para consumo humano con sus límites máximos permisibles y metodología, tomado de la (Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108 Sexta Revisión)

8.6 Ordenanza para la Descontaminación y Protección de los Ríos y Efluentes Hídricos del Cantón Latacunga

Capítulo I: Objeto y ámbito de la aplicación

La Ordenanza para la Descontaminación y Protección de los Ríos y Efluentes Hídricos del Cantón Latacunga estipula, en su capítulo I de Objeto y ámbito de la aplicación, capítulo III de las obligaciones de los ciudadanos y entidades locales, capítulo V de los mecanismos de control y prevención, que es importante conocer el artículo 1, 4, 8 y 10. Según el GAD Municipal del Cantón Latacunga (2014):

Art. 1. La presente ordenanza tiene por objeto establecer acciones para la descontaminación, protección, conservación, recuperación y revalorización de los ríos Cutuchi, Pumacunchi, Cunuyacu, Yanayacu y demás afluentes superficiales o subterráneos dentro del cantón Latacunga. Sus disposiciones serán aplicadas a las personas naturales o jurídicas que, tanto del sector público como privado, que actúan en contra de la calidad del recurso agua, en el cantón Latacunga. (p. 6)

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 condiciones físico, químicas y biológicas del agua, y atenten su calidad. (GAD Municipal del Cantón Latacunga, 2014, p. 7)

Capítulo V: De los mecanismos de control y prevención

Art. 8. DEL CATASTRO Y REGISTRO. - Todo establecimiento industrial, sectores productivos del cantón de origen industrial, agroindustrial, agropecuario, forestal, minero, metalúrgico, papelero, lácteo, florícola, brocolero y de servicios (lubricadoras, lavadoras, mecánicas, imprentas gráficas, gasolineras, y otros) ubicados en en el Canton Latacunga deberán ser catastrados por la Dirección de Medio Ambiente Municipal y consecuentemente estará obligado a registrar en esta dependencia los datos técnicos generales que permitan la efectiva identificación de su actividad, para lo que entregará según el GAD Municipal del Cantón Latacunga (2014):

“a) Certificadas de la licencia ambiental y plan de manejo” (GAD Municipal del Cantón Latacunga, 2014, p. 9).

“b) El informe técnico demostrativo con los análisis de laboratorio de acreditados Con esta información la dirección de Medio Ambiente elaborará semestralmente un informe estadístico respecto al cumplimiento de este artículo y pondrá en conocimiento de la Comisión de Medio Ambiente y Producción” (GAD Municipal del Cantón Latacunga, 2014, p. 9)

Art. 10. DERECHO DE INSPECCIÓN. - La dirección de Medio Ambiente, está facultada para realizar inspecciones de los ríos Cutuchi, Pumacunchi, Cunuyacu, Yanayacu y demás afluentes cantonales. Además de tomar las muestras necesarias, para su caracterización. De igual forma se procederá con los desechos generados en las instalaciones de los establecimientos o actividades públicas y privadas sujetos de esta Ordenanza, complementadas en el Art. 2. (GAD Municipal del Cantón Latacunga, 2014, p. 10)

8.7 Acuerdo ministerial 097 A

El acuerdo ministerial 097 hasta su fecha de publicación que es el 04 de noviembre del 2015 del registro 387 (III), se encuentra vigente ya que no solo contiene los diferentes parámetros que se necesitan, sino que además se podrá evidenciar o establecer un límite máximo permisible entre las concentraciones de un laboratorio de lo contrario no se podrá decir

si cumple o no cumple con el acuerdo además de ver si esta entre una calidad del agua buena para los seres vivos que la utilicen.

Anexo 1 del libro VI del texto unificado de legislación secundaria del ministerio del ambiente: norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua

La presente norma técnica ambiental revisada y actualizada es dictada bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental y se somete a las disposiciones de estos, es de aplicación obligatoria y rige en todo el territorio nacional. (Acuerdo Ministerial 097 A, 2015, p. 7)

Objeto

“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” (Acuerdo Ministerial 097 A, 2015, p. 8).

Criterio de la calidad del agua: concentración numérica o enunciado descriptivo recomendado sobre parámetros físico químicos y biológicos para mantener determinado uso benéfico del agua. Los criterios de calidad para diversos usos del agua son la base para la determinación de los objetivos de la calidad en los tramos de un cuerpo receptor. Esta determinación generalmente demanda un proceso de modelación del cuerpo receptor en donde se consideran las condiciones más críticas de caudales del cuerpo receptor, las cargas futuras de contaminantes y la capacidad de asimilación del recurso hídrico (Acuerdo Ministerial 097 A, 2015, p. 9)

Criterios de calidad de aguas de uso agrícola o de riego

“Se entiende por agua de uso agrícola aquella empleada para la irrigación de cultivos y otras actividades conexas o complementarias que establezcan los organismos competentes” (Acuerdo Ministerial 097 A, 2015, p. 15). Los criterios de calidad establecidos los encontramos en la Tabla 5.

Tabla 5

Criterios de calidad de aguas para riego o uso agrícola

PARÁMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	CRITERIO DE CALIDAD
Aceites y grasas	Película Visible		Ausencia
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico	As	mg/l	0,1
Berilio	Be	mg/l	0,1

Boro	B	mg/l	0,75
Cadmio	Cd	mg/l	0,05
Cinc	Zn	mg/l	2,0
Cobalto	Co	mg/l	0,01
Cobre	Cu	mg/l	0,2
Coliformes fecales	NMP	NMP/100 ml	1000
Cromo	Cr +6	mg/l	0,1
Flúor	F	mg/l	1,0
Hierro	Fe	mg/l	5,0
Huevos de parásitos			Ausencia
Litio	Li	mg/l	2,5
Materia flotante	Visible		Ausencia
Mercurio	Hg	mg/l	0,001
Manganeso	Mn	mg/l	0,2
Molibdeno	Mo	mg/l	0,01
Níquel	Ni	mg/l	0,2
Nitritos	NO ₂	mg/l	0,5
Oxígeno Disuelto	OD	mg/l	3
pH	pH		6-9
Plomo	Pb	mg/l	5,0
Selenio	Se	mg/l	0,02
Sulfatos	SO ₄ ⁻²	mg/l	250
Vanadio	V	mg/l	0,1

Nota. Parámetros con concentraciones hasta su límite máximo permisible, tomado por el Acuerdo Ministerial 097 – A

9. VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS

¿Es factible identificar la trazabilidad microbiológica de manera eficiente en un sitio poco monitoreado y contaminado con arsénico proveniente de distintas fuentes en el río Pumacunchi entre los 3000 y 3200 m.s.n.m.?

La trazabilidad es una comparación en base a un estudio o un valor que puede ser relacionado con referencias determinadas en este caso mediciones, el problema de la contaminación en el recurso hídrico presenta un gran efecto negativo en la salud tanto en personas, así como a su vez en el ecosistema, es por ende que la temática de investigación surgió de manera provechosa para estudiar, analizar y compartir los resultados obtenidos posteriormente a los análisis, aislamiento, tinción y observación microbiana. Resultando en una posible proliferación de bacterias Gram negativas mostrando la calidad de agua en el sector la

misma que se ve afectada por distintas fuentes de contaminación tanto de origen natural como de origen antropogénico, este estudio nos permitió contemplar su caracterización y concentración en el recurso, en el rango del piso altitudinal de 3000 a 3200 m.s.n.m. entendiéndolo de esta manera su relación, tolerancia y asimilación con el arsénico.

10. METODOLOGÍA

Se detalla los diferentes tipos de metodología en los cuales se aplicaron tanto para la fase de campo y la fase de laboratorio, los cuales están constituidos de enfoques cualitativos y cuantitativos, desarrollados continuamente con una investigación de tipo bibliográfica, de campo y exploratoria.

10.1. Tipos de Investigación

10.1.1. Investigación bibliográfica

A través del autor Alejandro Mendez (2008) esta investigación se utilizó para lograr recopilar información más concreta sobre el tema de investigación, además, ayudando a recopilar conceptos a partir de sitios web, es por ello que esta investigación se indagó de una manera estructurada y profesional, relacionándolo de igual manera con diferentes temas y autores en concreto. La finalidad por la cual se realizó este tipo de investigación fue procesar e indagar los escritos principales de un tema en particular.

10.1.2 Investigación de campo

Según menciona el autor Arias (2020) se fundamentó este tipo de investigación como una de las principales para determinar datos directamente recopilados en campo, de esta manera ayudo también a conocer el lugar y la instrumentación necesaria que se debía utilizar para realizar el muestreo en la zona. Este tipo de estudio es necesario para realizar diferentes estudios como, exploratorios, correlacionales o aditivos.

10.1.3 Investigación exploratoria

Según el sitio web tipos de investigación (2020) esta se define como una investigación aun problema no estudiado previamente, se realiza para tener una mejor comprensión del problema existente, esta parte de una idea general y utiliza la investigación como un medio para identificar problemas, mismo que puede ser foco de investigaciones futuras, principalmente aplicada cuando el problema se encuentra en etapa preliminar.

10.2 Metodología

Esta investigación ayudó a examinar el tema con una visión general sobre la realidad del lugar, para otorgar estrategias de conservación a futuro del recurso hídrico. Permitiendo describir las características biofísicas del río Pumacunchi detallando con precisión la problemática y a su vez proporcionando la información mediante mapas de morfología e hidrología de la zona de estudio, se utilizó shapes tomados del Sistema Nacional de Información de: precipitación, textura del suelo, erosión, cobertura vegetal, pendiente, tipo de clima, temperatura, taxonomía del suelo, geología, entre otros. Para los análisis fisicoquímicos y el aislamiento microbiológico se utilizaron metodologías como el muestreo puntual en campo a lo largo de 3 meses, técnicas de laboratorio, aislamiento por el método de estrías, tinción de Gram y observación microscópica.

10.3 Métodos

10.3.1 Método cuantitativo

Según el sitio web QuestionPro (2022) este método se utilizó para encontrar posibles soluciones a causa de varias inquietudes y preguntas las cuales se recopilaron a través de pobladores, además de las necesidades que requerían estos mismos. Dicho enfoque cuantitativo en la parte fisicoquímica se evidencia debido a los análisis realizados en laboratorio, los cuales como resultados proporcionara datos numéricos reales de la concentración de arsénico y diferentes parámetros químicos y en la parte microbiológica permite el conteo de colonias y bacterias que existen en la fase de laboratorio.

10.3.2 Método cualitativo

Según el sitio web Concepto (2013) a través del método cualitativo se emplearon datos de tipo exploratorio, debido a que se requiere conocer de mejor manera el comportamiento del arsénico por lo cual se debe realizar una comparación entre parámetros fisicoquímicos y microbiológicos analizando en el laboratorio, además de realizar una caracterización de la zona de estudio.

10.4 Herramientas para el análisis de resultados

10.4.1 Programa QGIS

Mediante el software QGIS del Sistema de Información Geográfica, se pudo delimitar

el área de estudio y el modelado o representaciones gráficas de las características biofísicas de clima, cobertura vegetal, uso de suelo, pendiente, taxonomía, textura, precipitación, hidrología, temperatura, etc, esto se logra obtener a través del portal web MAGAP que contiene los shapes necesarios para realizar las características biofísicas del área de estudio.

10.4.2 Programa de Excel

A través de Excel se pueden compilar datos los cuales fueron utilizados para determinar la precipitación según los años de los anuarios meteorológicos del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI).

10.4.3 Google Earth

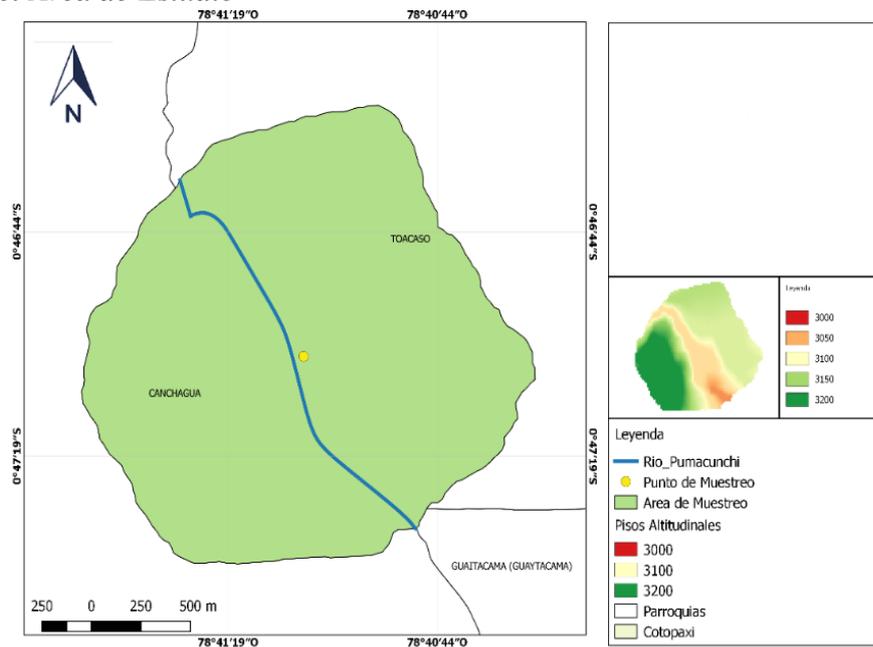
La herramienta Google Earth fue de una gran ayuda para determinar y saber el área de estudio además que se pudo encontrar de una manera más fácil y adecuada el lugar, coordenadas y el punto de estudio que estaba entre los 3000 y 3200 m.s.n.m.

10.5 Fase de Campo

10.5.1 Ubicación del área de estudio

El lugar de muestreo del efluente hídrico tiene su nacimiento a las faldas del estratovolcán Iliniza Sur perteneciente a la micro cuenca del río Cutuchi, el río Pumacunchi tiene su nacimiento en la parroquia de Canchagua, cantón Saquisilí provincia de Cotopaxi. La ubicación del punto de muestreo la encontramos en las coordenadas -0,776546 latitud sur y -78,691120 de longitud oeste, con una altitud que varía de entre los 3000 a 3200 m.s.n.m. la misma que podemos observar en la siguiente figura.

Figura 1
Ubicación del Área de Estudio

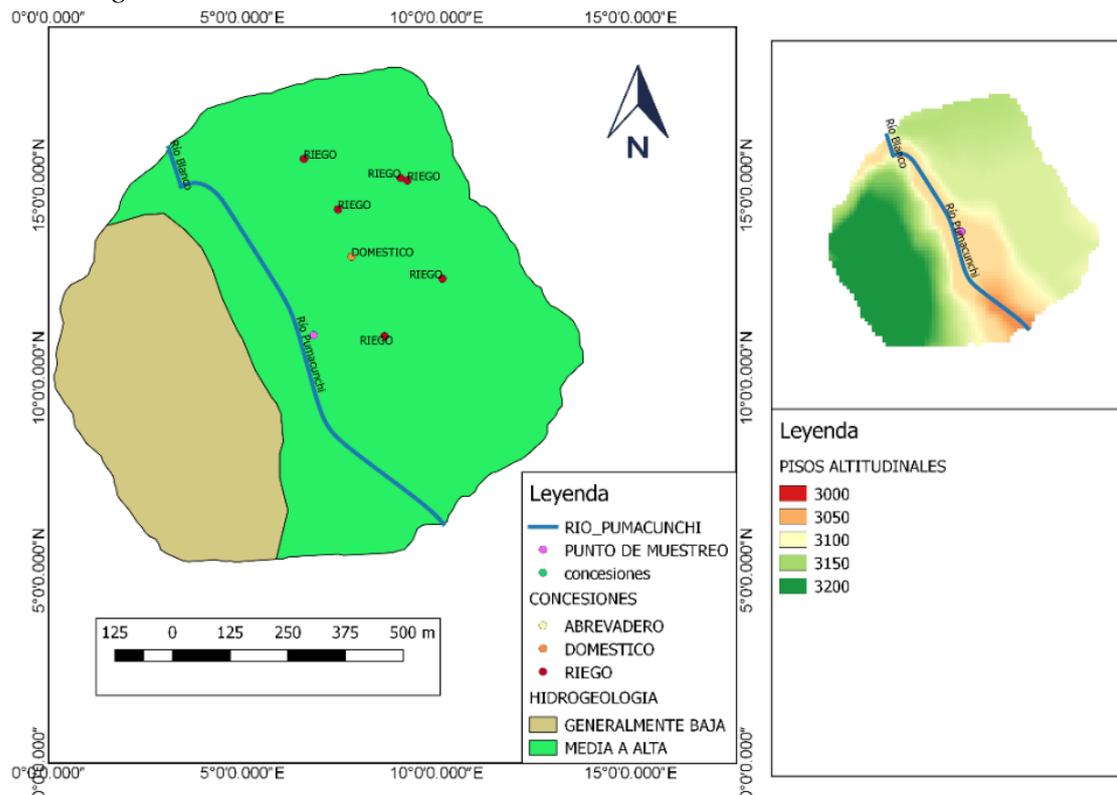


Nota. Mapa de ubicación del piso altitudinal de 3000 a 3200 m.s.n.m., realizado en el software QGIS 2.18. Adaptado de (SENAGUA, 2011)

10.5.2 Concesiones en el piso altitudinal de 3000 y 3200 m.s.n.m.

En el proceso de comparación del recurso se tomó en cuenta la distribución del mismo, debido a que en la zona de estudio existen concesiones que están determinadas a distintos sectores y distribuidas a los pobladores del sector quienes componen la población del sector personas naturales, agricultores, familias.

Figura 2
Usos del agua en el río Pumacunchi



Nota. Concesiones en el piso altitudinal de 3000 y 3200 m.s.n.m., realizado en el software QGIS 2.18. Adaptado de (SENAGUA, 2011)

10.6 Caracterización biofísica

Esta caracterización correspondiente al piso altitudinal (3000 a 3200 m.s.n.m.) tuvo como base fundamental los datos obtenidos mediante el programa de aplicación QGIS en su versión 3.18.0 con la ayuda de archivos de información geográficas, mismos que contenía datos relevantes para la elaboración de mapas (Tabla 6) como tipo de climas como puede ser el caso de las capas de: isotermas, isoyetas mismos que fueron obtenidos del instituto nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) 2008, los shapefiles de estudio y ocupación del suelo como agroecología, hidroecología, erosión del suelo, aptitud agrícola, movimiento de masas fueron solicitados al ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP) 2002-2005 adicionalmente los datos o shapefiles taxonómicos del suelo como pendientes, y textura fueron solicitados al ministerio de Agricultura y Ganadería.

Tabla 6
Fuentes de información SIG

Objeto	Fuente	Año	Descripción	Tipo
Área de estudio y concesiones	SENAGUA	2011	División hidrográfica mediante metodología Pfafstetter	Polígono
Tipo de clima	MAGAP	2003	Tipología de climas	Polígono
Isoyeta	INHAMI	2008	Representación de las precipitaciones medias	Polígono
Isoterma	INHAMI	2008	Representación de las temperaturas medias	Polígono
Pendiente Sierra	SIGAGRO	V/A	Rangos de pendientes Sierra	Polígono
Agrológico Sierra	SIGAGRO	2003	Descripción de tipos agrológicos en la sierra	Polígono
Hidrogeológico	MAGAP	2005	Formaciones, litología	Polígono
Textura	MAGAP	2016	Descripción de texturas de suelos	Polígono
Taxonomía Sierra	SIAGRO	2003	Clasificación de suelos y descripción del material	Polígono
Movimiento Masa	MAGAP – STGR	2005	Susceptibilidad a movimientos en masa	Polígono
Cobertura Vegetal	MAGAP	2016	Clasificación de cobertura vegetal	Polígono
Susceptibilidad a Erosion	MAGAP	2016	Descripción de susceptibilidad, suelos.	Polígono

Nota. Tabla de coberturas utilizadas para la realización de mapas geográficos, adaptadas de (Sistema de información geográfica , 2016)

10.7 Determinar la concentración de arsénico y calidad de agua presente en el recurso hídrico del río Pumacunchi

A lo largo del proceso se tomó en cuenta distintos parámetros metodológicos que nos permitan cumplir con los objetivos pre establecidos, por consiguiente, se procedió con el análisis de los parámetros escogidos para agua en el laboratorio de calidad de agua y sedimentos (LANCAS), los mismos que se realizaron bajo estrictas técnicas de ensayo acreditadas por el

Servicio de Acreditación ecuatoriano (SAE) y los requerimientos establecidos en la Norma NTE 2169, NTE INEN 2176 e ISO 17025:2006.

10.8 Toma de muestras

Para la toma de muestras primero se determinaron las coordenadas de $-0,776546$ de latitud sur y $-78,691120$ de longitud oeste, a una altura de 3090 msnm, donde se tomó una muestra simple en un balde el cual fue distribuido en cinco envases diferentes. El primer envase fue para oxígeno disuelto donde se tomó 300 ml de la muestra compuesta a la cual se colocó tres viales (1 ml de sulfato manganoso, 1 ml de álcali yoduro y 1 ml de ácido sulfúrico), en el segundo y tercer envase se tomó 1000 ml de la muestra para pH y sulfatos respectivamente, para arsénico y manganeso se tomó 250 ml de la muestra, al cual se le colocó 5 gotas de ácido nítrico y por último se tomó 100 ml de muestra para coliformes. Una vez distribuida la muestra y previamente etiquetada en los diferentes envases se procedió a colar en una hielera para su conservación.

La toma de muestra se dio siguiendo la Norma NTE INEN 2169. Agua, calidad del agua, muestreo, técnicas de muestreo y se siguió el protocolo de transporte con la Norma NTE INEN 2176 Agua, calidad del agua, muestreo y conservación de muestras e ISO/IEC 17025:2006.

10.8.1 Muestra puntual

Se realizó un muestreo puntual debido a que la toma de muestra se las realizó en un solo punto y lugar determinado debido a que este sitio presentaba un flujo de agua no uniforme además de mostrar que los valores de interés no eran constantes, mismas que fueron tomadas de manera manual tanto en la superficie del agua así como a una profundidad específica y en el fondo, para el análisis de resultados que se obtuvo por el INAMHI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología), el instituto tuvo como objetivo entregar el análisis de las muestras tomadas después de 10 días laborales y saber el estado o el porcentaje a los parámetros a analizar.

Figura 3

Muestreo de los Parámetros físico-químicos.



Nota. Adaptado de toma de muestras de agua en el río Pumacunchi.

10.9 Técnicas

Las técnicas utilizadas por el laboratorio LANCAS se encuentra acreditado en la Norma NTE INEN 2169. NTN INEN 2176 e ISO/IEC 17025:2006, para los diferentes parámetros que son: electrometría para pH, espectrometría de absorción atómica de llama para arsénico y manganeso; volumetría para oxígeno disuelto, espectrofotometría en sulfatos y microbiológicas para coliformes fecales.

10.9.1 Oxígeno Disuelto

Para este parámetro es necesario llenar un envase plástico (winkler) de 300 ML entregado y esterilizado previamente por el laboratorio, mismo en el que junto con la muestra se colocan los preservantes

Vial 1 (1 ml de sulfato de manganeso)

Vial 2 (1 ml de álcali de yoduro)

Vial 3 (2 ml de ácido sulfúrico concentrado)

Procediendo a eliminar el exceso de muestra, rotular y conservar la muestra en hielo.

10.9.2 pH, Sulfatos

La obtención de datos para estos parámetros se obtiene de una misma muestra, puesto que se toma la muestra en un solo envase plástico esterilizado de 1000 ml el cual se debe sellar, rotular y conservar en hielo.

10.9.3 Arsénico, Manganeseo.

La obtención de datos para estos parámetros se obtiene de una misma muestra, puesto que se toma la muestra en un solo envase plástico esterilizado de 250ml, otorgado por el laboratorio, en el cual se debe dejar un pequeño espacio en el cuello del frasco, continuado de cinco gotas de ácido nítrico concentrado en la muestra, posteriormente se coloca la contratapa y se cierra el frasco, para homogeneizar la muestra es necesario el invertir el frasco un aproximado de tres veces y por último este se debe rotular y conservar en hielo.

10.9.4 Coliformes fecales

Para el análisis de este parámetro es indispensable el uso de un contenedor de plástico esterilizado de 100 ml, en que se procede a hacer un enjuague con la muestra del cuerpo de agua por tres ocasiones, para posteriormente proceder a su rotulación y conservación en hielo. Para este parámetro es importante el recalcar que tiene un tiempo máximo de entrega de 24 horas. El laboratorio para la obtención de resultados de dichos parámetros utiliza: espectrometría de absorción atómica de llama para arsénico y manganeso volumetría para oxígeno disuelto, electrometría para potencial hidrogeno, espectrometría para sulfatos y por último microbiológicas para coliformes fecales.

10.10 Fase de Laboratorio

10.10.1 Metodología para el cultivo de microorganismos

Los microorganismos como otros seres vivos son susceptibles a los cambios de condiciones ambientales y a medida en el que se han podido adaptar a estos cambios, se han distribuido en una gran diversidad de hábitat incluyendo ciertas condiciones extremas sobre todo de tipo físico y químico.

10.10.2 Toma de muestra para establecer el aislamiento microbiológico en Concentraciones de Arsénico en el recurso hídrico a una elevación de 3090 m.s.n.m.

Para poder cumplir satisfactoriamente con este objetivo de la investigación fue necesario el seguir la siguiente metodología.

El respectivo muestreo se realizó bajo normas de seguridad y con la utilización de los materiales adecuados para evitar de esta manera contrariedades tanto en la salud, así como en posibles alteraciones de las muestras, como materiales esterilizados y equipo de protección personal. Procediendo a la recolección de muestras de agua en envases plásticos esterilizados

de 1 litro, sumergiendo el recipiente, pero sin llenarlo por completo, sellar el envase y proceder a rotular claramente para una identificación eficaz y clara. Dichas muestras son conservadas y transportadas con ayuda de materiales térmicos como hieleras esto con el fin de conservar la muestra de la mejor manera posible durante más tiempo, El procedimiento de cultivo e identificación de bacterias tuvo lugar en las instalaciones del laboratorio de la facultad de Ciencias Agropecuarias y recursos Naturales de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

10.10.3 Materiales de laboratorio

10.10.3.1. Material de vidrio o plástico. Entre ellos: vasos de precipitación (100ml), embudos, probetas (500 ml), cajas Petri, Matraz (250ml), varilla de vidrio, porta y cubreobjetos, cámaras de recuento, balanza, espátula.

10.10.3.2. Material de siembra. Constituidos principalmente por asas en NICROM, goteros, agua destilada (1 litro), alcohol antiséptico, mechero de bunsen.

10.10.3.3. Materiales para la esterilización. Autoclave (calor húmedo), mechero (esterilización por calentamiento directo), alcohol antiséptico.

10.10.3.4. Materiales de incubación. Incubadora, papel Parafilm. Material óptico Microscopio: lente 100 x Reactivos Agar MacConkey, Agar Nutritivo, Azul de metileno al 1%, Safranina al 1%, Lugol, y aceite de inmersión.

10.10.4 Preparación de los medios de cultivo

10.10.4.1 Agar MacConkey. Para la obtención del medio de cultivo en agar MacConkey se pesó 3 gramos, el cual se disolvió en 0,06 L de agua destilada en él matraz, realizando mediante movimientos de vaivén y rotación hasta lograr una mezcla homogénea. Una vez disuelto el medio se procedió a colocarlo en la autoclave para esterilizar a una temperatura de 121°C durante 15 minutos.

Cálculos empleados

$$50 \text{ g} \rightarrow 1 \text{ L}$$

$$? \rightarrow 0,06 \text{ L}$$

$$x = 0,06 \text{ L} * 50 \text{ g} / 1 \text{ L}$$

$$x = 3 \text{ g}$$

10.10.4.2. Agar nutritivo. Para la elaboración del medio de cultivo en agar Nutritivo se pesó 3.72 gramos, el cual se disolvió en 0,12 L de agua destilada en el matraz, realizando movimientos hasta lograr una mezcla homogénea. Una vez disuelto el medio se procedió a colocarlo en la autoclave para esterilizar a una temperatura de 121°C durante 15 minutos.

Cálculos empleados

$$31 \text{ g} \rightarrow 1 \text{ L}$$

$$? \rightarrow 0,12 \text{ L}$$

$$x = 0,12 \text{ L} * 31 \text{ g} / 1 \text{ L}$$

$$x = 3,72 \text{ g}$$

10.10.4.3. Esterilización de la disolución. Posteriormente a la esterilización en la autoclave, se proporcionó 30 ml de agar MacConkey en 3 placas y adicionalmente se colocaron 30 ml de agar nutritivo en 6 placas Petri estériles y se dejó solidificar.

10.10.5 Técnica de cultivo por extensión en agar MacConkey

Con ayuda de un gotero se colocó 1ml de la muestra de agua en la parte superior del cultivo, con la ayuda del asa NICROM se procedió a realizar la siembra por extensión, la misma que se esparció uniformemente por toda la superficie del medio de cultivo. Esto permitió que dé lugar al crecimiento de colonias y el recuento de la población microbiana existente en el medio de cultivo.

10.10.6 Técnica de cultivo en estrías

Según la autora Olivas (2019) plantea que la siembra en estrías permite aislar a las bacterias para dar lugar a colonias separadas. En nuestro procedimiento se colocó una pequeña cantidad de microorganismos alrededor de la caja Petri con la ayuda de un asa bacteriológica quemada y enfriada en cada proceso de esterilización para evitar la contaminación de factores externos, como primer paso se debe rotular las cajas para evitar confusión, los microorganismos son extendidos formando estrías o líneas por toda la superficie siguiendo el patrón de tres fases, después de sembrar el primer sector, el asa de siembra es quemada y se obtiene un inóculo para el segundo sector a partir del primer sector. Se sigue un proceso similar para sembrar el tercer sector, excepto que el inóculo procede del segundo sector.

Figura 4
Siembra por Estrías



Nota. Métodos de siembra por estrías. Fuente: (Hylary, 2014) .

10.10.7 Purificación de colonias

Según Baquero (2016) se obtiene una pequeña cantidad de masa bacteriana de una colonia separada en el aislamiento. Con ello se inóculo un nuevo medio de cultivo haciendo estrías muy juntas. La incubación en condiciones adecuadas proporciona un cultivo puro. Puede repetirse el proceso con cada tipo de colonia.

10.10.8 Incubación

Para la incubación se utilizó una incubadora, para alcanzar y mantener las temperaturas de los medios de cultivo de 25 a 37 ° C por 72 horas. Tras la incubación en condiciones adecuadas, cada célula viable origina una colonia visible resultado de sucesivas divisiones celulares. Según (Gómez, 2013, p. 14) “cada colonia bacteriana tiene características determinadas a su forma, borde, elevación, tamaño, consistencia”

10.10.9 Aislamiento de colonias

Según Mondino (2012) mediante la obtención frotis bacteriano de las colonias separadas en el aislamiento. Se inoculó con medio nutritivo fresco, realizando estrías. El cultivo en condiciones apropiadas dará lugar a colonias separadas. Este proceso se puede repetir para cada tipo de colonia

10.11 Tinción de Gram

Según el sitio web Salud (2022) mediante la tinción de Gram se obtuvo las bacterias que se determinaron mediante los medios de cultivo que se realizaron anteriormente, estas bacterias se tiñeron ya sea Gram Negativas o Positivas. Para la tinción de Gram cada muestra se tiñó con azul de metileno al 1% por un minuto y lavar con agua destilada para eliminar el exceso de colorante, cubrir con Lugol 5%, que actúa como mordiente, dejarlo por un minuto y lavar con agua, se decoloró con el alcohol antiséptico por 30 segundos después se lavó con

agua, se tiñó con safranina al 1% por 1 minuto, se lavó con agua para eliminar el exceso de colorante y se secó al ambiente para observar en el microscopio.

10.11.1 Técnicas microscópicas

Según los autores ARENAS y MONTALVO (2010) para el estudio de microorganismos se utilizó el método de microscopía óptica la cual es efectiva para demostrar la morfología y el tamaño de los individuos visualizados en las colonias bacterianas, la afinidad de la tinción puede permitir la clasificación e identificación de bacterias, es recomendable el uso de aceite de inmersión, para poder visualizar con un aumento de 100x. Con esta metodología se puede visualizar bacterias de tamaño tan pequeño como 0,2 μm .

11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.

Se refiere a todos los resultados en el proyecto de investigación, denotando que la investigación está completa, además que se realiza un análisis de resultados con diferentes discusiones propias y con autores bibliográficos, los resultados obtenidos se dan por parte de herramientas SIG y resultados en el laboratorio de la parte fisicoquímica y microbiológica.

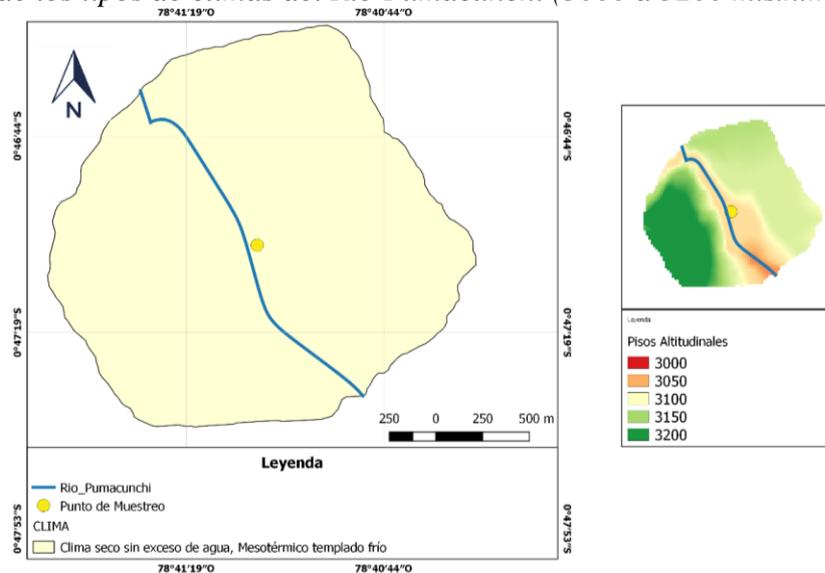
11.1 Caracterización biofísica de la zona de estudio entre 3000 y 3200 m.s.n.m.

11.1.1 Clima

En la zona muestreada predomina principalmente y casi en su totalidad por un clima sin exceso de agua, predominantemente frío en el cual oscila de 500 a 650 mm de precipitación anual con una temperatura que rodea los 10°C a 11°C

Figura 5

Clasificación de los tipos de climas del Río Pumacunchi (3000 a 3200 m.s.n.m.)



Nota. Tipos de climas del piso altitudinal de 3000 a 3200 m.s.n.m., realizado en el software QGIS 2.18. Adaptado de (MAGAP, 2003) .

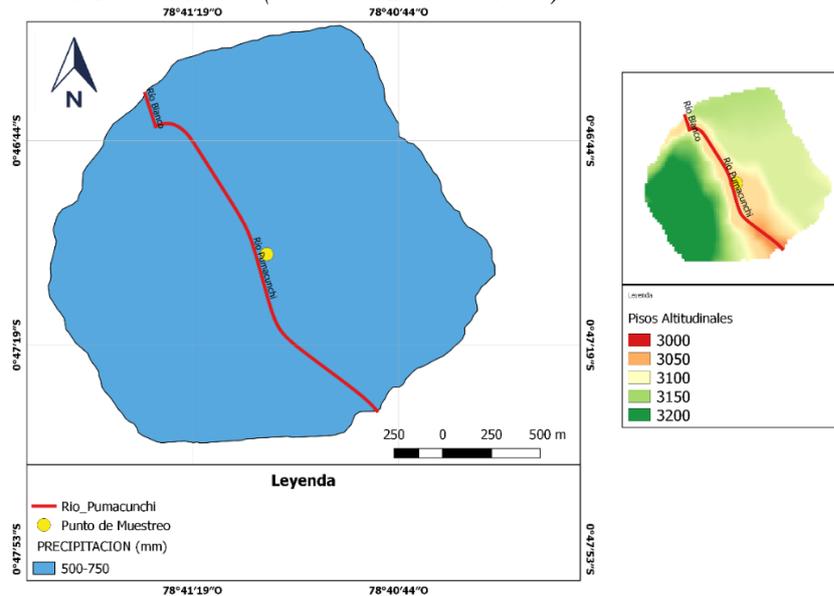
11.1.2 Precipitación

La totalidad del piso altitudinal comprendido entre los 3000 y 3200 m.s.n.m. muestra una precipitación anual que rodea los 500 a 750 milímetros cúbicos anuales por lo cual podemos considerarla como una zona moderadamente lluviosa según el Plan de Desarrollo territorial PDOT (2020). La zona presenta un aumento en la cantidad de precipitación debido a el arribo de los vientos cálidos del trópico y la condensación de la neblina proveniente de las elevaciones aledañas, los fenómenos meteorológicos como la precipitación generalmente están ligados a la contaminación de fuentes, misma que tiene su origen durante el transporte de contaminantes a través de la atmosfera, está fuertemente relacionado con los procesos del ciclo hidrológico. Propuesto por Altamirano (2020) la mayoría de vapor que conforma el agua proviene principalmente de los océanos esta se puede ver comprometida y contaminada con arsénico provenientes de complejos volcánicos, fumarolas, fuentes termales, gases y fluidos geotérmicos, pues a partir del 2010 el arsénico fue detectado en materiales volcánicos y sedimentos del cuaternario presente en el arco volcánico Altamirano (2020). Durante el proceso de condensación de la humedad ambiental en forma de lluvia, este proceso el agua entra en contacto directo con el arsénico antropogénicos liberados a la atmosfera, la energía de la lluvia libera partículas del suelo y otros contaminantes, consecuentemente el arsénico se movilizará a las corrientes y ríos.

Menciona ATSDR (2017) que el agua es la principal vía de entrada en la cadena alimentaria humana a través de la ingesta y el consumo de alimentos de origen vegetal (arroz, verduras, hortalizas, cereales) y animal (carne, pescado, leche) que han sido producidos con agua contaminada con este genotóxico.

Figura 6

Precipitación del río Pumacunchi (3000 a 3200 m.s.n.m.)

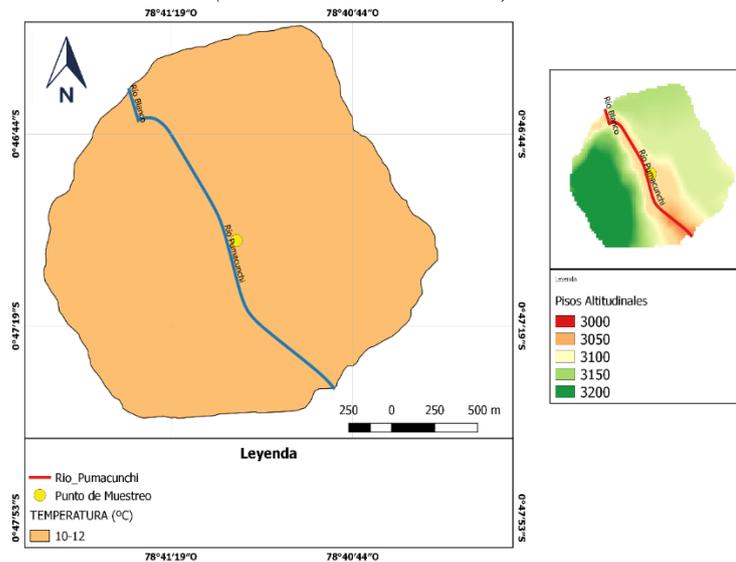


Nota. Precipitación anual del piso altitudinal de 3000 a 3200 m.s.n.m., realizado en el software QGIS 2.18. Adaptado de (MAGAP, 2003)

11.1.3 Temperatura

Menciona el autor Tunon (2017) Se puede constatar que el clima predominante en el sitio de estudio corresponde a una temperatura variable en el rango de 10°C a 12°C, el tipo de clima aporta esencialmente en los procesos de oxidación y acidificación, junto con la precipitación juegan un papel primordial dentro de nuestra investigación, pues cuanto más baja sea la temperatura más tardía serán los procesos de cinética en las reacciones, y consecuentemente los procesos químicos tardarán más en completarse.

Figura 7
Temperatura del río Pumacunchi (3000 a 3200 m.s.n.m.)

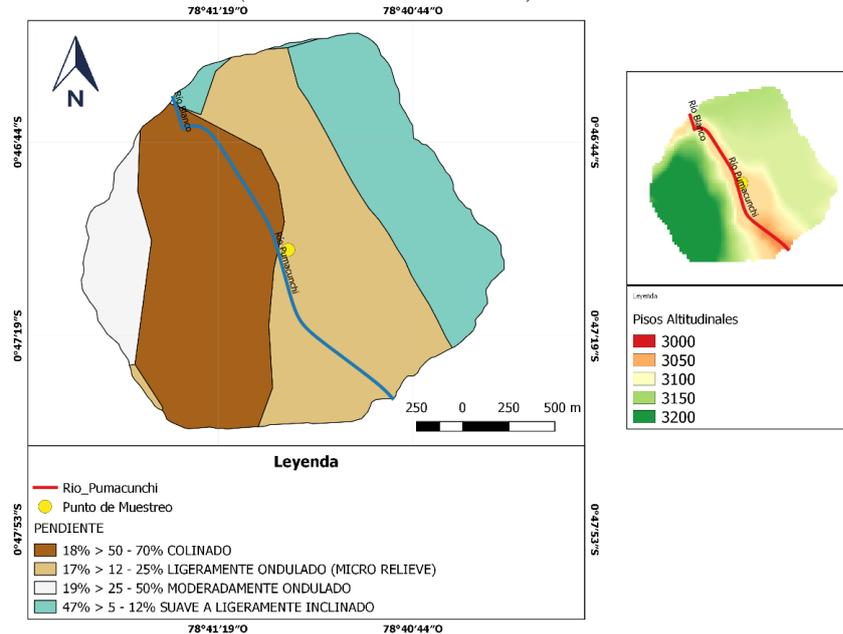


Nota. Temperatura anual promedio del piso altitudinal de 3000 a 3200 m.s.n.m., realizado en el software QGIS 2.18. Adaptado de (MAGAP, 2003).

11.1.4 Pendiente

Con el autor Pastuña (2014) se puede decir que en el área de estudio constatar las siguientes distribuciones de pendiente con un 47% una pendiente suave a ligeramente inclinada es decir una superficie palana o casi plana con pendientes nulas o débiles, con un 19% moderadamente ondulada con una pendiente empinada o irregular, con un 17% ligeramente ondulado (micro relieve) con una pendiente muy empinada o muy fuerte y por ultimo con un 18% colinados con pendientes muy fuertes o pronunciadas, derivado del tipo de suelo podemos inferir que la cuenca del río Pumacunchi presenta una pendiente montañosa muy pronunciada lo que provoca un escurrimiento y transporte fluvial eventualmente se puede presentar desbordes e inundaciones, En el sitio de muestreo se desarrollan actividades económicas, quienes producen diversos procesos de erosión y acumulación en secciones planas.

Figura 8
 Pendientes del río Pumacunchi (3000 a 3200 m.s.n.m.)

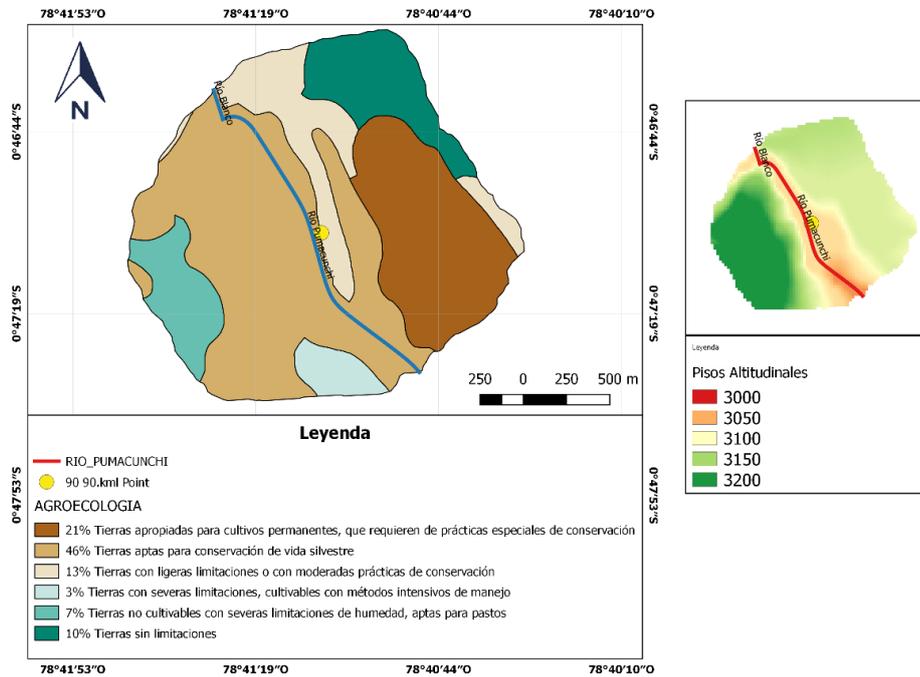


Nota. Pendientes del piso altitudinal de 3000 a 3200 m.s.n.m., realizado en el software QGIS 2.18. Adaptado de (MAGAP, 2003).

11.1.5 Agroecología

En el área de estudio correspondiente al piso altitudinal comprendido entre los 3000 y los 3200 m.s.n.m. presenta seis tipos de suelo mismos que podemos clasificar como: Tierras aptas para la conservación de la vida silvestre con un 46% siendo estos terrenos que se encuentran en su totalidad o casi en su totalidad sin intervención es decir se encuentran en estado natural en el ambiente, teniendo una conservación tanto como de fauna y su flora; Tierras apropiadas para cultivo permanente que requieren prácticas de conservación con un 21% a las cuales podemos clasificar como tierras fértiles, esto puede explicar un aumento en el nivel de presencia de pobladores en el sector; Tierras con ligeras limitaciones o con moderadas técnicas de conservación con 13% por lo general sin suelos con poco presencia de erosión estas tierras se las puede clasificar con una fertilidad moderada a alta además de contar con una capacidad de drenaje bueno o moderado; Tierras con limitaciones con un 7% contiene severas limitaciones para la agricultura generalmente por humedad, aptas para el pastoreo, estos suelos no son erosionables debido a que no se presentan declives, teniendo actitudes que los hacen más apropiadamente aptos para la conservación de vegetación y desarrollo de actividades pecuarias, mas no para actividades de carácter agrícola; Tierras con severas limitaciones, cultivables con métodos intensivos de manejo, se clasifican como suelos poco fértiles y con muchas limitaciones para el uso agrícola.

Figura 9
 Agroecología del río Pumacunchi (3000 y 3200 m.s.n.m.)

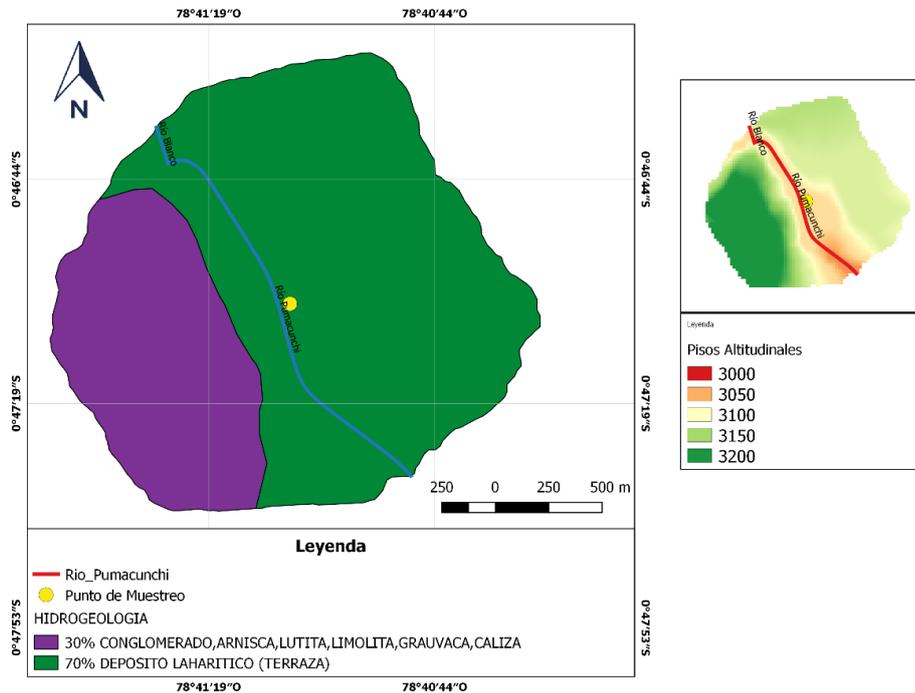


Nota. Agroecología del piso altitudinal de 3000 a 3200 m.s.n.m., realizado en el software QGIS 2.18. Adaptado de (MAGAP, 2003).

11.1.6 Hidrogeología

Con el autor Galindo (2005) se determina que el área de estudio presenta predominantemente dos tipos de hidrogeología, el primero con un 70% perteneciente al depósito lahárítico también conocido como terraza su origen se deriva de a la acumulación de productos volcánicos que son generados por una erupción volcánica o a su vez erupciones constantes de baja o mediana intensidad que se ven relacionados y mezclados con cuerpos de agua los cuales incluyen sedimentos a lo largo de su recorrido, el segundo con un 30% es denominados como conglomerados, arenista lutica, limolita, caliza sin fragmentos de roca volcánica solidificados, estos presentan un modificación en su estructura al pasar de rocas a formas esféricas al entrar en contacto con los cuerpos de agua, y el viento durante su recorrido, por su composición las rocas ígneas volcánicas son muy reactivas que podría liberar grandes cantidades de arsénico en el agua, El origen del arsénico está relacionado con la meteorización de materiales volcánicos (cenizas) o derivados, que son transportados por la atmosfera, e ingresa al agua de forma natural a través de fluidos hidrotermales, las emisiones volcánicas hacia la atmosfera y la desorción - disolución de minerales. Por vías antropogénicas mediante la utilización de pesticidas, herbicidas y conservantes de madera.

Figura 10
Hidrogeología del río Pumacunchi (3000 a 3200 m.s.n.m.)



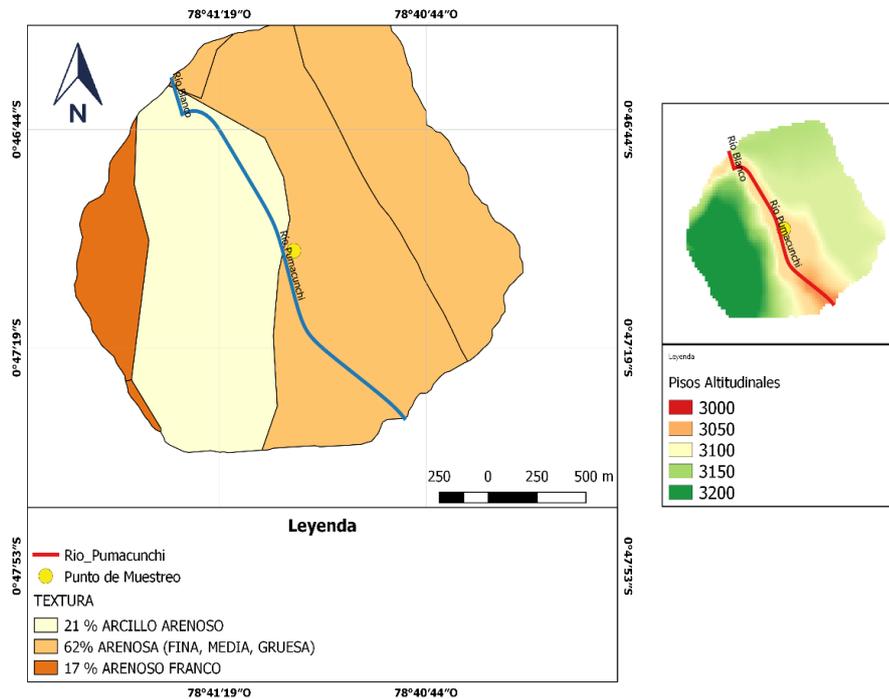
Nota. Hidrogeología del piso altitudinal de 3000 a 3200 m.s.n.m., realizado en el software QGIS 2.18. Adaptado de (MAGAP, 2005).

11.1.7 Textura de suelos

Dentro del área de estudio podemos identificar 3 tipos de textura de suelo predominada por la arenosa (fina, media, gruesa) con un 62% estos tipos de terreno están constituidos por partículas muy pequeñas de roca desgastada, minerales no metálicos y textura granular, además de poca estructura cuyo tamaño oscila entre los 0.063 y los 2mm, pobres en nutrientes, no retienen agua, sin secos y no son aptos para la agricultura, presentan muy poca materia orgánica, clasificados como muy poco fértiles además de necesitar de un riego continuo y el riego constante, su capacidad de drenaje es fácil según Pineda (2017) esto puede provocar la filtración y acumulación de arsénico en acuíferos y aguas subterráneas; el suelo arcilloso arenoso con un 21% está compuesto por arcilla, formado principalmente por silicato de aluminio hidratado, formado por partículas pequeñas muy cohesivas que retienen una gran cantidad de agua, transformándose en un tipo jabonoso, plástico y resbaladizo al humedecerse sin suelos impermeables (Sanchoyarto, 2017) y con 17% podemos encontrar al suelo de textura arenoso franco que suele ser un suelo uniforme, blando utilizado para la agricultura.

Figura 11

Clasificación de la textura de los suelos del río Pumacunchi (3000 a 3200m.s.n.m.)



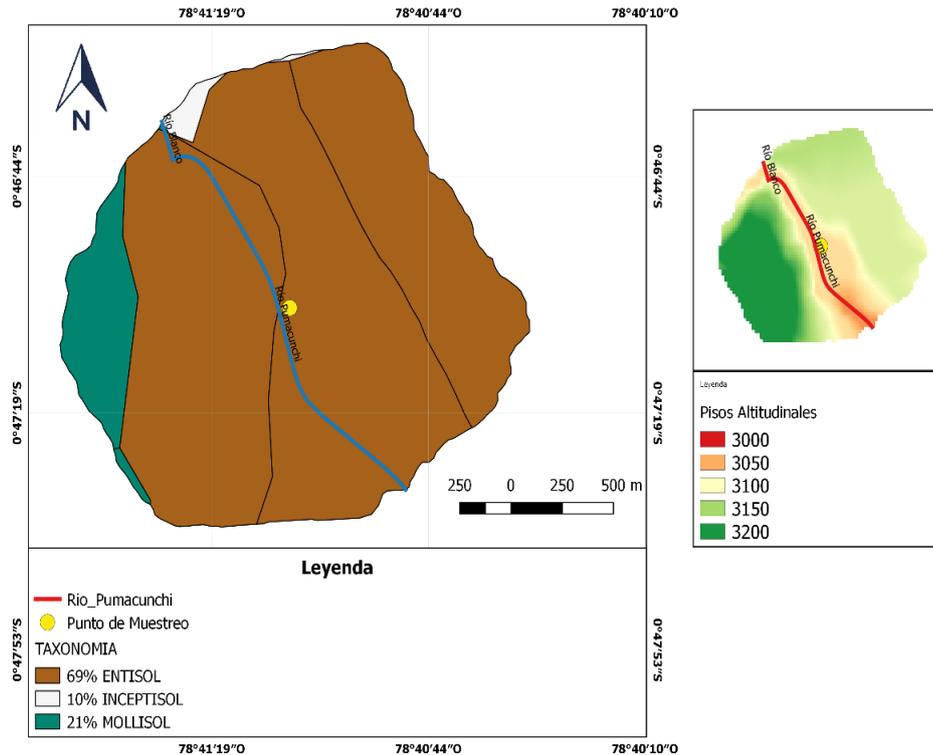
Nota. Textura del suelo del piso altitudinal de 3000 a 3200 m.s.n.m., realizado en el software QGIS 2.18. Adaptado de (MAGAP, 2016).

11.1.8 Taxonomía de suelos

El piso altitudinal comprendido entre los (3000 y 3200 m.s.n.m.) cuenta con tres tipos de suelos en el cual predominantemente podemos encontrar al Entisol con un 69% de la totalidad del área de estudio, son suelos minerales derivados tanto de los materiales aluviónicos como residuales, de textura moderadamente gruesa a fina, de topografía variada entre plana a extremadamente empinada como el segundo orden predominante encontramos al Molisol sin suelos superficiales, moderadamente profundos, desarrollados de materiales volcánicos y sedimentación, tiene horizontes superficiales oscurecidos dotados suficientemente de bases, principalmente Ca y Mg, presentan una topografía que varía entre ligeramente a extremadamente empinada según el sitio web Oas (2016) con considerable materia orgánica y apto para la producción agrícola, En tercer orden encontramos con un 10% al Inceptisol mismo que nace de las cenizas volcánicas son considerablemente profundos y de querada de plana a quebrada, presentan perfiles de formación incipiente y un horizonte cámbrico.

Figura 12

Clasificación de la taxonomía del río Pumacunchi (3000 a 3200 m.s.n.m.)



Nota. Taxonomía del suelo del piso altitudinal de 3000 a 3200 m.s.n.m., realizado en el software QGIS 2.18. Adaptado de (SIGAGRO, 2003)

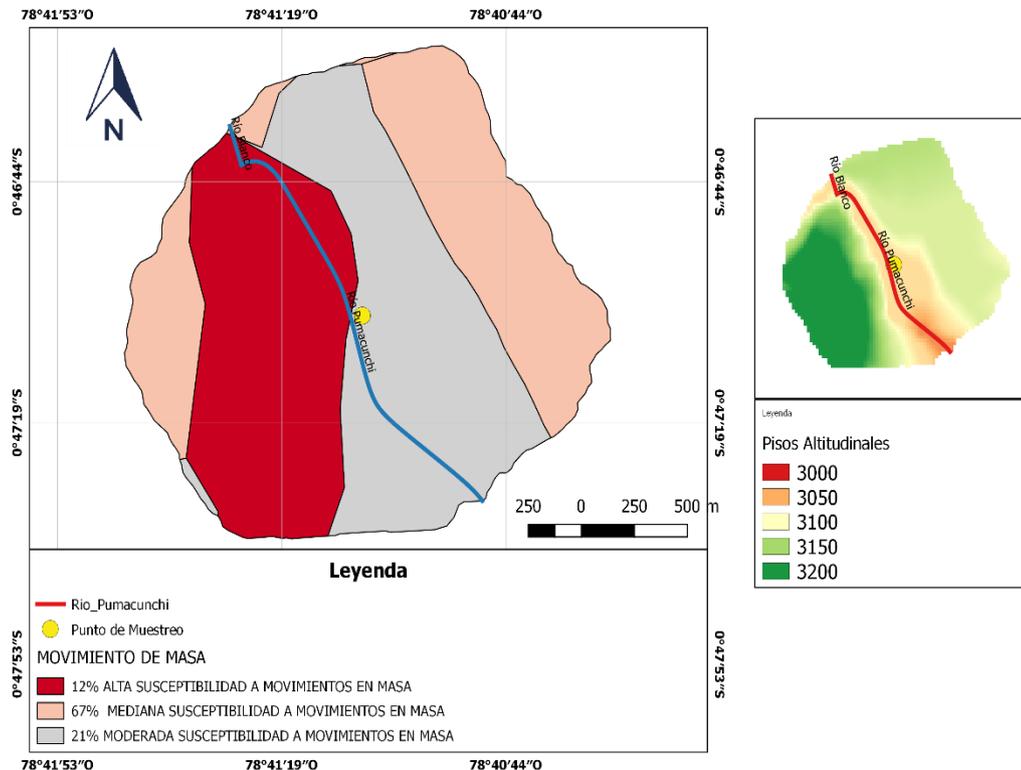
11.1.9 Movimiento de masa

Los movimientos en masa comúnmente vienen a ser escombros, masas de roca o tierra a lo largo de una ladera, algunos son lentos, pequeños e imperceptibles, en tanto otros involucran grandes volúmenes de material y alcanzan altas velocidades con un gran poder destructivo tal menciona Aristizábal (2010) en el estudio de movimientos en masa detonados por lluvias.

En el área de estudio del piso altitudinal de 3000 a 3200 se puede evidenciar movimientos en masa en el cual se evidencia un 12% de alta susceptibilidad a movimientos en masa, un 67% de mediana susceptibilidad a movimientos en masa y un 21% de moderada susceptibilidad a movimientos en masa, esto quiere decir que según Trujillo y Valencia (2016) en la susceptibilidad mediana existen laderas muy inclinadas a abruptas con el 67% y en la susceptibilidad alta se consideran zonas de ladera abruptas a escarpadas con el 12% y la parte moderada del 21% condicionaría la posibilidad de ocurrencia de procesos de movimientos en masa tales como rotacionales, traslaciones, presencia de procesos erosivos como surcos y cárcavas.

Figura 13

Movimientos de masa del río Pumacunchi (3000 a 3200 m.s.n.m.)



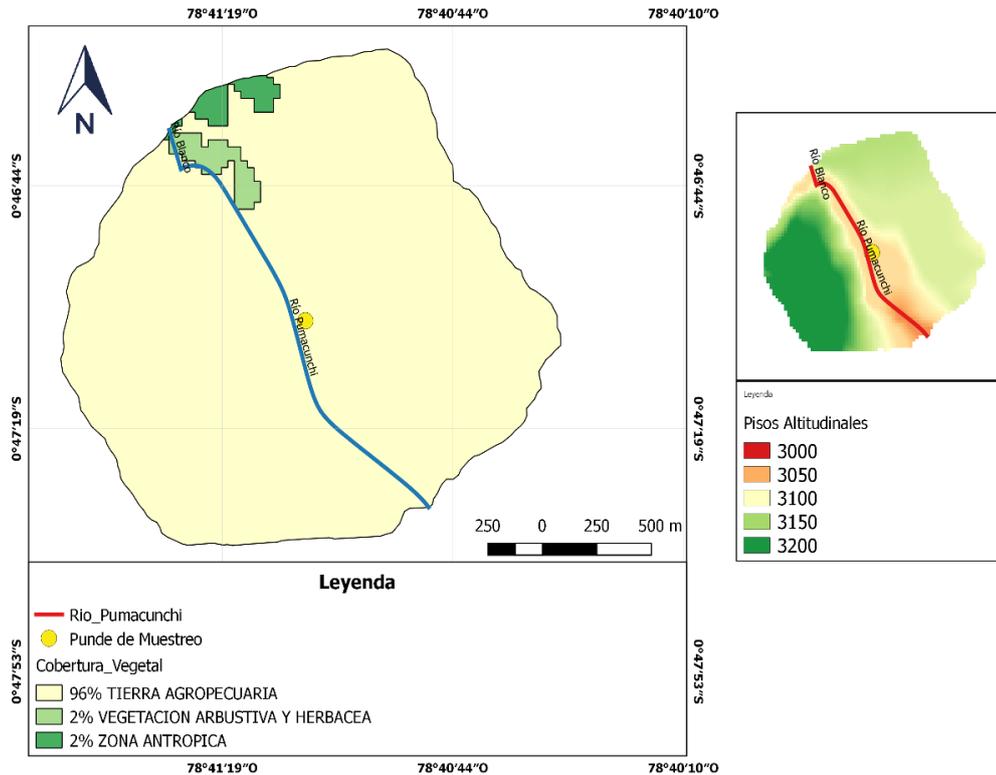
Nota. Movimientos de masa del piso altitudinal de 3000 a 3200 m.s.n.m., realizado en el software QGIS 2.18. Adaptado de (MAGAP, 2005).

11.1.10 Cobertura vegetal

La cobertura vegetal en el área de estudio se evidencia que el 96% pertenece a tierra agropecuaria, 2% vegetación arbustiva y herbácea por último con un 2% zona antrópica, teniendo en cuenta que existe su piso altitudinal entre los 3000 y 3200 m.s.n.m. mismo en que la cobertura vegetal se ve predominada por tierra agropecuaria esto quiere decir que, existe una alta demanda de cultivo, pero a su vez es mínimo el porcentaje de vegetación arbustiva y herbácea debido a la destrucción de estos, a su vez también es mínima la zona antrópica debido a que las personas influyen muy poco en la zona.

Se tiene en cuenta que debido al alto porcentaje de tierra agropecuaria el arsénico concentrado influye mucho ya que según Biblioteca de Chile (1998) el efecto principal del arsénico en las plantas aparece en la destrucción de la clorofila en el follaje como una consecuencia de inhibición de producción de enzimas.

Figura 14
Cobertura vegetal del río Pumacunchi (3000 a 3200 m.s.n.m.)



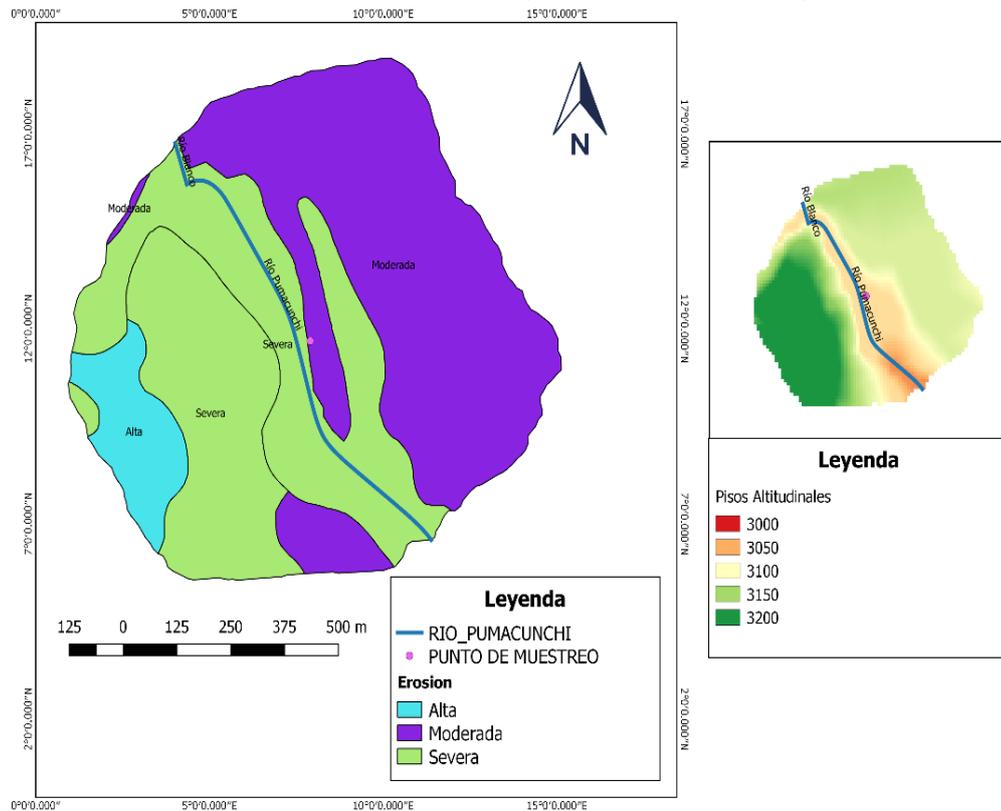
Nota. Cobertura vegetal del piso altitudinal de 3000 a 3200 m.s.n.m., realizado en el software QGIS 2.18. Adaptado de (MAGAP, 2016)

11.1.11 Susceptibilidad de erosión

Según el autor Novais (2011) la erosión del suelo comprende diversos tipos de remoción, arranque y transporte de materiales que constituyen la capa más superficial del suelo por diversos agentes como agua, viento hielo o actividades humanas, esto puede derivar en efectos directos sobre la degradación del suelo en campos de cultivo, además de efectos erosión, tales como arrebataamiento de embalses o acumulación de sedimentos en infraestructuras residenciales y viales. Dentro de los límites del piso altitudinal (3000 a 3200m.s.n.m.) podemos denotar que el área de estudio presenta un 11.2% en áreas altamente susceptibles a la erosión seguido por un 41.3% moderada y hallando un 47.5% de área severamente susceptible a la erosión del suelo mismo que deriva en un movimiento y transporte de material. El arsénico es un elemento pesado el cual podemos encontrarlo ampliamente distribuido alrededor del ambiente, hallándose principalmente de forma trivalente en forma inorgánica, siendo una de sus principales fuentes de exposición el agua y los alimentos.

Figura 15

Susceptibilidad de Erosión del río Pumacunchi (3000 a 3200 m.s.n.m)



Nota. Susceptibilidad de erosión del piso altitudinal de 3000 a 3200 m.s.n.m., realizado en el software QGIS 2.18. Adaptado de (MAGAP, 2003)

11.2 Concentración de arsénico y parámetros fisicoquímicos presentes en el recurso hídrico del río Pumacunchi

11.2.1 Criterios de calidad de agua para consumo y uso agrícola

Una vez realizado el muestreo y levantado las diferentes muestras en el río Pumacunchi, estas fueron sometidas a un previo análisis en el laboratorio para obtener como resultado diferentes parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, los cuales se compararon con los criterios de calidad para consumo humano establecido por la norma técnica ecuatoriana INEN 1108 y los criterios de calidad para uso agrícola establecidos por el Acuerdo Ministerial N°097A, esto con el fin de determinar el cumplimiento de los criterios mencionados en los meses de enero, abril con todos los parámetros.

Tabla 7*Criterios de calidad de aguas de riego agrícola y consumo humano para el mes de enero*

Parámetros	Simbología	Unidad	Resultados laboratorio	LMP (Acuerdo ministerial 097)	Cumple o no (Acuerdo ministerial 097A)	Requisitos fisicoquímicos del agua para consumo humano (INEN)	Cumple o no (INEN)
Potencial hidrogeno	pH	pH	8,41	6 – 9	Si	6,5 – 8,0	No
Arsénico	As	mg/L	0,050848	0,1	Si	0,01	No
Manganeso	Mn	mg/L	0,034	0,2	Si	-	-
Sulfatos	SO4	mg/L	14,58	250	Si	-	-
Oxígeno Disuelto	OD	mg/L	6,68	3	No	-	-
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100 ml	2400	1000	No	-	-

Nota. Evaluación y comparativa de parámetros físico-químicos correspondientes al mes de enero.

11.2.2 Análisis de criterios de calidad para consumo humano (enero)

Según los resultados del laboratorio, del río Pumacunchi en los parámetros potencial hidrogeno (pH) y arsénico (As) del mes de enero que se muestra en la (Tabla 7) estos detallan que sobrepasan los límites máximos permisibles, ya que se realizó la comparación con los requisitos fisicoquímicos del agua para consumo humano, con la comparación se determinó que los dos parámetros mencionados no cumplen con la normativa técnica ecuatoriana INEN 1108.

11.2.3 Análisis de criterios de calidad de agua para uso agrícola (enero)

Según los resultados del laboratorio, del río Pumacunchi en los parámetros oxígeno disuelto (OD) y coliformes fecales (NMP) del mes de enero que se muestra en la (Tabla 7) estos detallan que sobrepasan los límites máximos permisibles, ya que se realizó la comparación con los criterios de calidad para agua de riego y uso agrícola del Acuerdo ministerial 097-A, con la comparación se determinó que los dos parámetros mencionados no cumplen con los límites máximos permisibles acuerdo ministerial 097A.

Tabla 8*Criterios de calidad de aguas de riego agrícola y consumo humano para el mes de abril*

Parámetros	Simbología	Unidad	Resultados laboratorio	LMP (Acuerdo ministerial 097)	Cumple o no (Acuerdo ministerial 097A)	Requisitos fisicoquímicos del agua para consumo humano (INEN)	Cumple o no (INEN)
Potencial hidrogeno	Ph	pH	7,81	6 – 9	Si	6,5 – 8,0	Si
Arsénico	As	mg/L	0,47509	0,1	No	0,01	No
Manganeso	Mn	mg/L	0,237	0,2	No	-	-
Sulfatos	SO4	mg/L	0,00	250	-	-	-
Oxígeno Disuelto	OD	mg/L	7,03	3	No	-	-
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100 ml	1,6E+05	1000	No	-	-

Nota. Evaluación y comparativa de parámetros físico-químicos correspondientes al mes de abril.

11.2.4 Análisis de criterios de calidad para consumo humano (abril)

Según los resultados del laboratorio, del río Pumacunchi el parámetro arsénico analizado del mes de abril que se muestra en la (Tabla 8) sobrepasa los límites máximos permisibles tomando en cuenta que los demás parámetros no tienen datos por la NTE INEN, se realizó la comparación con los requisitos fisicoquímicos del agua para consumo humano, con la comparación se determinó que el parámetro arsénico no cumple con la normativa técnica ecuatoriana INEN 1108.

11.2.5 Análisis de criterios de calidad de agua para uso agrícola (abril)

Según los resultados del laboratorio, del río Pumacunchi los parámetros analizados del mes de abril que se muestra en la (Tabla 8) estos detallan que sobrepasan los límites máximos permisibles excepto el potencial hidrogeno (pH), ya que se realizó la comparación con los criterios de calidad para agua de riego y uso agrícola del Acuerdo ministerial 097-A, con la comparación se determinó que todos los parámetros con excepción del potencial hidrógeno (pH) no cumplen con los límites máximos permisibles del acuerdo ministerial 097A.

Tabla 9

Criterios de calidad de aguas de riego agrícola y consumo humano para el mes de mayo (Arsénico)

Parametros	Simbologia	Unidad	Resultados laboratorio	LMP (Acuerdo ministerial 097)	Cumple o no (Acuerdo ministerial 097A)	Requisitos fisicoquimicos del agua para consumo humano (INEN)	Cumple o no (INEN)
Arsénico	As	mg/L	0,17424	0,1	No	0,01	No

Nota. Evaluación y comparativa de arsénico correspondiente al mes de mayo.

11.2.6 Análisis de criterios de calidad para consumo humano

Según los resultados del laboratorio, del río Pumacunchi el parámetro arsénico analizado del mes de mayo que se muestra en la (Tabla 9) este detalla que sobrepasa los límites máximos permisibles, se realizó la comparación con los requisitos fisicoquímicos del agua para consumo humano y mediante esta comparación se determinó que el parámetro arsénico no cumple con la normativa técnica ecuatoriana INEN 1108. Se realizó un análisis más en el laboratorio LANCAS para poder ver la concentración de arsénico un mes más, además, de poder corroborar que existe una cantidad de arsénico (As) que existe en el río Pumacunchi por parte de los requisitos fisicoquímicos del agua para consumo humano.

11.2.7 Análisis de criterios de calidad de agua para uso agrícola

Según los resultados del laboratorio, del río Pumacunchi el parámetro de arsénico (As) del mes de mayo que se muestra en la (Tabla 9), este detalla que sobrepasa los límites máximos permisibles, se realizó la comparación con los criterios de calidad para agua de riego y uso agrícola del Acuerdo ministerial 097-A y mediante esta comparación se determinó que el parámetro arsénico (As) no cumple con los límites máximos permisibles del acuerdo ministerial 097A. Se realizó un análisis más en el laboratorio LANCAS para poder ver la concentración de arsénico un mes más, además, de poder corroborar que existe una cantidad de arsénico (As) existente en el río Pumacunchi por parte de los criterios de calidad de agua para uso agrícola.

11.3 Lineamiento Individual de los parámetros físico-químicos obtenidos

11.3.1 Arsénico

Los resultados arrojados por parte del laboratorio en análisis de arsénico, perteneciente

al mes de enero reflejaron una concentración de 0.050848 mg/L, mientras que para el mes de abril este reflejo un descenso en su concentración arrojando un resultado de 0.047509 mg/L y por último durante el mes de mayo se reflejó una concentración de 0,17424 mg/L. Estos resultados fueron comparados con los criterios de calidad acorde al acuerdo ministerial 097-A mismo que expresa que dicho parámetro debe tener una concentración máxima de 0,1 mg/L, para agua de riego, mientras que la norma técnica ecuatoriana INEN 1108 propone que la concentración máxima no debe exceder los 0.01 mg/L para consumo humano. Los diferentes resultados reflejan que en el mes de enero si se cumple con los criterios y límites máximos permisibles únicamente para el uso de riego, mientras que para el mes de abril y mayo estos superan el rango establecido en el acuerdo ministerial y la norma técnica. Los aumentos paulatinos de la concentración de arsénico pueden ser causados por una variedad de factores tanto ambientales como sociales, una de ellas es la precipitación y la línea de tiempo en las cuales se tomaron las muestras. Según Farfán (2018) la precipitación o lluvia en el Ecuador corresponde a dos estaciones climáticas definidas las cuales conocemos como invierno y verano mismas que tienen una distribución especial durante los meses del año presenta de esta manera un invierno más leve en los meses de octubre a inicios de diciembre y un invierno más intenso durante los meses de febrero a mayo. Esto puede explicar el paulatino aumento en las concentraciones debido al aumento de erosión en las rocas volcánicas y acumulación en aguas subterráneas.

11.3.2 pH

Según los análisis realizados para el Potencial hidrogeno, mismos que fueron comparados con los parámetros establecidos en el Acuerdo Ministerial 097-A cuya tolerancia va desde los 6 hasta los 9 grados de acidez, los valores correspondientes a los meses de enero y abril con un promedio de 8,41, se puede definir que ambos se encuentran dentro de los Límites Máximos permisibles.

Según Carbotecnia (2022), “El pH se puede ver afectado por muchos factores tanto naturales, así como a las veces producidas por el ser humano. Muchos de estos cambios naturales ocurren a través de interacciones con minerales y metales circundantes” (párr. 8).

11.3.3 Sulfatos

Los resultados obtenidos tras el análisis de este recurso fueron comparados con el Acuerdo Ministerial 097-A, el cual describe una tolerancia máxima de 250mg/L, durante el mes de enero se obtuvo un resultado de 14,58 mg/L, mismo que se encuentra por debajo de los

límites máximos permisibles. Según D'angelo (2017), se puede encontrar sulfatos en casi todas las aguas de origen natural, la mayoría de compuestos de sulfatos es la oxidación de minerales de sulfito o también puede producirse debido a la producción de desechos industriales. Las rocas que contienen minerales se ven erosionadas derivado de aguas subterráneas, así como la precipitación provocando que se disuelvan en el agua como ejemplo mineral podemos encontrar al sulfato de calcio mejor conocido como yeso, si se consume agua con altos niveles de sulfatos se puede experimentar deshidratación y diarrea.

11.3.4 Oxígeno Disuelto

Los resultados obtenidos para el parámetro de Oxígeno disuelto en el laboratorio para los distintos meses fueron: En enero 6.68 mg/L para el mes de y para el mes de abril 7,03 mg/L, mismos que durante la comparativa de acuerdo al Acuerdo Ministerial 097-A sobrepasan el límite máximo establecido (3mg/L), la contracción elevada de este parámetro se deriva de diversos factores como la oxigenación debido al viento, movimiento hídrico y en mediada a la fotosíntesis de las distintas plantas acuáticas.

El oxígeno disuelto hace referencia a la cantidad de oxígeno gaseoso que está en el agua, mismo que es fundamental para la vida de los organismos que se desarrollan en ella, debido a esto es considerado un indicador de capacidad para mantener la vida acuática.

11.3.5 Coliformes fecales

Los análisis de el parámetro coliformes fecales en el recurso hídrico correspondientes al mes de enero mostraron un conteo de 2400 NMP/100 ml, y para el mes de abril un conteo de 160000/100 ml, ambos sobrepasan el límite máximo establecido en el Acuerdo Ministerial 097-A (100 NMP/100 ml), Evidenciando que el recurso hídrico tiene una muy alta concentración de coliformes fecales, esta contaminación puede ser derivada de distintos factores como aguas residuales arrojadas directamente al río, la presencia de mayor cantidad de personas que hacen uso de un sistema de alcantarillado i por defecto de un pozo séptico así como una presencia alta de industrias, por ultimo también puede derivarse de la presencia de ganado que se ubica a las orillas del río mismos que depositan sus desechos aledaña o directamente en el recurso hídrico.

Según Microlab (2017) los coliformes fecales pueden entenderse como organismos coliformes que fermentan la lactosa a 44-45°C Incluyendo bacterias del género *Escherichia* y también *Klebsiella*, *Enterobacter* y *Citrobacter*, de origen frecuentemente fecal, las pruebas de coliformes sin suficientemente sencillas para evaluar la contaminación fecal de aguas y alimento.

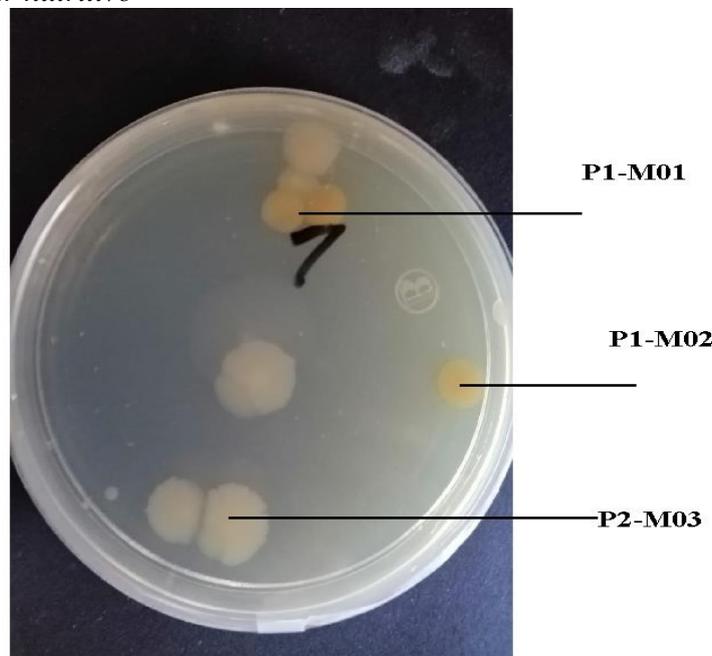
11.4 Establecer el aislamiento microbiológico en concentraciones de arsénico en el agua a una elevación de 3090 m.s.n.m.

11.4.1 Crecimiento de bacterias en enero.

A continuación, en la figura 16 podemos observar la caja o muestra madre de las colonias microbianas que proliferaron a partir de la siembra en agar nutritivo (30ml de medio de cultivo) proveniente de aguas del río Pumacunchi durante un tiempo de incubación de 72 horas, de la caja madre se seleccionaron tres colonias para el re inoculación de colonias en agar selectivo para de esta manera aislar a los posibles microorganismos.

Figura 16

Muestra madre en Agar nutritivo



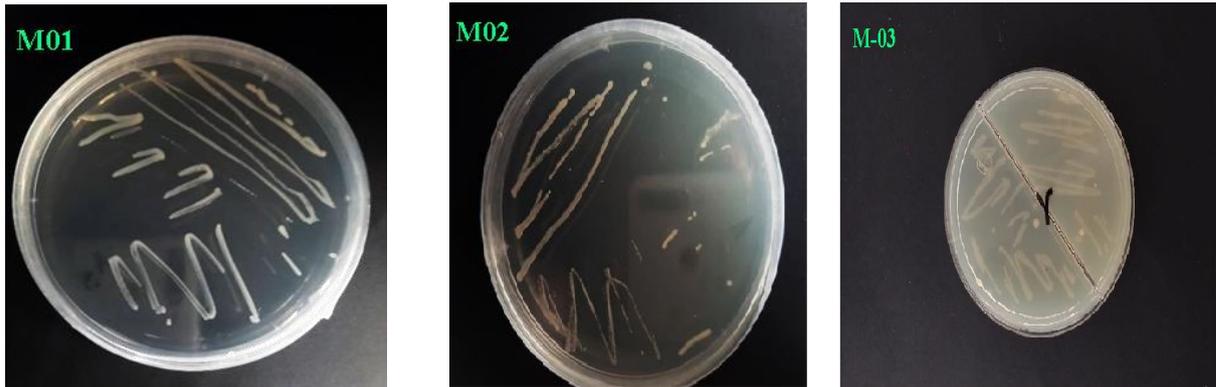
Nota. Microorganismos cultivados en Agar nutritivo.

11.4.2 Aislamiento de bacterias por estrías

Posteriormente las tres colonias bacterianas que fueron seleccionadas de la muestra madre fueron aisladas mediante la técnica de cultivo por estrías en agar nutritivo (30 ml) por el lapso de 24 horas.

Figura 17

Aislamiento de bacterias por método de estrías



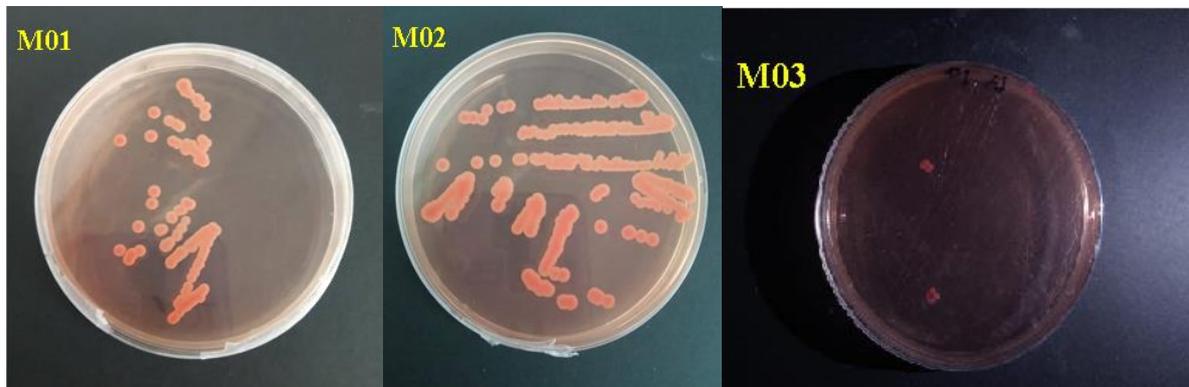
Nota. Microorganismos aislados por método de estrías en Agar nutritivo.

11.4.3 Aislamiento de bacterias por estrías (Agar MacConkey)

Las tres colonias bacterianas seleccionadas y aisladas previamente en Agar nutritivo (M01, M02, M03) fueron trasladadas al medio de crecimiento selectivo Agar macConkey (30 ml por caja) este se proliferó por un lapso de 24 horas. “En este medio crecerán todos los organismos de la familia Enterobacteriaceae y varios bacilos gram negativos, por ejemplo, Pseudomonas y otros géneros relacionados” (BD, 2014)

Figura 18

Aislamiento de bacterias en Agar MacConkey



Nota. Microorganismos aislados por método de estrías en Agar MacConkey.

11.4.4 Tinción de Gram

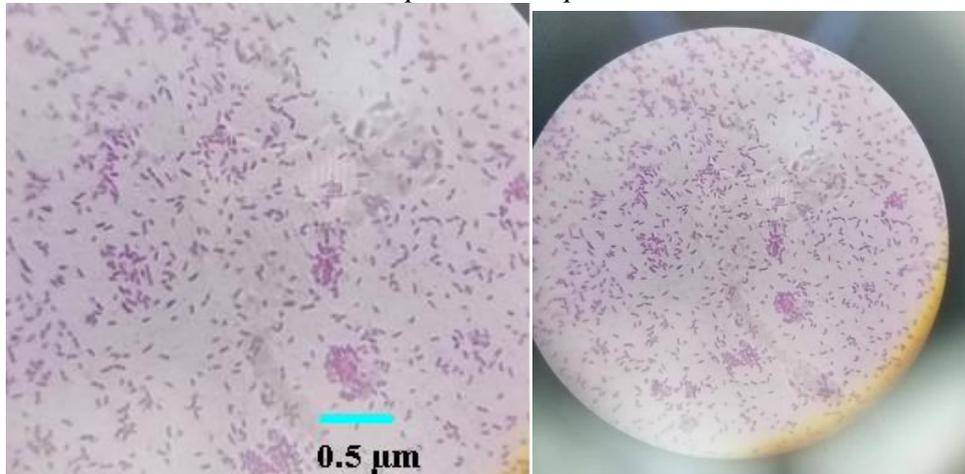
Posteriormente a la selección de bacterias que proliferaron en el Agar MacConkey se procedió a realizar un frotis de microorganismos los cuales fueron fijados en el portaobjetos para ser expuestos a diferentes colorantes orgánicos los cuales fueron: azul de metileno, lugol, alcohol y safranina.

Según Rodríguez (2017) la tinción de Gram diferencia a las bacterias en dos grandes grupos. Gram positivas a aquellas que retiene la tinción azul y bacterias Gram negativa a aquellas que absorben el tinte safranina, esto debido a la estructura de su pared celular de ambos tipos bacterianos.

Figura 19*Bacterias sometidas al proceso de tinción de Gram*

Nota. Microorganismos sometidos al proceso de tinción de Gram.

11.4.4.1 Observación microscópica P-M01. Posteriormente al proceso de tinción se procedió a la observación de los microorganismos con la ayuda de un microscopio óptico a 100x, los cuales fueron analizados estructuralmente.

Figura 20*Observación de coloración de bacterias posterior al proceso de tinción de Gram P-M01*

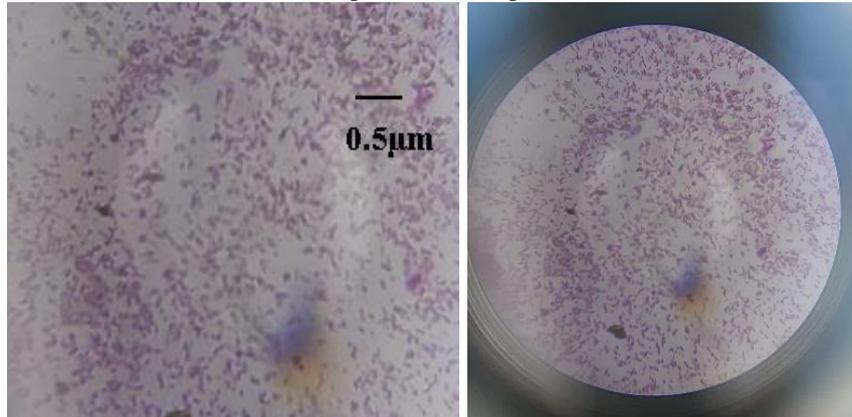
Nota. Microorganismos sometidos a observación posterior al proceso de tinción de Gram (Placa P1-M01).

11.4.5 Resultados de la muestra P1-M01

- Bacilos
- Bacterias Gram negativas (presencia de lugól y coloración en la pared celular)
- Colonias de • $\sim 1,0 \times 1-5$ micra
- Bacilos reunidos formando diplococos o en cadenas de estreptococos

Figura 21

Observación de coloración de bacterias posterior al proceso de tinción de Gram P-M02



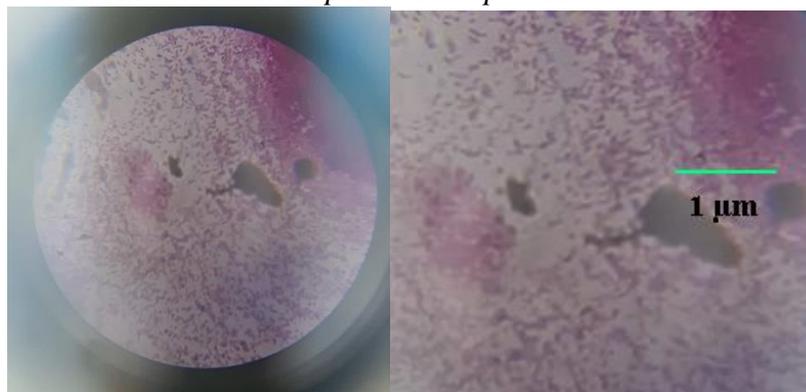
Nota. Microorganismos sometidos a observación posterior al proceso de tinción de Gram (Placa P-M02),

11.4.6 Resultados de la muestra P1-M02

- Bacilos
- Bacterias Gram negativas (presencia de lugól y coloración en la pared celular)
- Colonias de • ~ 1,0 x 1-5 micra
- Lactosa
- Bacilos reunidos formando diplococos o en cadenas de estreptococos

Figura 22

Observación de coloración de bacterias posterior al proceso de tinción de Gram P-M03



Nota. Microorganismos sometidos a observación posterior al proceso de tinción de Gram (Placa P-M03).

11.4.7 Resultados de la muestra P1-M03

- Bacilos ~ 0.5 y 3 micra
- Morfología y agrupación empanizada
- Bacterias Gram negativas (presencia de lugól y coloración en la pared celular)

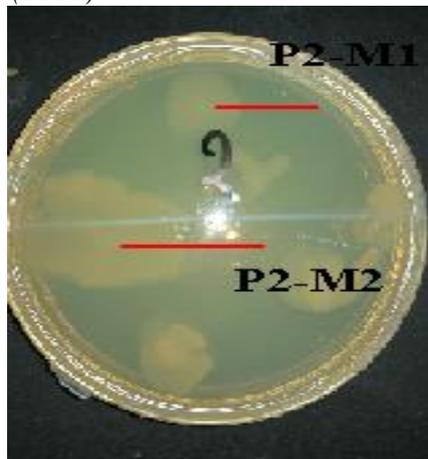
- Colonias de • $\sim 1,0 \times 1-5$ micra
- Lactosa
- Bacilos reunidos formando diplococos o en cadenas de estreptococos

11.4.8 Crecimiento bacteriano en abril

En la figura 24 podemos divisar la caja madre de los microorganismos que proliferaron a partir de la siembra en Agar nutritivo (30 ml), provenientes del agua del río Pumacunchi durante el mes de abril durante un lapso de 48 horas en el cual se seleccionó dos colonias bacterianas para el consiguiente aislamiento, análisis y siembra de los posibles microorganismos.

Figura 23

Caja madre en Agar Nutritivo (abril)



Nota. Microorganismos cultivados en Agar nutritivo (abril).

11.4.8.1 Aislamiento de Bacterias por Estrías. Posteriormente las tres colonias bacterianas que fueron seleccionadas de la muestra madre fueron aisladas mediante la técnica de cultivo por estrías en agar nutritivo (30 ml) por el lapso de 24 horas.

Figura 24

Aislamiento de bacterias por método de estrías (abril)

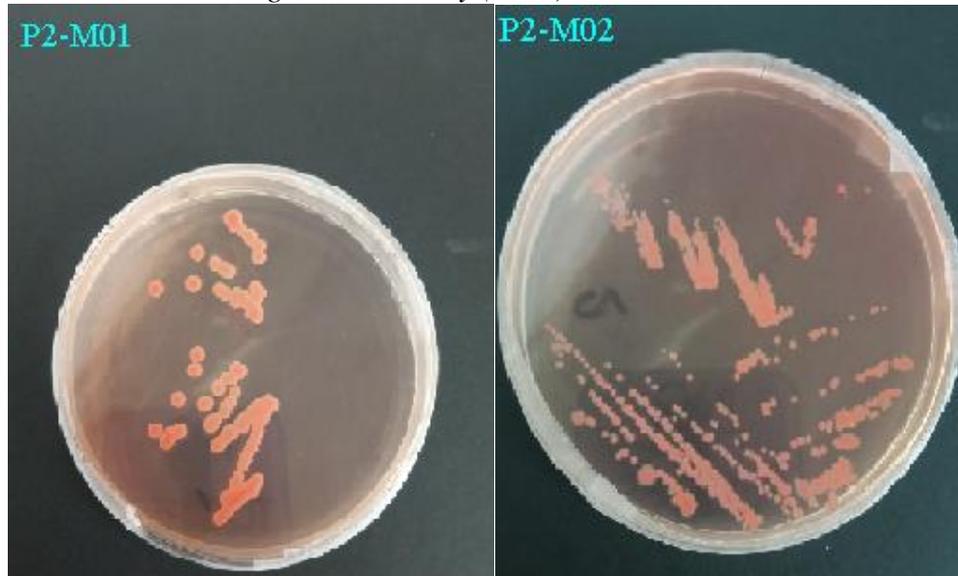


Nota. Microorganismos aislados por método de estrías en Agar nutritivo.

11.4.8.2 Aislamiento de Bacterias por Estrías. Las colonias previamente seleccionadas provenientes del aislamiento en Agar nutritivo fueron trasladadas al medio inhibidor Agar MacConkey mismas que fueron dejadas en reposo por 24 horas.

Figura 25

Aislamiento de bacterias en Agar MacConkey (abril)



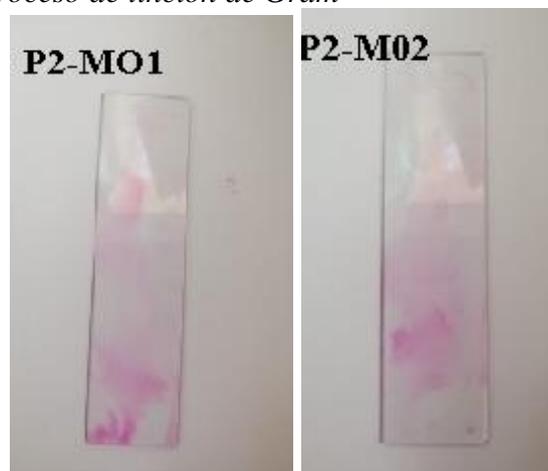
Nota. Microorganismos aislados por método de estrías en Agar MacConkey.

11.4.9 Tinción de Gram

Posteriormente a la selección de bacterias que proliferaron en el Agar MacConkey se procedió a realizar un frotis de microorganismos los cuales fueron fijados en el portaobjetos para ser expuestos a diferentes colorantes orgánicos los cuales fueron: azul de metileno, lugol, alcohol y safranina.

Figura 26

Bacterias sometidas al proceso de tinción de Gram

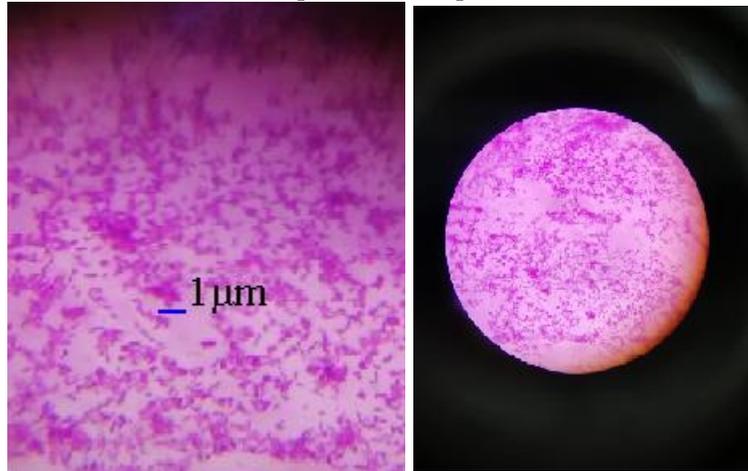


Nota. Microorganismos sometidos al proceso de tinción de Gram

11.4.9.1 Observación microscópica P2-M01. Posteriormente al proceso de tinción se procedió a la observación de los microorganismos con la ayuda de un microscopio óptico a 100x, los cuales fueron analizados estructuralmente.

Figura 27

Observación de coloración de bacterias posterior al proceso de tinción de Gram P-M01



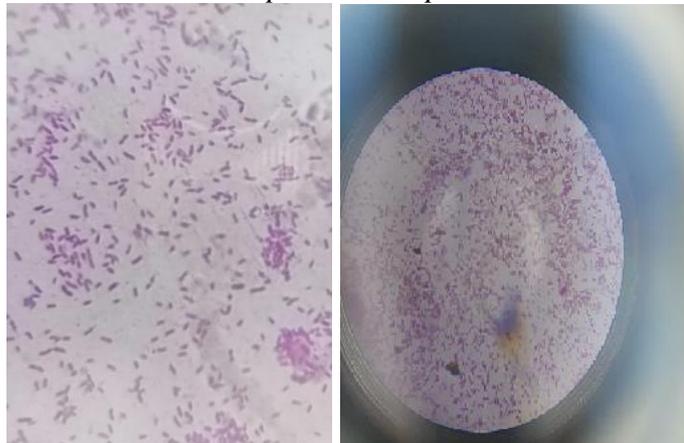
Nota. Microorganismos sometidos a observación posterior al proceso de tinción de Gram (Placa P1-M01).

11.4.10 Resultados de la muestra P2-M01

- Bacilos
- Bacterias Gram negativas (presencia de lugól y coloración en la pared celular)
- Colonias de • ~ 1,0 x 1-5 micra
- Bacilos reunidos formando diplococos o en cadenas de estreptococos

Figura 28

Observación de coloración de bacterias posterior al proceso de tinción de Gram P2-M02



Nota. Microorganismos sometidos a observación posterior al proceso de tinción de Gram (Placa P-M02).

11.4.11 Resultados de la muestra P1-M02

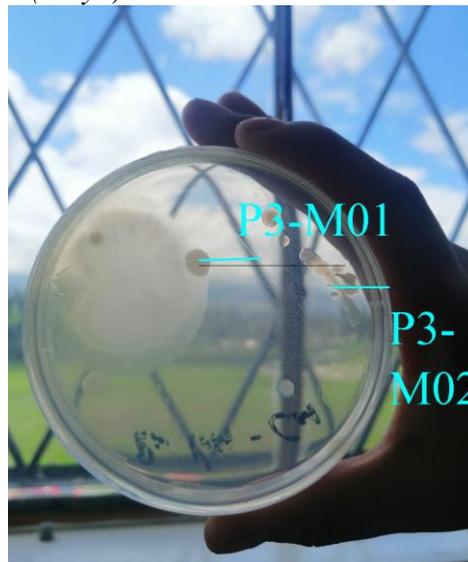
- Bacilos
- Bacterias Gram negativas (presencia de lugól y coloración en la pared celular)
- Colonias de • ~ 1,0 x 1-5 micra
- Lactosa
- Bacilos reunidos formando diplococos o en cadenas de estreptococos

11.4.12 Crecimiento bacteriano en mayo

En la figura 30 podemos divisar la caja madre de los microorganismos que proliferaron a partir de la siembra en Agar nutritivo (30 ml), provenientes del agua del río Pumacunchi durante el mes de mayo durante un lapso de 24 horas en el cual se seleccionó dos colonias bacterianas para el consiguiente aislamiento, análisis y siembra de los posibles microorganismos.

Figura 29

Caja madre en Agar Nutritivo (mayo)

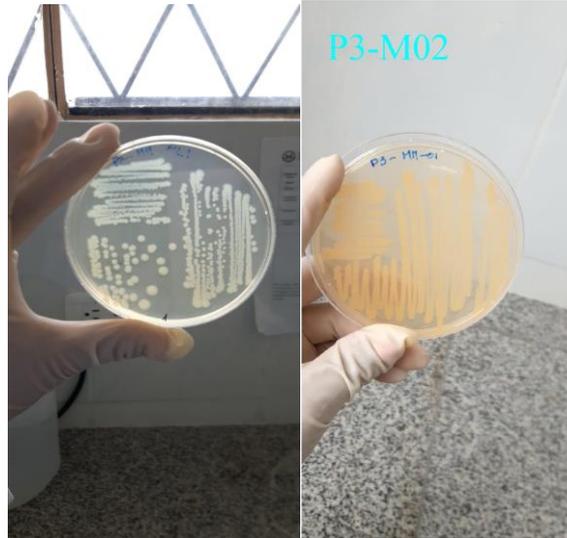


Nota. Microorganismos cultivados en Agar nutritivo (abril).

11.4.12.1 Aislamiento de Bacterias por Estrías. Posteriormente las dos colonias bacterianas que fueron seleccionadas de la muestra madre fueron aisladas mediante la técnica de cultivo por estrías en agar nutritivo (30 ml) por 24 horas.

Figura 30

Aislamiento de bacterias por método de estrías (mayo)

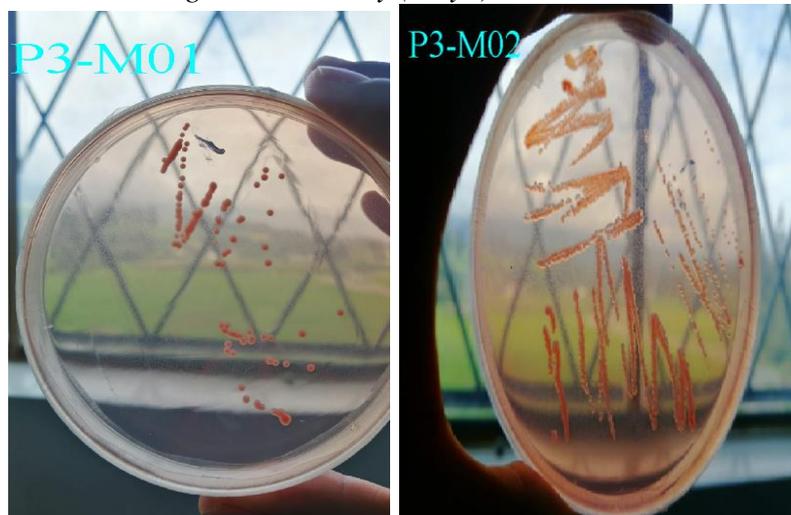


Nota. Microorganismos aislados por método de estrías en Agar nutritivo.

11.4.12.2 Aislamiento de Bacterias por Estrías. Las colonias previamente seleccionadas provenientes del aislamiento en Agar nutritivo fueron trasladadas al medio selectivo Agar MacConkey mismas que fueron dejadas en reposo por 24 horas.

Figura 31

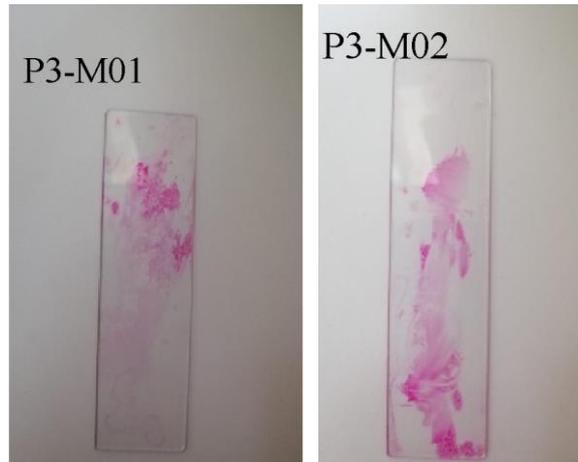
Aislamiento de bacterias en Agar MacConkey (mayo)



Nota. Microorganismos aislados por método de estrías en Agar MacConkey.

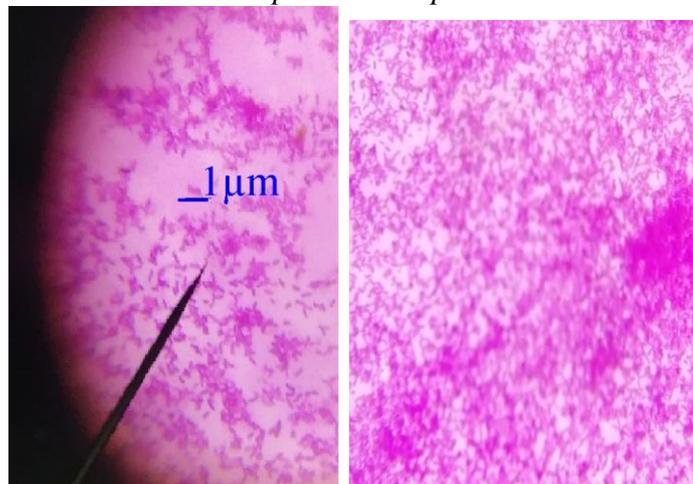
11.4.13 Tinción de Gram

Posteriormente a la selección de bacterias que proliferaron en el Agar MacConkey se procedió a realizar un frotis de microorganismos los cuales fueron fijados en el portaobjetos para ser expuestos a diferentes colorantes orgánicos los cuales fueron: azul de metileno, lugol, alcohol y safranina.

Figura 32*Bacterias sometidas al proceso de tinción de Gram*

Nota: Microorganismos sometidos al proceso de tinción de Gram.

11.4.13.1 Observación microscópica P3-M01. Posteriormente al proceso de tinción se procedió a la observación de los microorganismos con la ayuda de un microscopio óptico a 100x, los cuales fueron analizados estructuralmente.

Figura 33*Observación de coloración de bacterias posterior al proceso de tinción de Gram P-M01*

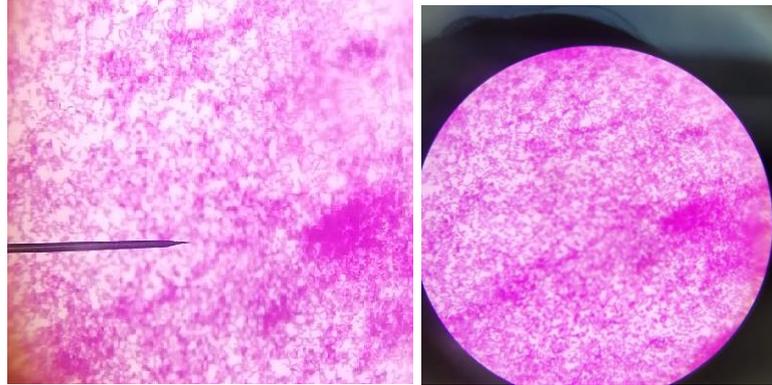
Nota: Microorganismos sometidos a observación posterior al proceso de tinción de Gram (Placa P3-M01).

11.4.14 Resultados de la muestra P2-M01

- Bacilos
- Bacterias Gram negativas (presencia de lugól y coloración en la pared celular)
- Colonias de • $\sim 1,0 \times 1-5$ micra
- Bacilos reunidos formando diplococos o en cadenas de estreptococos

Figura 34

Observación de coloración de bacterias posterior al proceso de tinción de Gram P3-M02



Nota: Microorganismos sometidos a observación posterior al proceso de tinción de Gram (Placa P-M02).

11.4.15 Resultados de la muestra P1-M02

- Bacilos
- Bacterias Gram negativas (presencia de lugól y coloración en la pared celular)
- Colonias de • ~ 1,0 x 1-5 micra
- Lactosa
- Bacilos reunidos formando diplococos o en cadenas de estreptococos

11.5 Discusión de resultados microbiológicos

Apoyados en los distintos estudios y análisis de laboratorio tanto a nivel local en las instalaciones de la institución como en laboratorios privados, se pudo aislar e identificar bacterias basados en distintas características morfológicas como forma y estructura basado en procesos de medios de crecimiento y tinción de Gram para determinar la presencia de tipo de bacterias presentes en el recurso hídrico del río Pumacunchi podemos determinar que: Los resultados en la totalidad de las muestras (P1-M01; P2-M02; P1-M03) proliferaron colonias de color crema amarillento dentro del medio nutritivo. Posteriormente las colonias bacterianas aisladas en el medio selectivo Agar MacConkey y sometidas a tinción de Gram presentaron una coloración rojiza producida por la absorción del lugol dentro de su pared celular. Según Rodríguez (2017) la tinción de Gram diferencia a las bacterias en dos grandes grupos. Gram positivas a aquellas que retiene la tinción azul y bacterias Gram negativa a aquellas que absorben el tinte safranina, esto debido a la estructura de su pared celular de ambos tipos bacterianos.

Tras la observación microscópica podemos identificar bacilos que al tinturarse rojizos

podemos definirlos como (bacilos Gram negativos) Según Larry, (2020) los bacilos gramnegativos son los causantes de un gran número de enfermedades Algunos de los microorganismos se hallan presentes en la flora intestinal normal, proveniente de animales o del medio ambiente, las diarreas, peritonitis, infecciones urinarias e infecciones bacteriémicas están causadas con frecuencia por este tipo de microorganismos. Posteriormente al aislamiento e identificación de microorganismos que crecieron en las muestras del recurso hídrico del río Pumacunchi podemos resolver que este presenta una alta concentración bacilos Gram negativos no fermentadores, Según Muguercia (2010) este término es designado a organismos incapaces de fermentar diversos hidratos de carbono este tipo de microorganismo suelen ser de carácter oportunista además de ocasionar infecciones graves, en la actualidad estos han cobrado mayor presencia y notoriedad por su incidencia en infecciones hospitalarias. Podemos determinar que en el recurso encontramos *Glycobacterias* el cual es definimos como un taxón parafilético de bacterias Gram negativas compuesto por una membrana citoplasmática pared, celular y glicoproteínas, según Cavalier-Smith (2006) estas bacterias aparecieron hace unos 2800 millones de años, estas bacterias realizan la fotosíntesis oxigénica, tal como en la actualidad por consiguiente la presencia de estos organismos serían responsables del aumento de oxígeno molecular en el ambiente esto, puede sustentar la presencia elevada de del oxígeno disuelto en los diversos análisis.

El autor Victor (2007) menciona que las bacterias gramnegativos del género *Enterobacter*, y *Acinetobacter* son capaces de crecer en un ambiente con considerables o elevadas concentraciones de arsénico, un gran número de bacterias Gram negativas y Gram positivas utilizadas un mecanismo común de resistencia a arsénico basado en la codificación de genes , el cual corresponde al sistema de reducción del arseniato a arsenito mediante la enzima arseniato reductasa que expulsa el arsenito fuera de la célula usando una bomba de expulsión de arsénico.

Según los autores Guananga López y Vargas Germán, (2022) informan que el análisis microbiano realizado en el piso altitudinal de 3200 a 3400 m.s.n.m. refleja una concentración promedio de 12700 NMP/100ml en el recurso hídrico del río Blanco mismo que es un efluente directo del río Pumacunchi, este resultado es inferior a los datos obtenidos en el recurso hídrico analizado, la concentración de bacterias corresponde al género *Pseudomonas* ya que estas pueden proliferar en ambientes contaminados con arsénico.

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

12.1 Social

En el ámbito social el presente proyecto de investigación, da a conocer y como resultados en este caso a la población de la parroquia de Canchagua en el río Pumacunchi a una elevación desde los 3000 y 3200 m.s.n.m. que, la concentración o presencia de arsénico es evidente y que propasa los límites máximos permisibles por parte de los criterios de calidad de agua para consumo humano de la Norma Técnica Ecuatoriana (NTE INEN 1108), es por ello, que el recurso hídrico del lugar no es apto para el consumo humano y si la población de la zona llegase a ingerir el agua va a tener serios problemas de salud irreparables. Con el proyecto de investigación realizado, además, que es un impacto positivo en el ámbito de poder informar a la población de la zona que deben tener cuidado de no ingerir el agua del río , mencionado esto, se hace un llamado a las autoridades de la zona a tomar medidas drásticas y de seguridad hacia las personas que tal vez tengan contacto o puedan llegar a ingerir esta agua, también que mediante las autoridades correspondientes optar por análisis de agua mensuales y así ellos puedan realizar una biorremediación o la respectiva remoción de arsénico presente en el agua de la zona.

12.2 Ambiental

Mediante esta investigación se puede decir que existe un impacto ambiental negativo, debido a la concentración de arsénico, dicho esto, el arsénico presente en la zona de estudio es producido de forma natural, se menciona esto porque la zona es de origen volcánico, a razón de la presencia de arsénico que existe en el río, se ve afectado no solo el recurso hídrico y especies acuáticas presentes en el mismo , si no también suelo y aire, además de flora y fauna, esto debido a que el arsénico en la investigación realizada, ha sobrepasado los límites máximos permisibles para consumo humano y para el agua de riego y uso agrícola. Con lo mencionado se pueden llegar a plantear diferentes casos de estudios para poder disminuir la contaminación en el recurso hídrico y de recuperar parte del mismo, así de esta manera poder tener un impacto ambiental positivo en la zona de estudio.

12.3 Económico

En la presente investigación se llega a determinar que hay presencia de arsénico por lo cual se ha optado por realizar análisis fisicoquímicos y microbiológicos en lo cual ha existido un costo para verificar la concentración de arsénico y calidad del agua, el recurso hídrico es de vital importancia para los pobladores y seres vivos presentes en la zona de estudio, esto quiere decir, que dicho recurso para que pueda tener un valor económico debe ser tratado por plantas de tratamiento o medidas de biorremediación, que conllevan un valor económico elevado. No obstante también se recalca que, con respecto a la calidad del agua y concentración de arsénico estos han sobre pasado los límites máximos permisibles de diferentes parámetros, en el uso agrícola, es por ello, que se verán afectados los productos agrícolas, además que estos no cuenten con la misma calidad como en otras partes de la zona y tomando en cuenta que los productos que no cuenten con una calidad óptima para el consumo humano, no se puedan vender o sean arrojados y conlleve una pérdida económica para los agricultores de la parroquia.

13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

13.1 Conclusiones

En la caracterización biofísica del piso altitudinal entre los 3000 y 3200 m.s.n.m. del río Pumacunchi, se determinó que, debido a las formaciones y asentamientos de origen volcánico del área de estudio este es propenso a mostrar presencia de arsénico, como lo es en la parte hidrogeológica de la zona, la cual presenta un 70 % de depósito laháritico normalmente llamada como terraza de origen volcánico, esta tiende a mezclarse con los cuerpos de agua y tener un tipo de esorrentía alto debido a que en el área de estudio existe un tipo de pendiente colinada con un 12%, además que la susceptibilidad de movimiento de masa es mediana moderada con un 67%, esto quiere decir que existen rocas volcánicas con presencia de arsénico que desde una altitud superior fueron arrastradas hacia el río Pumacunchi.

Los resultados de los análisis fisicoquímicos realizados en el laboratorio evidenciaron que el arsénico se encuentra presente en el río Pumacunchi, durante los muestreos realizados en el mes de Enero, Abril y Mayo, mismos que fueron comparados con el acuerdo ministerial 097A y la NTE INEN1108, determinando que el agua del río Pumacunchi a una altitud de 3090 m.s.n.m., no es apta para el consumo humano y denotando que solo en el mes de enero la concentración de arsénico cumplía con los límites máximos permisibles para agua de uso de

riego propuesta por el acuerdo ministerial 097A, llegando a la conclusión que la calidad del agua del río Pumacunchi a la elevación de 3090 m.s.n.m., no es buena ni para consumo humano ni para uso agrícola.

Realizado el aislamiento microbiológico del punto de muestreo en el río Pumacunchi a una elevación de 3090 m.s.n.m., mediante el aislamiento bacteriano haciendo uso de los medios de cultivos y siguiendo la metodología de tinción de Gram realizados en el laboratorio, se llegaron a observar la proliferación de microorganismos de la familia *Enterobacteriaceae*, al igual que por parte de la tinción Gram, bacterias Gram negativas, es por ello que se determinó que estas bacterias son altamente resistentes a las concentraciones de arsénico y que pueden ayudar a biorremediar el recurso hídrico de la zona, con ayuda de estas bacterias haciendo que tengan una remoción de arsénico en el agua.

13.2 Recomendaciones

Optar por realizar más análisis fisicoquímicos y microbiológicos al igual que más tomas de muestras, para tener mayores resultados de bacterias o microorganismos presentes en el agua y corroborar de una manera más amplia el nivel de arsénico en todo el recurso hídrico de la zona.

Se recomienda realizar investigaciones junto a autoridades parroquiales o cantonales de la zona, para obtener análisis completo en metales pesados y diferentes parámetros fisicoquímicos y microbiológicos presentes en el río Pumacunchi, de esta manera poder realizar una biorremediación en el recurso hídrico.

Intervenir y socializar con los pobladores de la parroquia, ya que pueden llegar a ingerir agua del río que este contaminado con arsénico y tener serios problemas de salud.

Se recomienda a futuros investigadores realizar proyectos en los cuales puedan llegar a utilizar las bacterias para la remoción de metales pesados, además de que las bacterias siendo perjudiciales para el ser humano, sean mejor una fuente de biorremediación para el medio ambiente.

14. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Bibliografía

- Acuerdo Ministerial 097 A. (miercoles 4 de noviembre de 2015). *gob.ec*. Obtenido de https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-09/Documento_Registro-Oficial-No-387-04-noviembre-2015_0.pdf
- Alarcón, T. (27 de Enero de 2014). *cimav.repositorioinstitucional.mx*. Obtenido de [cimav.repositorioinstitucional.mx](https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/1056/1/Libro%202013-Arsenico%20en%20el%20Agua%20con%20ISBN.pdf):
<https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/1056/1/Libro%202013-Arsenico%20en%20el%20Agua%20con%20ISBN.pdf>
- Alejandro Mendez, M. A. (2008). *Editorial Trillas*. Obtenido de [economia.unam](http://www.economia.unam.mx/academia/inae/pdf/inae1/u115.pdf):
<http://www.economia.unam.mx/academia/inae/pdf/inae1/u115.pdf>
- Aliseda, J. M. (2016). *recil.ensinulusofona.pt*. Obtenido de [recil.ensinulusofona.pt](https://recil.ensinulusofona.pt/bitstream/10437/8136/1/La%20Importancia%20de%20los%20Recursos%20H%C3%ADricos.pdf):
<https://recil.ensinulusofona.pt/bitstream/10437/8136/1/La%20Importancia%20de%20los%20Recursos%20H%C3%ADricos.pdf>
- Altamirano, M. (29 de Enero de 2020). *Torreon Universitario*. Obtenido de file:///C:/Users/FAVIO/Downloads/guido,+MAXIM_ES.pdf
- Álvarez, M., Blandón , L., Ceballos, V., Mejía, M., & Buriticá, H. (2014). *repository.unilibre.edu.co*. Obtenido de [repository.unilibre.edu.co](https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/17596/2.%20Aislamiento%20de%20microorganismos.pdf?sequence=1&isAllowed=y):
<https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/17596/2.%20Aislamiento%20de%20microorganismos.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- ARENAS, & MONTALVO, C. (Agosto de 2010). Obtenido de www.facmed.unam.mx/deptos/biocetis/PDF/Portal%20de%20Recursos%20en%20Linea/Apuntes/2_microscopia.pdf
- Arias, E. R. (10 de diciembre de 2020). *Economipedia*. Obtenido de [economipedia.com](https://economipedia.com/definiciones/investigacion-de-campo.html):
<https://economipedia.com/definiciones/investigacion-de-campo.html>
- Aristizábal, E. (2010). *researchgate.net*. Obtenido de [researchgate.net](https://www.researchgate.net/profile/Edier-Aristizabal/publication/234076770_Una_revisión_sobre_el_estudio_de_movimientos_):
https://www.researchgate.net/profile/Edier-Aristizabal/publication/234076770_Una_revisión_sobre_el_estudio_de_movimientos_

en_masa_detonados_por_lluvias/links/00b4951a0b2e8c0f3f000000/Una-revision-sobre-el-estudio-de-movimientos-en-masa-detonados-por-lluvi

ATSDR. (01 de octubre de 2011). Obtenido de https://www.atsdr.cdc.gov/es/csem/arsenic/cambios_patogenicos.html

ATSDR. (agosto de 2017). Obtenido de https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs2.pdf

ATSDR. (2017). *ATSDR*. Obtenido de https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs2.html

Baquero, E. G. (2016). *udistrital.edu.co*. Obtenido de <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/revcie/article/view/342/510>

BD. (Julio de 2014). Obtenido de <https://www.bd.com/resource.aspx?IDX=8770>

Benavides, C. (2015). *Calidad para PYMES*. Obtenido de *Calidad para PYMES*: <https://calidadparapymes.com/identificacion-y-trazabilidad-en-iso-90012015/#:~:text=Seg%C3%BAn%20ISO%209000%3A2015%20es,un%20sistema%20de%20identificaci%C3%B3n%20consistente>.

BIOLOGIA. (2008). *OCW*. Obtenido de *OCW*: http://ocw.innova.uned.es/biologia/contenidos/celula/celula4_01.html

Bush, L. (Febrero de 2020). *manual*. Obtenido de <https://www.msmanuals.com/es-ec/professional/enfermedades-infecciosas/bacilos-gramnegativos/introducci%C3%B3n-a-los-bacilos-gramnegativos#:~:text=Los%20bacilos%20gramnegativos%20son%20causantes,del%20medioambiente%20pueden%20causar%20enfermedades>.

Bush, L. M. (2020). *MANUAL MSD*. Obtenido de *MANUAL MSD*: <https://www.msmanuals.com/es-ec/hogar/infecciones/infecciones-bacterianas-introducci%C3%B3n/introducci%C3%B3n-a-las-bacterias>

Carbotecnia. (2022). *Carbotecnia*. Obtenido de <https://www.carbotecnia.info/aprendizaje/quimica-del-agua/que-es-el-ph-del-agua/>

Carbotecnia. (2022). *Carbotecnia*. Obtenido de <https://www.carbotecnia.info/aprendizaje/quimica-del-agua/que-es-el-ph-del-agua/>

Cavalier-Smith. (2006). Cell evolution and Earth history: stasis and revolution. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*.

- Chile, b. d. (1998). *http://biblioteca-digital.sag.gob.cl/*. Obtenido de <http://biblioteca-digital.sag.gob.cl/>.
- Código Orgánico del Ambiente. (12 de abril de 2017). *ambiente.gob.e*. Obtenido de https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/01/CODIGO_ORGANICO_AMBIENTE.pdf
- Colina, J. V. (2000). *Dialnet*. Obtenido de Dialnet: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjM0dPdpLP5AhUXgoQIHTmDDNIQFnoECAMQAQ&url=https%3A%2F%2Fdialogo.unirioja.es%2Fdescarga%2Farticulo%2F206316.pdf&usg=AOvVaw2OPdxGdTuexXPqQHbxCoV8>
- Concepto. (2013). *concepto.de*. Obtenido de concepto.de: <https://concepto.de/metodo-cualitativo/>
- Constitución de la República del Ecuador . (20 de octubre de 2008). *oas*. Obtenido de https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_ecu_const.pdf
- Corralo, D. S. (10 de abril de 2014). *Webconsultas*. Obtenido de Webconsultas: <https://www.webconsultas.com/pruebas-medicas/tincion-de-gram-13399>
- Cunguán, A., & Gavilanez, B. (2022). Latacunga.
- D'angelo, M. (2017). Obtenido de <https://gwc.com.ar/contaminantes-del-agua/sulfatos/>
- EduLabC. (17 de julio de 2019). *edulabc.com.mx*. Obtenido de [edulabc.com.mx](https://edulabc.com.mx/medios-de-cultivo/): <https://edulabc.com.mx/medios-de-cultivo/>
- elyex. (07 de marzo de 2022). *elyex.com*. Obtenido de [elyex.com](https://elyex.com/pisos-climaticos-del-ecuador-flora-fauna-y-mas/): <https://elyex.com/pisos-climaticos-del-ecuador-flora-fauna-y-mas/>
- Farfán, F. P. (2018). *Agroclimatología del Ecuador*. Obtenido de <file:///C:/Users/FAVIO/Downloads/Agroclimatologia%20del%20Ecuador.pdf>
- FICHATEC. (2017). *fichatec.com*. Obtenido de [fichatec.com](https://www.fichatec.com/blog/microbiologia-de-los-alimentos/#): <https://www.fichatec.com/blog/microbiologia-de-los-alimentos/#>
- forosEcuador. (07 de marzo de 2019). *foresecuador.ec*. Obtenido de [foresecuador.ec](http://www.foresecuador.ec/forum/ecuador/educaci%C3%B3n-y-ciencia/179568-los-): <http://www.foresecuador.ec/forum/ecuador/educaci%C3%B3n-y-ciencia/179568-los->

pisos-clim%C3%A1ticos-del-ecuador-flora-fauna-y-m%C3%A1s-caracter%C3%ADsticas

GAD Municipal del Cantón Latacunga. (14 de enero de 2014). *latacunga.gob.ec*. Obtenido de https://www.latacunga.gob.ec/images/pdf/Ordenanzas/1_113_ordenanza_descontaminacion_proteccion_rios_afluentes_hidricos_canton_latacunga.pdf

Galeas, R. (2012). *ambiente.gob.ec*. Obtenido de *ambiente.gob.ec*: https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/LEYENDA-ECOSISTEMAS_ECUADOR_2.pdf

Galindo. (2005). Obtenido de https://digital.csic.es/bitstream/10261/4019/1/Galindo_et_al-Arsenico-2005.pdf

Giaverini., N. O. (septiembre de 2015). *ispch.cl*. Obtenido de *ispch.cl*: <https://www.ispch.cl/sites/default/files/NotaT%C3%A9cnica%20N%C2%B0%20024%20Exposici%C3%B3n%20Laboral%20a%20Ars%C3%A9nico.pdf>

Gómez, C. G. (2013). Obtenido de <https://seimc.org/contenidos/documentoscientificos/procedimientosmicrobiologia/seimc-procedimientomicrobiologia1a.pdf>

Hernández, P. M. (22 de septiembre de 2018). *revista.cleu.edu.mx*. Obtenido de *revista.cleu.edu.mx*: https://revista.cleu.edu.mx/new/descargas/1901/articulos/Articulo10_Efectos_Toxicologicos_Arsenico.pdf

INEC. (2012). *Proyecciones y estudios demográficos*. Recuperado el 16 de Julio de 2020, de Sistema Nacional de Información: <https://sni.gob.ec/proyecciones-y-estudios-demograficos>

INEN. (06 de marzo de 2020). *studylib.net*. Obtenido de <https://studylib.net/doc/25540804/agua-potable-n-inen-1108-6-marzo-2020>

Jubinvile, M. (2011). *wnyurology*. Obtenido de *wnyurology*: <https://www.wnyurology.com/content.aspx?chunkiid=943472>

Keyence. (2022). *keyence.com.mx*. Obtenido de *keyence.com.mx*: https://www.keyence.com.mx/ss/products/markings/traceability/basic_about.jsp#:~:text

=La trazabilidad es la capacidad, producido por quien.

- Komski, L. (31 de marzo de 2020). *FUJIFILM*. Obtenido de FUJIFILM: <https://www.wakopyrostar.com/blog-es/post/que-son-las-bacterias-gramnegativas/>
- Ley orgánica de recursos hídricos usos y aprovechamiento del agua. (06 de agosto de 2014). *regulacionagua.gob.ec*. Obtenido de <http://www.regulacionagua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/03/Ley-Organica-de-Recursos-Hidricos-Usos-y-Aprovechamiento-del-Agua.pdf>
- Ley Orgánica de Salud. (18 de diciembre de 2015). *salud.gob.ec*. Obtenido de <https://www.salud.gob.ec/wp-content/uploads/2017/03/LEY-ORGANICA-DE-SALUD4.pdf>
- Lillo, J. (2008). *GEMM*. Obtenido de GEMM: <https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-15564/Peligros%20geoquimicos%20de%20arsenico%20-%20Javier%20Lillo.pdf>
- MAGAP. (2003). *SNI*. Obtenido de SNI: <https://sni.gob.ec/coberturas>
- MAGAP. (2005). *SNI*. Obtenido de SNI: <https://sni.gob.ec/coberturas>
- MAGAP. (2016). *SNI*. Obtenido de SNI.
- Martinez D. (2002). Obtenido de https://cofes.com.ar/descargas/info_sector/Arsenico/Bocanegra2_Alvarez_pdAs_Estudio_Bocanegra.pdf
- MDMI. (12 de febrero de 2019). Obtenido de <https://mdmcientifica.com/medios-cultivo-microbiologia-mas-usados/>
- Microlab. (2017). *Microlab*. Obtenido de <https://www.microlabindustrial.com/parametros/patogenos/182/coliformes-fecales>
- Microlab. (2022). *microlabindustrial*. Obtenido de microlabindustrial: <https://www.microlabindustrial.com/parametros/patogenos/182/coliformes-fecales>
- Mondino, P. (2012). Obtenido de <http://www.pv.fagro.edu.uy/fitopato/cursometodosfito/05-Metodos%20de%20aislamiento.pdf>

- Montoya, E. A. (2015). *terralatinoamericana.org.mx*. Obtenido de [terralatinoamericana.org.mx:
https://www.terralatinoamericana.org.mx/index.php/terra/article/view/51](https://www.terralatinoamericana.org.mx/index.php/terra/article/view/51)
- Moreno Graus, M. D. (2003). *TOXICOLOGIA AMBIENTAL*. McGraw-Hill.
- Moreno Salazar , S. F. (2022). *dagus.unison.mx*. Obtenido de [dagus.unison.mx:
https://dagus.unison.mx/smoreno/8%20metabolismo.pdf](https://dagus.unison.mx/smoreno/8%20metabolismo.pdf)
- Muguercia, H. d. (2010). *Scielo*. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1729-519X2010000500011
- Novais, J. A. (2011). Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/36082896.pdf>
- Oas. (2016). *Oas*. Obtenido de <https://www.oas.org/dsd/publications/Unit/oea30s/ch026.htm#a.2.1%20suelos%20del%20orden%20entisol>
- Olivas, E. (2019). *Programa de nutrición*. Obtenido de <https://bivir.uacj.mx/Reserva/Documentos/rva2011297.pdf>
- Orellana, J. A. (2005). *frro.utn.edu.ar*. Obtenido de [frro.utn.edu.ar:
https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing_sanitaria/Ingenieria_Sanitaria_A4_Capitulo_02_Contaminacion.pdf](https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing_sanitaria/Ingenieria_Sanitaria_A4_Capitulo_02_Contaminacion.pdf)
- Oviedo, U. d. (2022). *www.indurot.uniovi.es*. Obtenido de [www.indurot.uniovi.es:
https://www.indurot.uniovi.es/actividad/proyectosdestacados/water/fisicoquimico#:~:text=La%20Directiva%20entiende%20que%20el,interpretativos%20de%20los%20indicadores%20biol%C3%B3gicos](https://www.indurot.uniovi.es/actividad/proyectosdestacados/water/fisicoquimico#:~:text=La%20Directiva%20entiende%20que%20el,interpretativos%20de%20los%20indicadores%20biol%C3%B3gicos).
- Pastuña, Á. (2014). *Repositorio UTC*. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/287337989.pdf>
- PDOT, T. (2020). Obtenido de https://toacaso.gob.ec/cotopaxi/wp-content/uploads/2021/02/PDOT_TOACASO_2020.pdf
- Pineda, J. (2017). *EnColombia*. Obtenido de <https://encolombia.com/economia/agroindustria/agronomia/suelos-arenosos/>
- QuestionPro. (2022). *questionpro.com*. Obtenido de [questionpro.com:
https://www.questionpro.com/blog/es/diferencia-entre-el-metodo-cuantitativo-y-](https://www.questionpro.com/blog/es/diferencia-entre-el-metodo-cuantitativo-y-)

- SIGAGRO. (2003). *SNI*. Obtenido de SNI: <https://sni.gob.ec/coberturas>
- Sistema de información geográfica . (2016). *SNI*. Obtenido de SNI: <https://sni.gob.ec/coberturas>
- Swistock, B. (2020). Bacterias Coliformes. *PennState Extension*, 6.
- Tamayo, T. Y. (2006). *virtual.urbe.edu*. Obtenido de *virtual.urbe.edu*: <http://virtual.urbe.edu/tesispub/0088963/cap03.pdf>
- tipos de investigación. (12 de Octubre de 2020). *tipos de investigación*. Obtenido de <https://tiposdeinvestigacion.review/investigacion-exploratoria/>
- Trujillo, D., & Valencia, S. (2016). *ridum.umanizales.edu.co*. Obtenido de *ridum.umanizales.edu.co*: https://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/bitstream/handle/20.500.12746/2895/Trujillo_Catano_David_2016.pdf?sequence=2#:~:text=Susceptibilidad%20a%20Movimientos%20en%20Masa,%2C%20estructurales%2C%20climato%C3%B3gicas%20y%20bio%C3%B3gicas.
- Tunon. (2017). Obtenido de https://www.uv.es/tunon/pdf_doc/QAIBtema5
- Victor, C. (2007). *Scielo*. Obtenido de https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-65382007000200003&lng=pt&nrm=iso&tlng=es
- Villegas, D. (2022). *repositorio.utc.edu.ec*. Obtenido de *repositorio.utc.edu.ec*: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/8578/1/PC-002192.pdf>
- Whatpro. (2021). *Whatpro S.A.* Obtenido de *Whatpro S.A.*: <https://www.euston96.com/recursos-hidricos/>

15. ANEXOS

Anexo No. 1. Localización y observación del área de estudio



Anexo No. 2. Toma de muestras para el análisis en el laboratorio





Anexo No. 3. Resultados de los análisis del laboratorio del mes de enero, abril y de arsénico en el mes de mayo



INFORME DE RESULTADOS

RC38-06

Nº. 22-020
Pág. 1 de 3

USUARIO:	Geomayra Cali			
PERSONA DE CONTACTO:	Geomayra Cali			
DIRECCIÓN:	Latacunga			
TELÉFONO CONVENCIONAL / CELULAR:	No Reporta	0979287957	Email:	geomayra.cali3089@uclm.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-22-020	Agua Natural	Punto 1	Río Pumacchi	19/1/2021	12H00	No Reporta
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 Nº 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. Jesneith Cartagena
 Coordinador de Laboratorio


INFORME DE RESULTADOS

RC38-06

N°. 22-020

Pág. 2 de 3

Párametros	Método Interno LANCAS	Método de Referencia	Unidades	Valor
pH	PE01	Standard Methods Ed 23, 2017. 4500 H ⁺ B	UpH	8,41
Arsénico	PE04	Standard Methods Ed 23, 2017. 3114 B Modificado	ug/L	50,848
Manganeso	PE30	Standard Methods Ed 23, 2017. 3111 B	mg/L	0,034 ^(*)
Sulfatos	PE45	HACH No 8051 12/99 7 ed	mg/L	14,58
Oxígeno Disuelto	PE46	Standard Methods Ed 23, 2017. 4500-O C	mg/L	6,68 ^(†)
Coliformes fecales	PEM02	Standard Methods Ed 23, 2017. 9221 E 1 Modificado	NMP/100 ml	2400,0

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. Jeanneth Cartagena
Coordinadora de Laboratorio



LABORATORIO NACIONAL
DE CALIDAD DE AGUA
Y SEDIMENTOS - LANCAS

INFORME DE RESULTADOS

RC38-06

N°. 22-079

Pág. 1 de 3

USUARIO:	Andrés Cunguán		
PERSONA DE CONTACTO:	Andrés Cunguán		
DIRECCIÓN:	Quito, sector Cutuglagua		
TELÉFONO CONVENCIONAL / CELULAR:	No Reporta	0995381439	Email: andres.cunguan4095@utc.edu.ec
MÉTODO DE MUESTREO:	No Aplica		
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN DE LAS MUESTRAS:	11/4/2022	12H45	OT: 22-038
LUGAR DE ANÁLISIS:	LANCAS: Núñez de Vela N36-15 y Corea		
FECHA DE ANÁLISIS:	11/4/2022	a	12/4/2022
FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME:	25/4/2022		

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-22-079	Agua Natural	Punto 1	Río Pumacunchi	11/4/2022	09H00	-0,776546 -78,691120
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

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

INFORME DE RESULTADOS

RC38-06

N°. 22-079

Pág. 2 de 3

Parámetros	Método Interno LANCAS	Método de Referencia	Unidades	Valor
Arsénico	PE04	Standard Methods Ed 23, 2017. 3114 B Modificado	ug/L	475,090 ^(*)
Manganeso	PE30	Standard Methods Ed 23, 2017. 3111 B	mg/L	0,237
Sulfatos	PE45	HACH No 8051 12/99 7 ed	mg/L	0,00 ^(*)
Oxígeno Disuelto	PE46	Standard Methods Ed 23, 2017. 4500-O C	mg/L	7,03
Coliformes fecales	PEM02	Standard Methods Ed 23, 2017. 9221 E 1 Modificado	NMP/100 ml	1,6E+05

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

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



Autorizado por:
Dra. Jeaneth Cartagena
Coordinador, de Laboratorio
INAMHI
LABORATORIO NACIONAL
DE CALIDAD DE AGUA
Y SEDIMENTOS - LANCAS

INFORME DE RESULTADOS

RC38-06

N°. 22-243
Pág.1 de 3

USUARIO:	Andrés Gunguán		
PERSONA DE CONTACTO:	Andrés Gunguán		
DIRECCIÓN:	Quito, Cutulagua		
TELÉFONO CONVENCIONAL / CELULAR:	No Reporta	0995381439	Email: andres.cunquan4095@ute.edu.ec
MÉTODO DE MUESTREO:	No Aplica		
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN DE LAS MUESTRAS:	27/05/2022	11H00	OT: 22-069
LUGAR DE ANÁLISIS:	LANCAS: Núñez de Vela N36-15 y Corea		
FECHA DE ANÁLISIS:	27/05/2022	a	27/05/2022
FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME:	08/06/2022		

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-22-243	Agua Natural	MO1 Ars.	Canchagua Río Pumacunchi	27/05/2022	9H30	-0,776546 -78,691120
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.

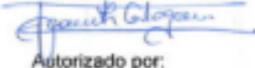
El laboratorio se hace responsable de toda la información suministrada en el informe, excepto de la información proporcionada por el usuario. (Los datos proporcionados por el usuario se muestran en gris).

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

El Laboratorio Nacional de Calidad de Agua y Sedimentos, LANCAS no realizará declaraciones de conformidad e interpretación de resultados con una especificación o norma, por lo que no se establecerá la regla de decisión.

NR: No Reporta

NA: No Aplica


 Autorizado por:
 Dra. Jeaneth Cartagena
 Coordinador de Laboratorio


INFORME DE RESULTADOS

RC38-06

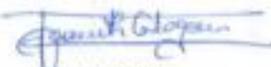
N°. 22-243

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	174,240

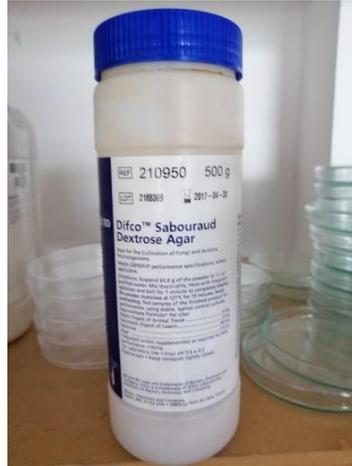
REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

No Aplica



Autorizado por:
Dra. Jeaneth Cartagena
Coordinador, de Laboratorio
INAMHI
INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA
LABORATORIO NACIONAL
DE CALIDAD DE AGUA
Y SEDIMENTOS - LANCAS

Anexo No. 4. Preparación de los medios de cultivo



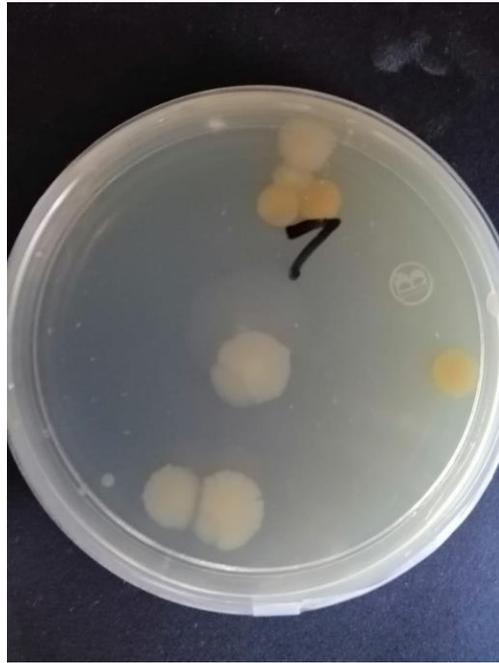
Anexo No. 5. Toma de muestras para la identificación de colonias y microorganismos



Anexo No. 6. *Siembra en el medio del cultivo con la muestra recolectada del río Pumacunchi*



Anexo No. 7. *Crecimiento de colonias en la caja madre de agar nutritivo*



Anexo No. 8. *Aislamiento de bacterias por estrías en agar nutritivo*





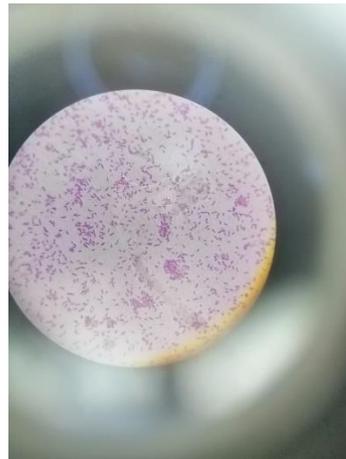
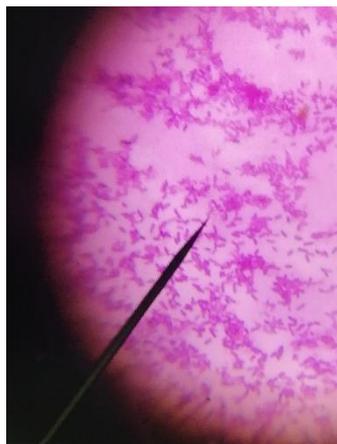
Anexo No. 9. *Aislamiento de bacterias por estrías en agar MacConkey®*

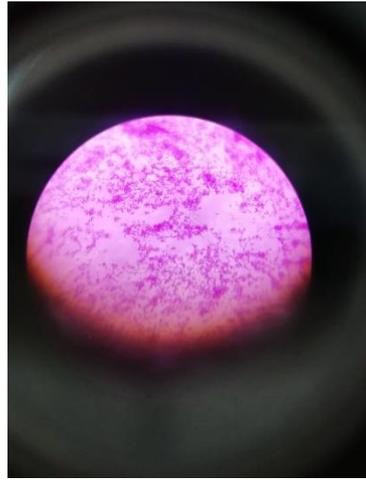
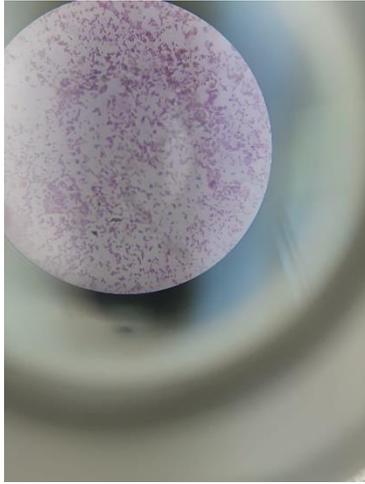


Anexo No. 10. *Tinción de Gram*



Anexo No. 11. *Observación de bacterias gram positivas y negativas en el microscopio*





Anexo No. 12. Aval de traducción