



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**

## **FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**

### **INGENIERÍA EN MEDIO AMBIENTE**

#### **PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**Título:**

---

**“TRAZABILIDAD MICROBIOLÓGICA EN SITIOS POCO  
MONITOREADOS Y CONTAMINADOS CON ARSÉNICO PROVENIENTE  
DE FUENTES NATURALES ENTRE LOS 3100 Y 3300 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 Ingeniería  
Ambiental

**Autores:**

Guananga López Kevin Damian  
Vargas Germán Erika Lisseth

**Tutor:**

Ilbay Yupa Mercy Lucila. Ph.D

**LATACUNGA- ECUADOR**

**Marzo 2022**

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Kevin Damian Guananga López, con cédula de ciudadanía No. 1805167853; y, Erika Lisseth Vargas Germán, con cédula de ciudadanía No. 1751433861; declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: “Trazabilidad microbiológica en sitios poco monitoreados y contaminados con arsénico proveniente de fuentes naturales entre los 3100 y 3300 m.s.n.m, en la parroquia de Canchagua, Provincia de Cotopaxi, año 2022”, siendo la Ingeniera Ph.D. Mercy Lucila Ilbay Yupa, Tutora del presente trabajo; y, eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

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

Latacunga, 28 de marzo del 2022

Kevin Damian Guananga López

Esudiante

CC:1805167853

Erika Lisseth Vargas Germán

Estudiante

CC: 1751433861

Ing. PhD. Mercy Lucila Ilbay Yupa

Docente Tutora

CC: 0604147900

## **CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR**

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **KEVIN DAMIAN GUANANGA LOPEZ**, identificado con cédula de ciudadanía **1805167853** 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.** – **LA/ 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 3100 y 3300 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 2018 – agosto 2018

Finalización de la carrera: octubre 2021 – marzo 2022

Aprobación en Consejo Directivo. 07 - enero - 2022

Tutora: Ing. PhD. Mercy Lucila Ilbay Yupa

Tema: “Trazabilidad microbiológica en sitios poco monitoreados y contaminados con arsénico proveniente de fuentes naturales entre los 3100 y 3300 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 solicite.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 28 días del mes de marzo del 2022.

**EI CEDENTE**

**LA CESIONARIA**

**CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR**

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **ERIKA LISSETH VARGAS GERMÁN** identificada con cédula de ciudadanía **1751433861** de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, el Ingeniero Ph.D. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez, en calidad de Rector, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

**ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA.** – **LA CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Ingeniería Ambiental, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “trazabilidad microbiológica en sitios poco monitoreados y contaminados con arsénico proveniente de fuentes naturales entre los 3100 y 3300 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 2018 – agosto 2018

Finalización de la carrera: octubre 2021 – marzo 2022

Aprobación en Consejo Directivo. 07 - enero - 2022

Tutora: Ing. PhD. Mercy Lucila Ilbay Yupa

Tema: “Trazabilidad microbiológica en sitios poco monitoreados y contaminados con arsénico proveniente de fuentes naturales entre los 3100 y 3300 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, **LA/ 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 **LA/ 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 **LA/ 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 **LA/ 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 **LA/ 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 solicite.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 28 días del mes de marzo del 2022.

Erika Lisseth Vargas Germán  
**LA CEDENTE**

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

## **AVAL DE LA TUTORA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

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

**“TRAZABILIDAD MICROBIOLÓGICA EN SITIOS POCO MONITOREADOS Y CONTAMINADOS CON ARSÉNICO PROVENIENTE DE FUENTES NATURALES ENTRE LOS 3100 Y 3300 M.S.N.M, EN LA PARROQUIA DE CANCHAGUA, PROVINCIA DE COTOPAXI, AÑO 2022”**, de Kevin Damian Guananga López y Erika Lisseth Vargas Germán, de la carrera de Ingeniería Ambiental, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del Aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también han incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la Pre defensa.

Latacunga, 28 de marzo del 2022

Ing. PhD. Mercy Lucila Ilbay Yupa

**DOCENTE TUTORA**

CC: 0604147900

## **AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, los postulantes: Kevin Damian Guananga López y Erika Lisseth Vargas Germán, con el título del Proyecto de Investigación: “TRAZABILIDAD MICROBIOLÓGICA EN SITIOS POCO MONITOREADOS Y CONTAMINADOS CON ARSÉNICO PROVENIENTE DE FUENTES NATURALES ENTRE LOS 3100 Y 3300 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, 28 de marzo del 2022

Lector 1 (Presidente)

Ing. Msc. Joseline Luisa Ruiz Depablos

CC: 1758739062

Lector 2

Ing. Mg. José Luis Agreda Oña

CC: 0401332101

Lector 3

Ing. Ph.D. Boada Cahueñas Eliana Amparito

CC: 1719312892

## **AGRADECIMIENTO**

Como no dar las gracias a Dios por haberme guiado por el camino del bien para ser una persona correcta, que con su bondad, amor y misericordia, me concede este magnífico sueño de culminar mis estudios universitarios, no puedo dejar un lado el reconocer a todas las personas y familiares que siempre estuvieron ahí que me apoyaron en mi formación académica, sin embargo, agradezco la labor que hizo mi Padre y mi Madre, que con cada gota de esfuerzo y sacrificio me ayudaron a sobrepasar cada obstáculo que se presentó en el transcurso de mi vida, estando presentes para guiarme y realizar lo correcto en el transcurso de mi vida estudiantil.

Como no conceder mis agradecimientos a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a cada uno de sus Docentes, que, desde el comienzo de mi formación académica, me guiaron a adquiriendo nuevos conocimientos y así ahora que han cumplido con su deber de formarnos como unos profesionales no me queda más que agradecerles por la labor que hicieron como personas y docentes de la institución.

**Kevin Damian Guananga López**

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, quiero agradecer a Dios por darme salud y vida. Estoy profundamente agradecida por la ayuda, el apoyo y la comprensión de mi madre y hermanas que me motivaron a terminar mi carrera universitaria. El camino para completar mi investigación no fue fácil, y gracias a la ayuda, paciencia y orientación de la ingeniera tutora de tesis quien supo creer en mi capacidad para completar con éxito este proyecto.

**Erika Lisseth Vargas Germán**

## **DEDICATORIA**

El presente proyecto de tesis lo quiero consagrar como un gran momento con mi familia y mi Dios, que fueron ellos los que me ayudaron y guiaron a cumplir con cada uno de mis proyectos con su apoyo, amor y bondad que siempre me brindaron.

Este proyecto les dedico a mis Padres y mis Hermanas que fueron ellos los que siempre estuvieron ahí en los momentos más difíciles que pude atravesar durante mi vida académica, que sus palabras de aliento y consejos siempre me guiaron a salir adelante y ahora ser toda una persona formada académicamente.

**Kevin Damian Guananga López**

## **DEDICATORIA**

Este proyecto de investigación de tesis está dedicada a la memoria de mi abuelita María Aurora Ambato Iza quien fue la persona que me motivó desde niña a seguir y luchar por mis sueños, a salir adelante sin importar las adversidades y ahora que no está a mi lado sé que desde el cielo se sentirá muy orgullosa.

De igual manera a mi familia por brindarme su apoyo incondicional en esta etapa universitaria. En especial a mi madre por haberme apoyado para terminar mi carrera universitaria.

**Erika Lisseth Vargas Germán**

**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 3100 Y 3300 M.S.N.M, EN LA PARROQUIA DE CANCHAGUA, PROVINCIA DE COTOPAXI, AÑO 2022”**

Autores: Guananga López Kevin Damian

Vargas Germán Erika Lisseth

**RESUMEN**

El agua es el fundamento de la vida siendo un recurso crucial para la humanidad, sin embargo, la contaminación por arsénico ha conllevado a problemas graves ya que la población utiliza este recurso para el consumo humano y para el uso agrícola. El objetivo de esta investigación es establecer un análisis de trazabilidad microbiológica en sitios pocos monitoreados y contaminados por arsénico proveniente de una fuente natural a una altura de los 3100 a 3300 m.s.n.m. en la parroquia Canchagua, en el río Blanco a una elevación de 3237 m.s.n.m. Sus aguas surgen en el estratovolcán Ilinizas presentando una contaminación de As de origen natural. La caracterización biofísica del piso altitudinal se realizó en el programa QGIS 3.18.0, con archivos de información geográfica (*shapefiles*). En el río Blanco se realizó un análisis de agua de los parámetros fisicoquímicos en los meses de enero y marzo, con el objetivo de determinar la concentración de As y la calidad del agua según la normativa ecuatoriana. Para establecer la trazabilidad microbiológica se realizaron medios de cultivo para determinar e identificar la estructura y morfología de los posibles microorganismos presentes en el sector. La caracterización biofísica de la zona ayudó a determinar que la presencia de As es de origen natural, debido a la formación geológica del sector. Sin embargo, existen factores como las altas precipitaciones, pendientes montañosas, erosión del suelo y una textura arenosa que permiten que el arsénico se movilice fácilmente por el afluente. En los parámetros analizados y comparados con los criterios de calidad para el consumo humano (INEN), en los meses de enero y marzo se estableció que el arsénico y el pH sobrepasan los LMP. En los criterios de calidad uso agrícola en el mes de enero los parámetros que no cumplen con los LMP son oxígeno disuelto y coliformes fecales, en el mes de marzo el arsénico, manganeso, oxígeno disuelto y coliformes fecales sobrepasan los límites según lo

establecido en el Acuerdo Ministerial 097-A. En la trazabilidad microbiológica se presentan microorganismos Gram negativos en forma de bacilos que posiblemente se traten de bacterias del género *Psuedomonas*. Estas bacterias resisten y remueven al arsénico del agua la cual puede ser usada como una posible herramienta de biotecnología para tratamientos biológicos de remoción de arsénico.

**Palabras claves:** Agua, Arsénico, Bacterias, Biotecnología, Morfología.

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

**THEME: "MICROBIOLOGICAL TRACEABILITY IN POORLY MONITORED SITES CONTAMINATED WITH ARSENIC FROM NATURAL SOURCES BETWEEN 3100 AND 3300 M.A.S.L. IN THE PARISH OF CANCHAGUA, PROVINCE OF COTOPAXI, YEAR 2022".**

AUTHORS: Guananga López Kevin Damian  
Vargas Germán Erika Lisseth

**ABSTRACT**

Water is the foundation of life being a crucial resource for humanity, however, arsenic contamination has led to serious problems since the population uses this resource for human consumption and agricultural use. The objective of this research is to establish a microbiological traceability analysis in poorly monitored sites contaminated by arsenic from a natural source at an altitude of 3100 to 3300 m.a.s.l. in the parish of Canchagua, in the Blanco river at an elevation of 3237 m.a.s.l. Its waters arise in the Ilinizas stratovolcano presenting an As contamination of natural origin. The biophysical characterization of the altitudinal floor was carried out in the QGIS 3.18.0 program, with geographic information files (shapefiles). In the Blanco river, a water analysis of the physicochemical parameters was carried out in January and March to determine the concentration of As and the water quality according to Ecuadorian regulations. To establish microbiological traceability, culture media were used to determine and identify the structure and morphology of the possible microorganisms present in the sector. The biophysical characterization of the area helped determine that the presence of As is of natural origin, due to the geological formation of the sector. However, there are factors such as high rainfall, mountainous slopes, soil erosion and a sandy texture that allow arsenic to be easily mobilized by the tributary. In the parameters analyzed and compared with the quality criteria for human consumption (INEN), arsenic and pH exceeded the MPLs in January and March. In the agricultural use quality criteria, in January the parameters that do not meet the MCLs are dissolved oxygen and fecal coliforms; in March, arsenic, manganese, dissolved oxygen, and fecal coliforms exceed the limits established in Ministerial Agreement 097-A. The microbiological traceability shows Gram-negative microorganisms in the form of bacilli that are possibly bacteria of the *Psuedomonas* genus. These bacteria resist and remove

arsenic from the water, which can be used as a possible biotechnology tool for biological arsenic removal treatments.

**Key words:** Water, Arsenic, Bacteria, Biotechnology, Morphology.

## ÍNDICE

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR	iii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR	v
AVAL DE LA TUTORA 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	xv
ÍNDICE DE TABLAS	xix
ÍNDICES DE FIGURAS	xx
INDICE DE ANEXOS	xxi
INTRODUCCIÓN	1
1. Información General	2
2. Justificación del Proyecto	3
3. Beneficiarios del Proyecto de Investigación	4

4. El Problema de Investigación	4
5. Objetivos:	5
Objetivo General	5
Objetivos específicos	5
6. Actividades y Sistema de Tareas en Relación a los Objetivos Planteados	5
7. Fundamentación Científico Técnica	6
7.1 Recurso Hídrico	6
7.2 Importancia del Recurso Hídrico	6
7.3 Calidad del Recurso Hídrico	6
7.4 Contaminación de un cuerpo de agua.	7
7.5 Fuentes de contaminación	7
7.6 Principales contaminantes del agua	8
7.7 Metales Pesados	8
7.8 Arsénico	8
7.8.1. Arsénico en el agua	9
7.8.2. Efectos del arsénico al medio ambiente	9
7.8.3. Toxicocinética del arsénico	10
7.9 Parámetros Fisicoquímicos a Evaluar	10
7.9.1. pH	10
7.9.2. <i>Oxígeno Disuelto (OD)</i>	11
7.9.3. Sulfatos (SO <sub>4</sub> )	11
7.9.4. Manganeseo (Mn)	12
7.9.5. Coliformes Fecales	12
7.10 Microorganismos Presentes en el Agua	12
7.10.1. Coliformes totales	12
7.10.2. Coliformes fecales o termotolerantes	13
7.10.3. <i>Escherichia coli</i>	13
7.10.4. Microorganismos heterótrofos	13
7.10.5. Virus	13
7.11 Trazabilidad Microbiologica	14
8. Marco Legal	14
8.1 Constitución de la República del Ecuador	14
8.2 CÓDIGO ORGÁNICO DEL AMBIENTE	16
8.3 ACUERDO MINISTERIAL 097-A	17

8.4 Ley Orgánica de la Salud	21
8.5 Ordenanza para la Descontaminación y Protección de los Ríos y Efluentes Hídricos del Cantón Latacunga	22
9. Validación de las Preguntas Científicas o Hipótesis	24
10. Metodologías y Diseño Experimental	24
10.1 Tipos de Investigación	24
10.2 Métodos	25
10.2.1 Método cuantitativo	25
10.2.2. Método cualitativo	25
10.3 CARACTERIZACIÓN BIOFÍSICA	27
10.4 DETERMINAR LA CONCENTRACIÓN DE ARSÉNICO Y CALIDAD DE AGUA PRESENTE EN EL RECURSO HÍDRICO DEL RÍO BLANCO	27
10.4.1 TIPO DE MUESTRA	27
10.4.2 Toma de Muestra	28
10.5 Establecer la Trazabilidad Microbiológica en Concentraciones de Arsénico en el Agua a una Elevación de 3237 m.s.n.m	29
11. Análisis y Discusión de los Resultados	32
11.1 Caracterización Biofísica del Piso Altitudinal de 3100 Y 3300 m.s.n.m	32
11.1.1 Clima	32
11.1.2 Precipitación	33
11.1.3 Temperatura	34
11.1.4 Pendiente	35
11.1.5 Agroecología	36
11.1.6 Hidroecología	37
11.1.7 Textura de los suelos	38
11.1.8 Taxonomía de suelos	39
11.1.9 Erosión del suelo	40
11.1.10 Movimientos de masa	41
11.1.11 Aptitud agrícola	42
11.1.12 Cobertura Vegetal	43
11.2 DETERMINAR LA CONCENTRACIÓN DE ARSÉNICO Y CALIDAD DE AGUA PRESENTE EN EL RECURSO HÍDRICO DEL RÍO BLANCO	44
11.2.1 Criterios de calidad de aguas para consumo humano y uso agrícola	44
11.2.2 Análisis de criterios de calidad para consumo humano (enero)	45
11.2.3 Análisis de criterios de calidad de agua para uso agrícola.	45

11.2.4	Análisis de criterios de calidad para consumo Humano.	46
11.2.5	Criterios de calidad de agua para uso agrícola.	46
11.2.6	Arsénico	46
11.2.7	pH	47
11.2.8	Sulfatos	47
11.2.9	Oxígeno disuelto	48
11.2.10	Coliformes Fecales	49
11.3	Establecer la Trazabilidad Microbiológica en Concentraciones de Arsénico en el Agua a una Elevación de 3237 m.s.n.m.	49
11.3.1	Crecimiento de bacterias en enero	49
11.3.2	Aislamiento de bacterias por estrías	50
11.3.3	Tinción de Gram	52
11.3.4	Observación microscópica	52
11.3.5	Crecimiento de bacterias en marzo	56
11.3.6	Aislamiento de bacterias por estrías	56
11.3.7	Tinción de Gram	57
11.3.8	Observación microscópica	58
11.3.9	Resultados de la muestra P2-MM-02	59
12.	IMPACTOS TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS	61
13.	Presupuesto	62
14.	Conclusiones y Recomendaciones	63
	Conclusiones	64
	Recomendaciones	65
15.	Referencias Bibliográficas	66
16.	Anexos	69

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Beneficiarios del Proyecto.....	4
Tabla 2 Actividades y tareas en relación a los objetivos.....	5
Tabla 3 Criterios de calidad de aguas para riego agrícola.....	19
Tabla 4 Requisitos físicos y químicos del agua para consumo humano .....	21
Tabla 5 Criterios de calidad de aguas de riego agrícola y consumo humano para el mes de enero. ....	45
Tabla 6 Criterios de calidad de aguas de riego agrícola y consumo humano para el mes de marzo. ....	46
Tabla 7 Presupuesto para elaborar el proyecto de investigación.....	63

## ÍNDICES DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Ubicación del área de estudio .....	26
<b>Figura 2</b> Usos del agua del río Blanco .....	26
<b>Figura 3</b> Siembra por estrías.....	31
<b>Figura 4</b> Clasificación de los tipos de climas del río Blanco (3100 a 3300 m.s.n.m) .....	32
<b>Figura 5</b> Precipitación del río Blanco (3100 a 3300 m.s.n.m).....	33
<b>Figura 6</b> Temperatura del río Blanco (3100 a 3300 m.s.n.m) .....	34
<b>Figura 7</b> Pendientes del río Blanco (3100 a 3300 m.s.n.m) .....	35
<b>Figura 8</b> Agroecología del río Blanco (3100 a 3300 m.s.n.m).....	36
<b>Figura 9</b> Hidroecología del río Blanco (3100 a 3300 m.s.n.m).....	38
<b>Figura 10</b> Clasificación de la textura de los suelos del río Blanco (3100 a 3300 m.s.n.m) ....	39
<b>Figura 11</b> Clasificación de la taxonomía del río Blanco (3100 a 3300 m.s.n.m).....	40
<b>Figura 12</b> Erosión del suelo del río Blanco (3100 a 3300 m.s.n.m).....	41
<b>Figura 13</b> Movimientos de masa del río Blanco (3100 a 3300 m.s.n.m) .....	42
<b>Figura 14</b> Aptitud agrícola del río Blanco (3100 a 3300 m.s.n.m).....	43
<b>Figura 15</b> Cobertura vegetal del río Blanco (3100 a 3300 m.s.n.m) .....	44
<b>Figura 16</b> Muestra madre en agar nutritivo .....	50

## **INDICE DE ANEXOS**

<b>Anexo 1</b> Caracterización biofísica de la zona de estudio.....	69
<b>Anexo 2</b> Toma de muestras de agua para oxígeno disuelto .....	69
<b>Anexo 3</b> Toma de muestra de agua para análisis de pH y sulfatos. ....	70
<b>Anexo 4</b> Toma de muestra de agua para análisis de arsénico y manganeso .....	70
<b>Anexo 5</b> Toma de muestra de agua para análisis de coliformes fecales .....	71
<b>Anexo 6</b> Preparación de medio de cultivo para identificación de consorcios bacterianos.....	71
<b>Anexo 7</b> Técnica de aislamiento por agotamiento por estría .....	73
<b>Anexo 8</b> Tinción de Gram .....	74
<b>Anexo 9</b> Informe de resultados del Laboratorio Nacional de Calidad de aguas y sedimentos (INAMHI) mes de Enero.....	77

## INTRODUCCIÓN

La parroquia Canchagua se encuentra ubicada en la Provincia Cotopaxi, Cantón Saquisilí. Es donde fluye el río Blanco que este nace desde las faldas del Iliniza Sur perteneciente a la microcuenca del río Cutuchi. Este afluente hídrico brinda de agua a las distintas comunidades que se abastecen para las diferentes actividades económicas de la zona.

La contaminación por arsénico (As) en los recursos hídricos es un gran problema ya que este es un elemento muy común en la atmósfera, en rocas y suelos, en la hidrósfera y biósfera. Este puede ser liberado al medio ambiente por una combinación de procesos naturales como la (meteorización, actividad biológica, emisiones volcánicas) y de origen antropogénico (minería, usos de combustibles fósiles, uso de pesticidas, herbicidas, desecantes, conservadores de la madera). Este metal pesado es extremadamente peligroso para la salud humana (Lillo, 2008).

Por lo tanto, la presencia de arsénico en el agua demuestra la gran contaminación ambiental que existe en la zona. El agua se utiliza en actividades como la agricultura y el consumo humano, la población está siendo afectada por la gran concentración de contaminantes, por esta razón el presente estudio pretende informar a los pobladores la calidad de agua que se tiene en el sector realizando análisis físico-químicos, para determinar cómo afectan a la calidad de vida de las comunidades y especialmente al medio ambiente dentro de la flora y fauna.

## **1. Información General**

### **Título**

“Trazabilidad microbiológica en sitios poco monitoreados y contaminados con arsénico proveniente de fuentes naturales entre los 3100 y 3300 m.s.n.m, en la parroquia de Canchagua, provincia de Cotopaxi, año 2022”

### **Lugar de ejecución**

Río Blanco, parroquia Canchagua, cantón Saquisilí, 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.

### **Nombre del equipo de investigadores**

Tutora

- Ph.D. Mercy Lucila Ilbay Yupa

Lectores

- Msc. Ruiz Depablos Joseline Luisa

- Mg. Agreda Oña José Luis

- Ph.D. Boada Cahueñas Eliana Amparito

Autores

- Guananga López Kevin Damian

- Vargas Germán Erika Lisseth

### **Área de conocimiento**

Ciencias Naturales. Medio Ambiente, Ciencias Ambientales.

### **Líneas de investigación**

Análisis, conservación y aprovechamiento de la biodiversidad local.

### **Línea de vinculación**

Protección del medio ambiente y desastres naturales

## 2. Justificación del Proyecto

El agua es el fundamento de la vida siendo un recurso crucial para la humanidad y para los seres vivos. En la actualidad la contaminación y escasez en el recurso hídrico plantean una de las preocupaciones más grandes a nivel mundial afectando la salud humana y calidad de vida. En la provincia de Cotopaxi existen diferentes ríos que son receptados por los moradores de comunidades y parroquias aledañas al cauce natural. Las mismas que utilizan este recurso tan esencial en su vida cotidiana para el consumo, uso doméstico y el uso agrícola.

En el piso altitudinal entre los 3100 y 3300 m.s.n.m se ubica la parroquia Canchagua perteneciente a la provincia de Cotopaxi, se encuentra situado el río Blanco. Presenta una contaminación con arsénico en su efluente siendo producto de origen natural por actividad volcánica, la mayoría de las familias de las comunidades se dedican a la producción agrícola utilizando este recurso para regar sus diferentes tipos de cultivos primordialmente siendo los vegetales y las hortalizas. Los productos cosechados son distribuidos en mercados de la zona, sin saber que se contaminan durante el crecimiento de la planta, son consumidos por la población sin ningún control de calidad antes de su comercialización.

El presente estudio se realiza a una elevación de 2237 m.s.n.m teniendo como objetivo determinar una trazabilidad microbiológica por contaminación de arsénico proveniente de fuentes naturales. Realizando un levantamiento de muestras de agua para analizar y comparar con las normativas vigentes para determinar si el agua cumple con los criterios de calidad y en caso que sobrepasen los límites máximos permisibles, establecer conjuntamente con la población estrategias de biorremediación para disminuir la contaminación de arsénico del río.

### 3. Beneficiarios del Proyecto de Investigación

**Tabla 1 Beneficiarios del Proyecto.**

BENEFICIARIOS DIRECTOS		BENEFICIARIOS INDIRECTOS	
<b>Población de la Parroquia Canchagua</b>		<b>Estudiantes de la Carrera de Ingeniería Ambiental</b>	
Hombres:	2614	Hombres:	201
Mujeres:	2841	Mujeres:	321
Total:	5455	Total:	522

*Nota: Población de la parroquia Canchagua y UTC  
Fuente: INEC 2010*

### 4. El Problema de Investigación

En el punto de muestreo existe una concentración de arsénico que proviene de una actividad volcánica desde los Ilinizas hacia el río Blanco, que se encuentra ubicado en el cantón Saquisilí, parroquia Canchagua, a un piso altitudinal entre los 3100 y 3300 m.s.n.m, Pérez (2015) menciona que este metal ha sido identificado como el rey de los venenos, o "veneno de los reyes", siendo el As uno de los elementos más predominantes en el medio ambiente, que se encuentra distribuido en diferentes partes del planeta, cuyos niveles son más bajos en aguas superficiales y más altos en aguas subterráneas, su origen está relacionado con la presencia de este elemento en diversos ambientes geológicos como formaciones volcánicas, formaciones sedimentarias volcánicas, sistemas hidrotermales, y cuencas aluviales terciarios y cuaternario. Esto ha conllevado a problemas graves ya que en la zona no existe un estudio de trazabilidad microbiológica por contaminación de arsénico proveniente de fuentes naturales. La mayor afectación por esta contaminación se las llevan las comunidades de la parroquia que se dotan de este recurso hídrico para el uso agrícola y consumo humano. Según Bocanegra (2002), informa que 1 de cada 10 personas que beben agua que contiene más de 0.5 mg/L de arsénico puede llegar a fallecer a causa de cáncer de pulmón, vesícula biliar y piel, cuando este metal es absorbido se deposita en varios órganos, principalmente en el hígado, los riñones, el corazón, los pulmones y la piel.

## 5. Objetivos:

### Objetivo General

- Determinar la trazabilidad microbiológica en sitios poco monitoreados y contaminados con arsénico proveniente de fuentes naturales entre los 3100 y 3300 m.s.n.m

### Objetivos específicos

- Realizar la caracterización biofísica del piso altitudinal desde los 3100 y 3300 m.s.n.m.
- Determinar la concentración de arsénico y calidad de agua presente en el recurso hídrico del río Blanco.
- Establecer la trazabilidad microbiológica en concentraciones de arsénico en el agua a una elevación de 3237 m.s.n.m.

## 6. Actividades y Sistema de Tareas en Relación a los Objetivos Planteados

**Tabla 2 Actividades y tareas en relación a los objetivos**

Objetivos	Actividades	Metodología	Resultado
O.1. Realizar la caracterización biofísica del piso altitudinal desde los 3100 y 3300 m.s.n.m.	Identificación de la zona de estudio. Elaboración de un mapa de ubicación.	Herramientas informáticas como SIG para el análisis, modelamiento y salida de resultados cartográficos.	Caracterización biofísica de la zona de muestreo.
O.2. Determinar la concentración de arsénico y calidad de agua presente en el recurso hídrico del río Blanco.	Muestreo de agua en la zona de estudio.	Análisis de laboratorio por espectrofotometría de absorción atómica llama	Concentración de arsénico en el agua.

---

<p>O.3. Establecer la trazabilidad microbiológica en cultivos de concentraciones de arsénico en el agua a una elevación de 3237 m.s.n.m.</p>	<p>Elaboración de medios de cultivo. mediante tinción de gram</p>	<p>Análisis de laboratorio de tipo de bacterias que existen en la zona.</p>
--	---	---

---

*Fuente: Guananga y Vargas*

## **7. Fundamentación Científico Técnica**

### **7.1 Recurso Hídrico**

El agua es uno de los elementos esenciales de la vida, la célula animal o vegetal, que es la unidad básica de cualquier sistema biológico, necesita agua para funcionar de manera adecuada, en el sistema biológico las especies de animales y plantas utilizan el agua para realizar diversas funciones en su ciclo de vida. 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. Desde 2010, el acceso al agua ha sido reconocido por las Naciones Unidas como un derecho humano básico, y la protección de los recursos de agua dulce es considerada uno de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS6) (Salgado, 2021).

### **7.2 Importancia del Recurso Hídrico**

Es importante ser conscientes de la conservación de los recursos naturales renovables, usándolos racionalmente y sin dejar que excedan su capacidad de autorrenovación. Por lo tanto, los recursos hídricos son de suma importancia, teniendo varias particularidades; cuales son, características, tipos, formas de incrementar el agua dulce, uso de consumo, importancia y conservación para el equilibrio ecológico, los beneficios más esenciales de estos recursos se basan en que son necesarios para sostener la vida o satisfacer algunas necesidades primarias, tales como mantener el equilibrio físico-químico del planeta, utilizándolo como riego para cultivos en la agricultura, ganadería, uso industrial, consumo humano, minería, plantas hidroeléctricas que proveen electricidad, estabilización climática y mantenimiento de ecosistemas y biodiversidad (Pineda, 2020).

### **7.3 Calidad del Recurso Hídrico**

La calidad del agua puede verse alterada tanto por causas naturales como por factores externos, cuando los factores externos que degradan la calidad natural del agua no están relacionados con el ciclo hidrológico, se dice que tiene una gran de contaminación, la prevención, el control y la resolución de los problemas relacionados con la contaminación del agua es uno de los objetivos que debe incluir en cualquier política encaminada a la mejora de la gestión de los recursos hídricos. En la actualidad, la calidad general de las aguas no es del toda satisfactoria ante alguna legislación vigente, las anomalías del tiempo y espacio de nuestro clima se hacen vulnerable a que se tenga un efecto más negativo sobre la calidad final de los recursos hídricos (Banús & Bertrán, 2010).

#### **7.4 Contaminación de un cuerpo de agua.**

La calidad del agua puede cambiar tanto de fuentes naturales como externas, cuando los factores externos perjudican el comportamiento natural del agua y no afectan el sistema hídrico, estamos hablando de contaminación. La prevención, gestión y resolución de los problemas de contaminación del agua es uno de los objetivos a tener en cuenta en cualquier previsión de gestión avanzada de los recursos hídricos. La contaminación del agua es un problema que todos experimentamos hoy en día, porque ocurre no solo en países industrializados o menos industriales, sino que afecta a todos los sectores y a cada persona, mucha gente cree que este recurso, el tan esencial para nosotros, siempre estará ahí, pero la verdad es que no, ya que no somos conscientes de los comportamientos o actividades que realizamos con este, la contaminación del agua es cualquier cambio químico, físico o biológico que pueda afectar la calidad del recurso y que tiene un efecto nocivo en cualquier organismo que consuma esa agua (Guadarrama *et al.*, 2016).

#### **7.5 Fuentes de contaminación**

- Fuentes puntuales

Las fuentes puntuales son las que dispersan factores contaminantes en zonas o localizaciones específicas.

- Fuentes difusas

Esta fuente afecta la calidad del agua de fuentes como los arroyos de las tierras de cultivo que desembocan en las vías fluviales. Este tipo de infección es difícil de controlar ya que no se la puede localizar fácilmente.

## 7.6 Principales contaminantes del agua

Los agentes patógenos: se pueden clasificar en bacterias, virus y parásitos, derivados de desechos orgánicos, que se unen con el agua.

Desechos que requieren oxígeno: algunos desechos pueden ser descompuestos por bacterias que usan oxígeno para la biodegradación, cuando hay un gran número de estas bacterias, pueden agotar el oxígeno en el agua, matando toda la vida acuática.

Las sustancias químicas inorgánicas como los ácidos y los compuestos metálicos contaminan el agua.

Las sustancias orgánicas como el petróleo, el plástico, los plaguicidas y los detergentes amenazan la vida en el ecosistema acuático (Guadarrama *et al.*, 2016).

## 7.7 Metales Pesados

Según la tabla periódica un metal pesado se compone de productos químicos y de alta densidad (superior a 4 g/cm<sup>3</sup>), gran tamaño y peso atómico superior a 20, tóxico para pequeños agregados. Algunos de estos son: aluminio (Al), bario (Ba), berilio (Be), cobalto (Co), cobre (Cu), estaño (Sn), hierro (Fe), manganeso (Mn), cadmio (Cd), mercurio (Hg), plomo (Pb), arsénico (As), cromo (Cr), molibdeno (I), níquel (Ni), plata (Ag), selenio (Se), talio (Tl), vanadio (Va), oro (Au) y zinc (Zn). Los metales a menudo se consideran nocivos, pero la mayoría de ellos son esenciales para nuestra dieta en algunos casos, su deficiencia o exceso puede conducir a problemas de salud, por ejemplo, organismo requiere hierro, cobalto, cobre, hierro, manganeso, molibdeno, vanadio, estroncio y zinc, otros en su lugar se han realizado funciones fisiológicas bien conocidas, transformado salud y siempre es mejor evitarlos. Por lo general los metales pesados se encuentran en el ambiente. Algunos forman compuestos solubles y los transportan y distribuyen al medio ambiente hasta incorporarlos a los nutrientes (suelo, agua, plantas, semillas y suministros de alimentos), especialmente los de área de contaminación (Franco *et al.*, 2016)

## 7.8 Arsénico

El arsénico (As, número atómico 33, peso atómico 74,922) es un elemento prolongadamente dispersado por la atmósfera, en la hidrosfera y en la biosfera (aprox. 5 × 10<sup>-4</sup>% de la corteza terrestre). La mayoría de As en el medio ambiente se deriva de fuentes naturales (meteorización, actividad biológica, emisiones volcánicas) (Litter, 2018).

Al Arsénico (As) se lo puede localizar en el aire, suelo, rocas, líquidos, minerales y elementos en forma de inorgánicos, orgánicos y metilados. El problema del arsénico se debe a su simple concentración en condiciones naturales, sin embargo, los humanos han tenido un impacto significativo en la generación de especies tóxicas como por ejemplo a través de la minería, el uso de combustibles fósiles, pesticidas orgánicos, herbicidas y desecantes agrícolas. El arsénico se puede hallar en distintos estados de oxidación: arseniato As (V), arsenito As (III), As elemental (0) y arseniuro As (-III), encontrándose más frecuentemente como arsenito o arseniato. El arsenito es 70 veces más tóxico que las especies metiladas y 10 veces más tóxico que el arseniato, el cual es poco soluble en agua y, por tanto, menos biodisponible, sin embargo, cuando se halla en formas solubles, como As (III) y As (V), es totalmente tóxico para los organismos vivos. La presencia de As (V) y As (III) se sujeta de factores físicos, químicos y biológicos, el papel principal de este último lo desempeñan los microorganismos, esto se debe a que muchas bacterias pueden convertir As (III) en As (V) y viceversa como mecanismo de protección para algunos tipos de bacterias (Montoya *et al.*, 2015).

### **7.8.1. Arsénico en el agua**

(Montoya *et al.*, 2015) menciona que la toxicidad del Arsénico en un recurso hídrico es anulada con una transformación oxidativa de la forma más tóxica As (III) a la forma menos tóxica de As (V). En general, en las aguas superficiales predomina el As (V), y el As (III), ambos que se encuentran en estados de oxidación, se pueden encontrar en las aguas subterráneas ya que las concentraciones dependen de las condiciones redox y la actividad biológica, el As (III) se deriva de la reducción biológica del As (V) y predominan en áreas cercanas a industrias con aguas residuales, en aguas marinas, la especie predominante es el As (V), que puede transformarse en formas orgánicas o biológicamente reducidas a As (III) (Litter, 2018).

### **7.8.2. Efectos del arsénico al medio ambiente**

El arsénico se puede penetrar en el aire, el agua y el suelo a través de tormentas de polvo y aguas de escorrentía, por lo que la contaminación por arsénico está muy extendida debido a su fácil dispersión. Cuando existe mayor presencia geológica natural de arsénico, se pueden encontrar altos niveles en aguas subterráneas, las principales fuentes de contaminación de arsénico por causa humana son la quema de carbón y la fundición de metales industriales y, más recientemente, la industria de semiconductores y la liberación de minerales ricos en

arsénico durante la extracción minera de otros compuestos. La contaminación de aguas subterráneas por arsénico es una grave amenaza para la humanidad, ya que el arsénico puede incorporarse fácilmente en la cadena alimentaria y favorecer su distribución de amplia difusión en todo el reino animal y vegetal, dependiendo de las condiciones físico-químicas del medio ambiente, algunos compuestos de arsénico se pueden solubilizar fácilmente en agua y, de ahí, ser tomados por los microorganismos, dando lugar a altos niveles de biodisponibilidad (Montoya *et al.*, 2015).

### **7.8.3. Toxicocinética del arsénico**

El arsénico (As) se considera uno de los más significativos porque es importante en pequeñas dosis para el crecimiento y el metabolismo, pero es una sustancia tóxica en grandes cantidades, las propiedades tóxicas del arsénico dependen en gran medida de su composición química, dividida en dos grupos de compuestos: inorgánicos y orgánicos. Los compuestos inorgánicos de arsénico son los más letales y los que se encuentran con mayor frecuencia en el agua, donde se encuentran con mayor frecuencia en forma de pentóxido de arsénico ( $As_2O_5$ ) o trióxido de arsénico ( $As_2O_3$ ). La toxicidad de estos compuestos depende del estado de oxidación, las condiciones físicas, el tamaño de la solución o del polvo, la velocidad de entrada en las células, la velocidad de extinción y la solubilidad en el medio ambiente. Además, la exposición a compuestos inorgánicos de arsénico se ha relacionado con varios tipos de cáncer, como el de hígado, pulmón y piel, así como con la diabetes (Montoya *et al.*, 2015).

## **7.9 Parámetros Físicoquímicos a Evaluar**

La valor que tiene el agua es primordial para el consumo humano, agricultura y ganadería, para el estudio de este recurso hídrico se seleccionó seis parámetros físicoquímicos a evaluar, la necesidad de evaluar y controlar requiere de un análisis del recurso hídrico para un uso indefinido de la comunidad, haciéndola cada día más importante, considerando que una serie de enfermedades se pueden manifestar por este medio, por lo tanto, se requiere de análisis físicoquímicos para el estudio de calidad de este recurso hídrico.

### **7.9.1. pH**

El pH es un indicativo del grado de acidez, basicidad y alcalinidad del agua, además, este parámetro provoca variaciones en la composición de la flora y fauna de los cuerpos de agua y afecta el grado de toxicidad de algunos compuestos, como el amoníaco, los metales

pesados, el ácido sulfhídrico, entre otros que afectan y degradan los ecosistemas del planeta (Gualdrón, 2018)

El crecimiento microbiano depende de las concentraciones de nutrientes y de factores como la temperatura y el pH. El pH del agua es de suma importancia para los organismos ya requieren un rango estrecho de pH para su metabolismo. En términos de acidez y alcalinidad (pH), cada organismo generalmente tiene un valor de pH que es capaz de crecer y un valor de pH óptimo bien definido. Las bacterias para un crecimiento óptimo necesitan un rango de pH de 6,5 a 7,5 (Pérez *et al.*, 2007).

### **7.9.2. Oxígeno Disuelto (OD)**

El oxígeno muestra la cantidad de fusión de oxígeno, que está disponible para cuerpos de agua. Este parámetro ofrece una indicación de la contaminación del agua y la ayuda que puede suministrarla para el crecimiento y la revisión de las plantas de plantas vegetales. Por lo general, los altos niveles de agua proporcionan una larga velocidad fotosintética, la mayoría de las plantas de agua. El oxígeno disuelto es muy importante para los ecosistemas acuáticos, cuando su concentración es alta, es más probable que el entorno sea sano y estable, ya que permite mantener diversidad de organismos (Gualdrón, 2018).

A mayor cantidad de materia orgánica contenida en el agua, más cantidad de oxígeno necesitan los microorganismos para oxidarla o degradarla. La actividad biológica es provocada por los microorganismos en condiciones aeróbicas, dando como consecuencia que la materia orgánica pierda sus propiedades contaminantes. Aquí existe el intercambio del oxígeno del aire con el agua (Raffo & Ruiz, 2014).

### **7.9.3. Sulfatos (SO<sub>4</sub>)**

El sulfato (SO<sub>4</sub>) se puede encontrar en casi todos los líquidos naturales. El origen de muchos compuestos sulfatados es la oxidación de minerales de sulfito o residuos industriales, es uno de los disolventes del agua de lluvia. Algunos suelos y rocas contienen sulfato mineral como el agua subterránea que se disuelve en el agua. Algunos minerales que contienen sulfato son el sulfato de sodio (sal de Glauber), el sulfato de magnesio (sal de Epsom) y el sulfato de calcio (yeso). Si se consume agua potable con altos niveles de sulfato, puede ocurrir una deshidratación y diarrea (D'Angelo, 2017).

Los sulfatos se pueden producir a partir de la oxidación de pirita y otras formas inorgánicas reducidas de azufre durante la meteorización. La pirita se oxida principalmente a

sulfato, una reacción catalizada por la actividad bacteriana que provoca acidez y la liberación de hierro en forma iónica. Otros minerales sulfurados se oxidan de manera similar a la piritita, formando metales y sulfatos en solución; por ejemplo, concentraciones tóxicas de cobre, hierro, zinc, aluminio, plomo, arsénico, cadmio (Puente & Veiga, 2017).

#### **7.9.4. Manganeso (Mn)**

El manganeso (Mn) es un elemento químico de número atómico 25, constituye el 0,1% de la corteza terrestre, por lo tanto, se considera el quinto elemento más abundante. El manganeso se encuentra naturalmente en los sedimentos, el aire y el agua. por ejemplo, en los sedimentos, el manganeso se encuentra naturalmente en una variedad de rocas, algunas de las cuales son olivino, piroxeno, anfíbol, biotita, clorita, serpentina y magnetita. Rocas de este tipo contienen cantidades significativas de Mn, que van desde 0,05 a 0,5%. En las aguas superficiales son diversas las fuentes, tanto naturales como artificiales, que generan un aumento en los niveles de manganeso. En fuentes naturales el manganeso se encuentra en las rocas sedimentarias de la cuenca y en los sedimentos del fondo de los cause. De estas fuentes, se liberan los elementos por erosión, arrastre y procesos químico, así como por reducción y oxidación (Sandoval, 2016).

#### **7.9.5. Coliformes Fecales**

Los coliformes fecales son un grupo de bacterias que representan a la familia Enterobacteria que se han utilizado como un excelente indicador para el agua potable. En este grupo emergen las enfermedades aeróbicas y anaeróbicas facultativas. El agente más importante es *Escherichia coli*, que difiere en su capacidad para crecer fácilmente a temperatura ambiente y producir la encima glucuronidasa (Gualdrón, 2018).

### **7.10 Microorganismos Presentes en el Agua**

#### **7.10.1. Coliformes totales**

Pertenecen a la familia *Enterobacteriaceae*, son bacilos Gram negativos, anaerobios facultativos, no esporulados, fermentadores de lactosa a 35 °C con producción de gas y ácido láctico de 24 a 48 h de incubación y pueden presentar actividad de la enzima  $\beta$ -galactosidasa. Constituyen aproximadamente el 10 % de los microorganismos intestinales de los seres humanos y otros animales. Se encuentran en grandes cantidades en el ambiente (fuentes de agua, vegetación y suelos), no están asociados necesariamente con la contaminación fecal y no plantean ni representan necesariamente un riesgo evidente para la salud. Son considerados

indicadores de degradación de los cuerpos de agua. En aguas tratadas estas bacterias funcionan como una alerta de que ocurrió contaminación, sin identificar el origen, indican que hubo fallas en el tratamiento, en la distribución o en las propias fuentes.

#### **7.10.2. Coliformes fecales o termotolerantes**

Subgrupo de las bacterias del grupo coliforme, presentes en el intestino de animales de sangre caliente y humanos. Su origen es esencialmente fecal, tienen la capacidad de fermentar la lactosa, con producción de ácido y gas a  $(44,0 \pm 0,2)$  °C en 24 h de incubación. Incluye a *Escherichia* y en menor grado las especies de los géneros de *Klebsiella*, *Enterobacter* y *Citrobacter*; estas últimas tienen una importante función secundaria como indicadoras de la eficacia de los procesos de tratamiento del agua para eliminar las bacterias fecales. Indican la calidad del agua tratada y la posible presencia de contaminación fecal.

#### **7.10.3. Escherichia coli**

Es una bacteria estrictamente intestinal, indicadora específica de contaminación fecal, pertenece a la familia *Enterobacteriaceae* se considera como el grupo más grande y heterogéneo de bacilos gram negativos es un habitante común de la flora microbiana encuentra en el tubo digestivo de las personas y animales es un microorganismo comensal provocan la contaminación de la vegetación, agua y suelos (Quinn et al., 2020).

#### **7.10.4. Microorganismos heterótrofos**

Las bacterias heterótrofas abundan en el agua, incluidas el agua tratada y del grifo; poseen gran capacidad de adaptación, pueden tolerar condiciones adversas de suministro de oxígeno y permanecer más tiempo que otros microorganismos en el agua. Es un indicador de la carga total bacteriana, que favorece el recuento de bacterias viables a 37 °C en 48 h de incubación; sus resultados se expresan en UFC de los microorganismos existentes.

#### **7.10.5. Virus**

Los virus están constituidos por ácido nucleico y proteínas. El ácido nucleico es el genoma viral, ubicado en el interior de la partícula, el cual puede ser, ácido desoxirribonucleico (ADN) o ácido ribonucleico (ARN). Generalmente están asociados con un número pequeño de moléculas proteicas que pueden tener actividad enzimática o cumplir alguna función estabilizadora para el plegamiento del ácido nucleico y armado de la partícula viral. La mayoría de los virus asociados con la transmisión por el agua son los virus entéricos, estos se multiplican en el intestino del hombre, son excretados en gran número en las heces de

los individuos infectados y pueden sobrevivir en el medio ambiente por largos periodos de tiempo. El poliovirus es considerado un indicador viral entérico. Sin embargo, las cantidades de este virus en ambientes acuáticos son demasiado variables como para ser considerado un buen indicador, lo que ha llevado a la búsqueda de indicadores alternativos que sean rápida y fácilmente detectables (Pullés, 2014).

### **7.11 Trazabilidad Microbiologica**

Los parásitos que son patógenos para el hombre se clasifican en dos grupos: los protozoos y los helmintos. Los protozoos son organismos unicelulares cuyo ciclo de vida incluye una forma vegetativa (trofozoito) y una forma resistente (quiste). El estado de quiste de estos organismos es relativamente resistente a la inactivación por medio de los sistemas de tratamiento convencional de aguas.<sup>30</sup> Los protozoos más conocidos en las heces humanas son: *Giardia lamblia*, *Entamoeba histolítica* y *Balantidium coli* (Pullés, 2014).

## **8. Marco Legal**

### **8.1 Constitución de la República del Ecuador**

#### **TITULO II**

#### **DERECHOS**

##### **Capítulo segundo: Derechos del buen vivir**

##### **Sección primera: Agua y alimentación**

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

**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.

##### **Sección segunda**

##### **Ambiente sano**

**Art. 14.-** Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la

biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.

### **Sección séptima**

#### **Salud**

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

## **TITULO V**

### **ORGANIZACIÓN TERRITORIAL DEL ESTADO**

#### **Capítulo cuarto**

##### **RÉGIMEN DE COMPETENCIAS**

**Art. 264.-** Los gobiernos municipales tendrán las siguientes competencias exclusivas sin perjuicio de otras que determine la ley:

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.

## **TITULO VI**

### **RÉGIMEN DE DESARROLLO**

#### **Capítulo primero**

##### **Principios generales**

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

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

## **TITULO VII**

### **RÉGIMEN DEL BUEN VIVIR**

#### **Capítulo segundo:** Biodiversidad y recursos naturales

##### **Sección sexta:** Agua

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

**Art. 412.-** La autoridad a cargo de la gestión del agua será responsable de su planificación, regulación y control. Esta autoridad cooperará y se coordinará con la que tenga a su cargo la gestión ambiental para garantizar el manejo del agua con un enfoque ecosistémico

## **8.2 CÓDIGO ORGÁNICO DEL AMBIENTE**

### **LIBRO PRELIMINAR**

#### **TITULO I**

##### **OBJETO, ÁMBITO Y FINES**

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

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.

#### **TITULO II**

##### **DE LOS DERECHOS, DEBERES Y PRINCIPIOS AMBIENTALES**

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

4. La conservación, preservación y recuperación de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico.

### **8.3 ACUERDO MINISTERIAL 097-A**

Anexo 1 del Libro VI Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua

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

El Acuerdo Ministerial 97-A define a la **contaminación del agua** como cualquier alteración de las características físicas, químicas o biológicas, en concentraciones tales que la hacen no apta para el uso deseado, o que causa un efecto adverso al ecosistema

#### **Criterio de la calidad del agua**

Concentración numérica o enunciado descriptivo recomendado sobre parámetros físicos 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 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.

#### **Cuerpo de agua severamente contaminado**

Se consideran a los ríos, acuíferos, estuarios o cuerpos de agua en el cual se han alterado los criterios de calidad para todos sus posibles usos

#### **Monitoreo de la calidad en cuerpos de agua**

Implica el seguimiento sistemático a través del muestreo y toma de datos de campo a intervalos de tiempo definidos para la obtención de información que permite evaluar que los parámetros de calidad guardan relevancia con los usos del cuerpo receptor.

### **Norma de calidad del agua**

Es el documento reconocido en leyes o reglamentos de control de la contaminación del agua, a nivel gubernamental.

### **Plan maestro de control de la contaminación de cuerpos de agua**

Comprende todas las acciones de: campañas de monitoreo de cuerpos de agua, inventario y caracterización de descargas domésticas e industriales, diagnóstico, modelación de la calidad, estudio de alternativas de intercepción y tratamiento de las aguas residuales, análisis técnico y económico de las alternativas, selección de la alternativa más conveniente, estudios de tratabilidad, diseños preliminares, estudio de impacto ambiental, diseños definitivos, implementación de obras de control y acciones de monitoreo y vigilancia.

### **Vigilancia de la calidad de los cuerpos de agua**

Implica la recolección y análisis de datos con la finalidad de establecer si los criterios de calidad establecidos en esta norma para los diferentes usos y el control de descarga de efluentes se están cumpliendo. Los datos generados en la vigilancia tienen la utilidad de promover acciones preventivas, correctivas o de mitigación sobre problemas de contaminación.

## **CLASIFICACIÓN**

El Acuerdo Ministerial 97-A clasifica 6 criterios de calidad del agua para sus distintos usos en este estudio de investigación se va a utilizar la tabla 3 que corresponde a criterios de calidad de aguas para riego agrícola.

### **Criterios de calidad de las aguas para sus distintos usos**

1. **Criterios de calidad para aguas destinadas al consumo humano y uso doméstico:**  
es obtenida de cuerpos de agua, superficiales o subterráneas, y que luego de ser tratada será empleada por individuos o comunidades en actividades como:
  - a) Bebida y preparación de alimentos para consumo humano

- b) Satisfacción de necesidades domésticas, individuales o colectivas, tales como higiene personal y limpieza de elementos, materiales o utensilios.
2. **Criterios de calidad para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuarios:** su empleo en actividades destinadas a mantener la vida natural de los ecosistemas asociados, sin causar alteraciones en ellos, o para actividades que permitan la reproducción, supervivencia, crecimiento, extracción y aprovechamiento de especies bioacuáticas en cualquiera de sus formas, tal como en los casos de pesca y acuicultura
3. **Criterios de calidad de aguas para riego agrícola:** se entiende por agua de uso agrícola aquella empleada para la irrigación de cultivos y otras actividades conexas o complementarias que establezcan los organismos competentes.

**Tabla 3 Criterios de calidad de aguas para riego agrícola**

<b>TABLA 3: CRITERIOS DE CALIDAD DE AGUAS PARA RIEGO AGRÍCOLA</b>			
<b>Parámetro</b>	<b>Expresado como</b>	<b>Unidad</b>	<b>Criterio de calidad</b>
<b>Aceites y Grasas</b>	Película Visible		Ausencia
<b>Aluminio</b>	Al	mg/l	5,0
<b>Arsénico</b>	As	mg/l	0,1
<b>Berilio</b>	Be	mg/l	0,1
<b>Boro</b>	B	mg/l	0,75
<b>Cadmio</b>	Cd	mg/l	0,05
<b>Cinc</b>	Zn	mg/l	2,0
<b>Cobalto</b>	Co	mg/l	0,01
<b>Cobre</b>	Cu	mg/l	0,2
<b>Coliformes fecales</b>	NMP	NMP/100ml	1000
<b>Cromo</b>	Cr <sup>+6</sup>	mg/l	0,1
<b>Flúor</b>	F	mg/l	1,0
<b>Hierro</b>	Fe	mg/l	5,0
<b>Huevos de parásitos</b>			Ausencia
<b>Litio</b>	Li	mg/l	2,5
<b>Material flotante</b>	Visible	mg/l	Ausencia
<b>Mercurio</b>	Hg	mg/l	0,001
<b>Manganeso</b>	Mn	mg/l	0,2
<b>Molibdeno</b>	Mo	mg/l	0,01
<b>Níquel</b>	Ni	mg/l	0,2
<b>Nitritos</b>	NO <sub>2</sub>	mg/l	0,5
<b>Oxígeno Disuelto</b>	OD	mg/l	3
<b>pH</b>	pH		6-9
<b>Plomo</b>	Pb	mg/l	5,0
<b>Selenio</b>	Se	mg/l	0,02

<b>Sulfatos</b>	SO <sub>4</sub> <sup>+2</sup>	mg/l	250
<b>Vanadio</b>	V	mg/l	0,1

*Nota. Límites máximos permisibles para aguas de riego agrícola  
Fuente: Acuerdo Ministerial 97-A*

4. **Criterios de calidad para aguas de uso pecuario:** se entiende como aguas para uso pecuario a aquellas empleadas para el abrevadero de animales, así como otras actividades conexas y complementarias que establezcan los organismos competentes.
5. **Criterios de calidad para aguas con fines recreativos:** se entiende por uso del agua para fines recreativos, la utilización en la que existe:
  - a) Contacto primario, como en la natación y el buceo, incluidos los baños medicinales
  - b) Contacto secundario como en los deportes náuticos y pesca.
6. **Criterios de calidad para aguas de uso estético:** se refiere al mejoramiento y creación de la belleza escénica. Las aguas que sean usadas para uso estético, tendrán que cumplir con los siguientes criterios de calidad:
  - a) Ausencia de material flotante y de espumas provenientes de la actividad humana.
  - b) Ausencia de grasas y aceites que formen película visible.
  - c) Ausencia de sustancias productoras de color, olor, sabor, y turbiedad no mayor al 20% de las condiciones naturales de turbiedad en UTN.
  - d) El oxígeno disuelto será no menor al 60% del oxígeno de saturación.
  - e) Relación Nitrógeno-Fósforo Total de 15:1 (Acuerdo Ministerial 097-A, 2015)

## **Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108 (Sexta Revisión)**

### **Agua para Consumo Humano**

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.

**Tabla 4 Requisitos físicos y químicos del agua para consumo humano**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite permitido</b>	<b>Método de ensayo</b>
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 <sub>3</sub> )	mg/L	50,0	Standard Methods 4500- NO <sub>3</sub>
Nitratos (Como NO <sub>2</sub> )	mg/L	3,0	Standard Methods 4500- NO <sub>2</sub>
Plomo	mg/L	0,03	Standard Methods 3113
Turbiedad	NTU	5	Standard Methods 2130

*Fuente: (Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108 Sexta Revisión)*

## **8.4 Ley Orgánica de la Salud**

### **CAPÍTULO III**

#### **Derechos y deberes de las personas y del Estado en relación con la salud**

**Art. 7.-** Toda persona, sin discriminación por motivo alguno, tiene en relación a la salud, los siguientes derechos:

- c) Vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado y libre de contaminación.

### **CAPÍTULO II**

#### **De la alimentación y nutrición**

**Art. 16.-** El Estado establecerá una política intersectorial de seguridad alimentaria y nutricional, que propenda a eliminar los malos hábitos alimenticios, respete y fomente los conocimientos y prácticas alimentarias tradicionales, así como el uso y consumo de productos

y alimentos propios de cada región y garantizará a las personas, el acceso permanente a alimentos sanos, variados, nutritivos, inocuos y suficientes.

Esta política estará especialmente orientada a prevenir trastornos ocasionados por deficiencias de micronutrientes o alteraciones provocadas por desórdenes alimentarios.

## **TITULO UNICO**

### **CAPÍTULO I**

#### **Del agua para consumo humano**

**Art. 96.-** Declárase de prioridad nacional y de utilidad pública, el agua para consumo humano.

Es obligación del Estado, por medio de las municipalidades, proveer a la población de agua potable de calidad, apta para el consumo humano.

Toda persona natural o jurídica tiene la obligación de proteger los acuíferos, las fuentes y cuencas hidrográficas que sirvan para el abastecimiento de agua para consumo humano. Se prohíbe realizar actividades de cualquier tipo, que pongan en riesgo de contaminación las fuentes de captación de agua. La autoridad sanitaria nacional, en coordinación con otros organismos competentes, tomarán medidas para prevenir, controlar, mitigar, remediar y sancionar la contaminación de las fuentes de agua para consumo humano.

A fin de garantizar la calidad e inocuidad, todo abastecimiento de agua para consumo humano, queda sujeto a la vigilancia de la autoridad sanitaria nacional, a quien corresponde establecer las normas y reglamentos que permitan asegurar la protección de la salud humana (Ley Orgánica de Salud, 2015).

#### **8.5 Ordenanza para la Descontaminación y Protección de los Ríos y Efluentes Hídricos del Cantón Latacunga**

### **CAPÍTULO I**

#### **OBJETO Y ÁMBITO DE LA APLICACIÓN**

**Art. 1.** La presente ordenanza tiene por objeto establecer acciones para la descontaminación, protección, conservación, recuperación y 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

**Art. 2.** El ámbito de aplicación de la presente ordenanza será a nivel cantonal, y estarán sujetos a la misma todas las personas naturales y jurídicas, públicas o privadas asentadas domiciliados y/o que ejerzan presente o realicen cualquier tipo de actividad económica y/o comercial dentro del territorio cantonal de Latacunga, ya sea de manera permanente, temporal y eventual.

## **CAPÍTULO II**

### **DE LOS PRINCIPIOS**

**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.

## **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, papelerero, lácteo, florícola, brocolero y de servicios (lubricadoras, lavadoras, mecánicas, imprentas gráficas, gasolineras, y otros) ubicados en el cantón 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:

a) Certificadas de la licencia ambiental y plan de manejo.

b) El informe técnico demostrativo con los análisis de laboratorio de acreditados a nivel nacional de muestras de vertidos o descargas líquidas, de acuerdo a la normativa ambiental vigente.

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.

**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 (Ordenanza Municipal Cantón Latacunga, 2014).

## **9. Validación de las Preguntas Científicas o Hipótesis**

¿Es posible identificar una trazabilidad microbiológica en un sitio poco monitoreado y contaminado con arsénico proveniente de fuentes naturales en el río Blanco entre los 3100 y 3300 m.s.n.m.

La presencia de bacterias presentes en el agua es un problema de contaminación que tiene un gran efecto en la salud de las personas y los ecosistemas, por esta razón el estudio nos resultó provechosa para dar a conocer que calidad de agua tienen la personas del sector, y además de manera satisfactoria se logró identificar las colonias y la caracterización morfológica de los posibles microorganismos que se presentan en el río Blanco a un piso altitudinal de 3100 a 3300 m.s.n.m. con la finalidad de establecer una posible herramienta de biotecnología para tratamientos biológicos de remoción de arsénico.

## **10. Metodologías y Diseño Experimental**

### **10.1 Tipos de Investigación**

#### **10.1.1. Investigación bibliográfica**

La investigación bibliográfica permitió a los investigadores recopilar información de revistas científicas tales como tesis, libros, bases de datos como Scielo y Constitución de la república del Ecuador, Ministerio del ambiente, agua y transición ecológica, ley orgánica de salud, Acuerdo Ministerial 97-A, y la Norma Técnica Ecuatoriana INEN

#### **Investigación Descriptiva**

La investigación descriptiva ayudó a los investigadores a analizar las características de la zona de estudio la cual se desarrolla en la parroquia Canchagua en el piso altitudinal de

3100 y 3300 m.s.n.m en el cual se encuentra localizado el río Blanco proveniente de la Reserva Ecológica los Ilinizas se representa mediante gráficas, imágenes, figuras, etc.

### **Investigación de campo**

Los investigadores mediante visitas in situ en la zona de estudio determinan con ayuda del GPS el piso altitudinal de 3100 y 3300 m.s.n.m el mismo que se ubica en las siguientes coordenadas de -0.752485 latitud sur, -78.702056 de longitud oeste y una altura de 3237 m.s.n.m.

## **10.2 Métodos**

### **10.2.1 Método cuantitativo**

El método cuantitativo permitió desarrollar cálculos y recopilar datos e información de la caracterización biofísica de la zona de estudio

### **10.2.2. Método cualitativo**

Este método nos permitirá identificar y comparar los resultados con la finalidad de describir la zona de estudio.

## **Herramientas para el análisis de resultados**

### **Programa de QGIS 3.18.0**

El programa de QGIS 3.18.0 es un sistema de información geográfica que nos permite representar las características biofísicas por medio de mapas, nos brinda datos que son indispensables para realizar la caracterización de la zona de estudio

### **Programa de Excel**

El software Excel nos permite el ingreso de una base de datos obtenidos del programa QGIS 3.18.0, con la facilidad de desarrollar cálculos para la obtención de los resultados.

### **Google Earth Pro**

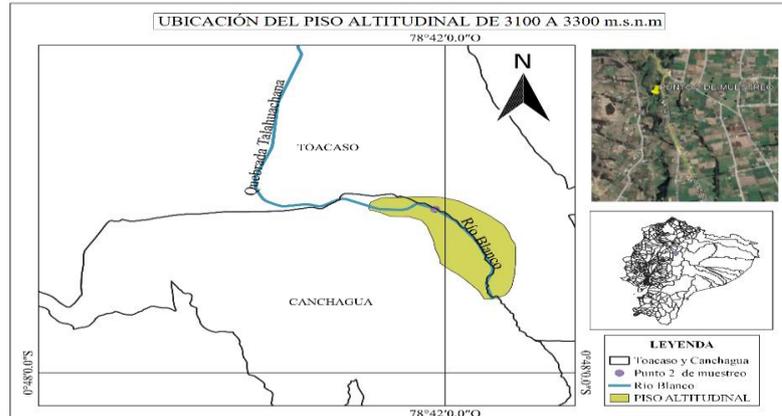
El programa Google earth pro nos permite realizar una conexión con GPS lo que nos permite ingresar coordenadas UTM, para delimitar el área de estudio de una manera precisa.

## **Ubicación del área de estudio**

El punto de muestreo del efluente hídrico que nace desde las faldas del estratovolcán Iliniza Sur perteneciente a la microcuenca del río Cutuchi, se localiza el río blanco que se

encuentra en la parroquia Canchagua, cantón Saquisilí, provincia Cotopaxi. Su ubicación es de  $-0.752485$  latitud sur y  $-78.702056$  de longitud oeste, con una altitud fluctuante entre los 3100 a 3200 m.s.n.m como se observa en la siguiente figura.

**Figura 1.** Ubicación del área de estudio

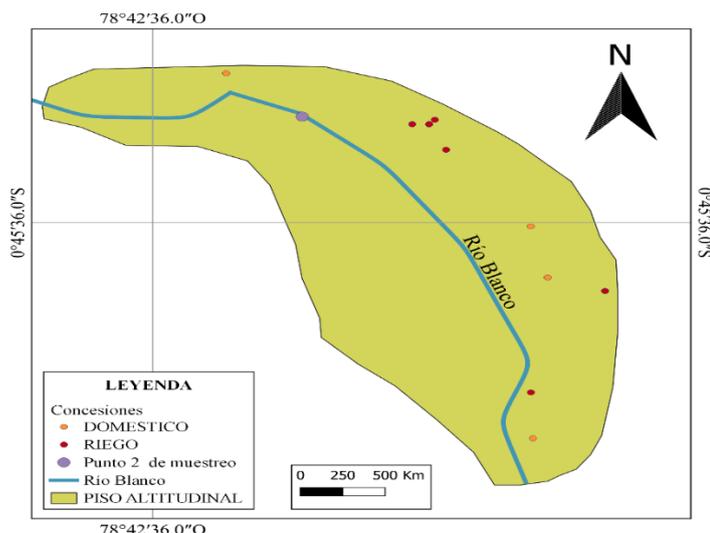


*Nota.* Mapa de ubicación del piso altitudinal de 3100 a 3300 m.s.n.m  
Fuente: SENAGUA 2011

### Concesiones del piso altitudinal a los 3100 y 3300 m.s.n.m

Se realizó una comparación de la calidad de agua para uso doméstico y para riego debido a que en la zona de estudio existen concesiones que están destinadas para el sector social para el uso doméstico que es distribuida a los moradores mediante la Junta Administradora de Agua Potable y concesiones que corresponden para el uso de riego en el sector agrícola es distribuido por el sistema de aspersión el cual llega a las plantas en forma de lluvia, las personas responsables que administran el riego son los directivos de aguas, personas naturales, herederos y familias.

**Figura 2** Usos del agua del río Blanco



*Nota. Concesiones del piso altitudinal de 3100 a 3300 m.s.n.m*  
*Fuente: SENAGUA*

### 10.3 CARACTERIZACIÓN BIOFÍSICA

La caracterización biofísica del piso altitudinal (3100 y 3300 m.s.n.m) fue realizada mediante el programa QGIS 3.18.0 con la ayuda de archivos de información geográfica, se realizaron mapas de los tipos de climas, isotermas e isoyetas que fueron obtenidos del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) 2008, los *shapefiles* de agroecología, hidroecología, erosión del suelo, movimientos de masa, aptitud agrícola fueron descargados del Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP) 2002 – 2005 y los *shapefiles* de pendientes, textura y taxonomía del suelo fueron obtenidos del Ministerio de Agricultura y Ganadería 2016.

### 10.4 DETERMINAR LA CONCENTRACIÓN DE ARSÉNICO Y CALIDAD DE AGUA PRESENTE EN EL RECURSO HÍDRICO DEL RÍO BLANCO

Para la presente investigación se tomó distintos parámetros metodológicos para cumplir con lo que se establece en los objetivos planteados. Se realizó un análisis de los parámetros de agua en el Laboratorio de Calidad de Agua y Sedimentos (LANCAS), se realizó bajo técnicas de ensayo acreditadas por el Servicio de Acreditación Ecuatoriano (SAE) y los requerimientos establecidos en la Norma NTE INEN 2169, NTE INEN 2176 e ISO/IEC 17025:2006.

#### 10.4.1 TIPO DE MUESTRA

##### Muestreo Puntual

Las muestras puntuales son individuales, recogidas de forma manual o automática, para aguas en la superficie, a una profundidad específica y en el fondo.

Se toma muestras puntuales si: el flujo del agua a muestrear no es uniforme, si los valores de los parámetros de interés no son constantes. La muestra puntual es adecuada para la investigación de una posible polución y en estudios para determinar su extensión o en el caso de recolección automática de muestra individual para determinar el momento del día cuando los contaminantes están presentes. Las muestras puntuales son esenciales cuando el objetivo del programa de muestreo es estimar si la calidad del agua cumple con los límites o se aparta del promedio de calidad (NTE INEN 2176, 2013).

#### 10.4.2 Toma de Muestra

**Figura 3** Muestreo de los parametros Fisicoquimicos



*Fuente: Guananga K y Vargas*

- **Oxígeno Disuelto**

Proceder a llenar un winkler de 300 mL entregado por el laboratorio, introduciendo los preservantes:

vial 1(1mL de sulfato manganoso)

vial 2 (1mL de álcali yoduro)

vial 3 (2mL de ácido sulfúrico concentrado).

Al final eliminar el exceso de agua del winkler, tapar, rotular y conservar la muestra en hielo.

- **pH, Sulfatos**

En pH y Sulfatos se tomó una sola muestra para los dos parámetros, tomando la muestra en un envase plástico esterilizado de 1000 mL, tapar, rotular y conservar la muestra en hielo.

- **Arsénico, Manganeso.**

Para el análisis de Arsénico y Manganeso se toma la muestra en un envase plástico esterilizado de 250 mL otorgado por el Lancas, dejar un pequeño espacio en el cuello del frasco. Colocar 5 gotas de ácido nítrico concentrado a la muestra, colocar la contratapa e inmediatamente tapar el frasco. Se invierte el frasco tres veces para homogeneizar la muestra, rotular y conservar la muestra en hielo.

- **Coliformes Fecales**

Para este análisis de Coliforme Fecales se utilizó un envase de plástico esterilizado de 100 mL, para tomar la muestra, dejar un espacio de aire rotular y conservar la muestra en hielo, recalando que tiene un límite de tiempo de entrega máxima de 24 horas.

El LANCAS para realizar los análisis parámetros son escogidos utiliza: espectrometría de absorción atómica de llama para arsénico y manganeso, volumetría para oxígeno disuelto, electrometría para pH, espectrofotometría en sulfatos y microbiológicas para coliformes fecales.

### **10.5 Establecer la Trazabilidad Microbiológica en Concentraciones de Arsénico en el Agua a una Elevación de 3237 m.s.n.m**

Para establecer la trazabilidad microbiológica en concentraciones de arsénico en el agua a una elevación de 3237 m.s.n.m se utilizó la siguiente metodología:

La toma de muestra se realizó en un envase de plástico de 1 litro, para el llenado del recipiente se sumerge en el agua sin llenarlo por completo, tapar el frasco inmediatamente y rotular de manera clara y permanente para identificar las muestras sin errores. Las muestras de agua son guardadas en una hielera con temperaturas más bajas a las que se recolectó con el fin de conservar la muestra durante el traslado al laboratorio. El medio de cultivo e identificación de microorganismos se realizó en los laboratorios de la carrera de medio ambiente de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

## **Preparación del medio de cultivo**

### **Agar Nutritivo**

Este medio es muy bueno para el cultivo de microorganismos que no presentan exigencias particulares no es un medio diferencial, es conveniente para la determinación de la morfología de colonias (Izurieta & Villacrés, 2015). Para preparar el medio de cultivo se pesaron 28 g de agar y se disolvió en 500 ml de agua destilada en un matraz, removiendo hasta obtener una mezcla homogénea. Una vez disuelto el medio, se colocó en autoclave a 121 °C durante 15 minutos (Puruncajas, 2013).

### **Agar MacConkey**

Es el medio utilizado para el aislamiento e identificación de *Enterobacteriaceae*. Es un medio inhibidor para bacterias Gram positivas por su contenido cristalino púrpura y es selectivo para enterobacterias por su contenido en sales biliares. Su composición tiene un azúcar (lactosa) y un indicador (rojo de metilo) por lo que es un medio diferencial (Izurieta & Villacrés, 2015). Para preparar el medio de cultivo se pesaron 14 g de agar y se disolvió en 250 ml de agua destilada en un matraz, moviendo hasta obtener una mezcla homogénea. Una vez disuelto el medio, se colocó en el autoclave a 121 °C durante 15 minutos (Puruncajas, 2013).

### **Esterilización de la disolución**

Una vez que los cultivos han pasado el tiempo establecido en el autoclave, se dividieron 30 ml de agar MacConkey en 3 placas y se colocaron 30 ml de agar nutritivo en 6 placas Petri estériles y se dejó solidificar (Murillo & Pullupaxi, 2019).

### **Técnica de cultivo en estrías**

La siembra en estrías permite aislar a las bacterias para dar lugar a colonias separadas. 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 para evitar la contaminación de factores externos, primero 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 (Puruncajas, 2013).

**Figura 3** Siembra por estrías



*Nota. Métodos de siembra por estría*  
*Fuente: (Sanz, 2011).*

### **Aislamiento de colonias**

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 (Murillo & Pullupaxi, 2019).

### **Incubación**

Para la incubación de bacterias se utilizó una incubadora para mantener la temperatura del medio nutritivo a 25 °C durante 72 horas. Tras la incubación en condiciones apropiadas, cada conjunto de células viables forma colonias con características diferentes en cuanto a su forma, borde, altura, tamaño, consistencia, etc (Murillo & Pullupaxi, 2019).

### **Tinción de Gram**

Las colonias aisladas se caracterizaron microscópicamente mediante la tinción de Gram. A través de esta tinción se clasifican las bacterias Gram positivas y Gram negativas según la composición de la pared celular, y se observan los filamentos Gram positivos en color azul y los Gram negativos en color rosa (Murillo & Pullupaxi, 2019).

Para realizar la tinción lo primero que se debe hacer es un frotis de microorganismos, para ello es necesario agregar una gota de agua destilada al portaobjetos, y luego con el asa bacteriológica se toma una pequeña cantidad de la colonia y se coloca sobre el portaobjetos.

La muestra debe fijarse térmicamente, por lo que se utiliza el mechero para hacer un movimiento circular o en zigzag sobre la llama, levantando continuamente la muestra para que no se queme, se deja secar completamente para que se fije en la placa.

Las placas son teñidas con azul de metileno (1%) por un minuto y lavar con agua destilada para evitar el exceso, agregar Lugol (5%) durante 1 minuto y lavar, añadir varias gotas de alcohol antiséptico de 15 segundos y enjuagar, adicionar safranina (1%) durante 1 minuto y lavar, secar las placas a temperatura ambiente para observar en el microscopio (Sanz, 2011).

### **Técnicas microscópicas**

Para el estudio de microorganismos se utilizó el método de microscopía óptica la cual es efectiva para demostrar la morfología y el tamaño de bacterias, la afinidad de la tinción puede permitir la clasificación e identificación de bacterias, se utiliza aceite de inmersión, se visualiza a 100x con esta metodología se puede visualizar bacterias de tamaño tan pequeño como  $0,2 \mu\text{m}$  (Quinn et al., 2020).

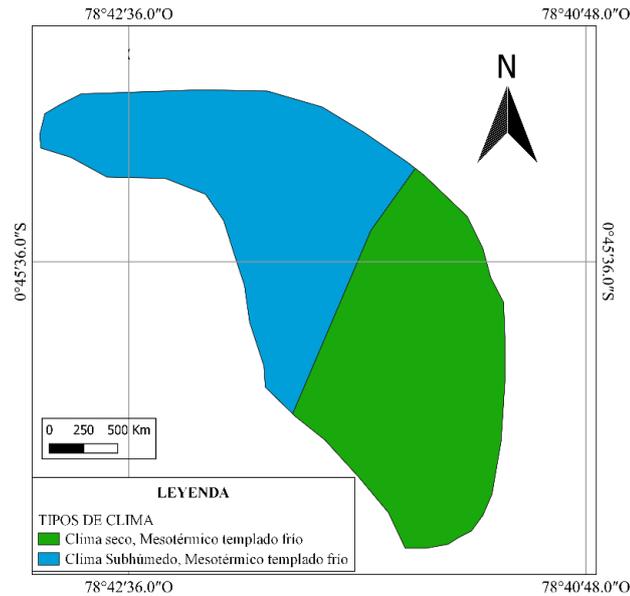
## **11. Análisis y Discusión de los Resultados**

### **11.1 Caracterización Biofísica del Piso Altitudinal de 3100 Y 3300 m.s.n.m**

#### **11.1.1 Clima**

Existen dos variedades de clima en el área de estudio en la cual predomina el clima seco sin exceso de agua, Mesotérmico templado frío con un 50,6% en el cual oscilan de 500 a 700 mm de precipitación anual con una temperatura que está en el rango de  $8^{\circ}\text{C}$  a  $10^{\circ}\text{C}$ , el 49,4% corresponde al clima Subhúmedo, mesotérmico templado frío con pequeño déficit de agua en el cual la precipitación anual varía de 500 a 750 mm y una temperatura de  $10^{\circ}\text{C}$  a  $12^{\circ}\text{C}$ .

**Figura 4** Clasificación de los tipos de climas del río Blanco (3100 a 3300 m.s.n.m)



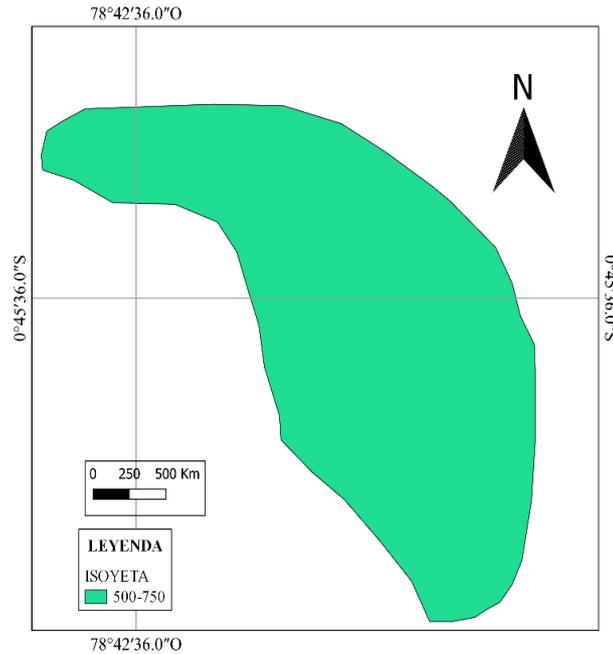
*Nota.* Tipos de climas del piso altitudinal de 3100 a 3300 m.s.n.m

*Fuente:* INAMHI 2008

### 11.1.2 Precipitación

El 100% de la zona de estudio del piso altitudinal de 3100 y 3300 m.s.n.m presenta una precipitación anual que oscila de 500 a 750 milímetros anuales por lo cual es considerado con una zona moderadamente lluviosa. Según el PDOT Toacaso (2020) la mayor precipitación anual se debe a la presencia de los vientos cálidos provenientes del trópico y la presencia de neblina que se condensan para producir lluvia. Según Cama *et al* (2013) la contaminación de fuentes difusas está ligada a los fenómenos meteorológicos como la precipitación, este tipo de contaminación comienza durante el transporte de contaminantes en la atmósfera, está relacionada con el ciclo hidrológico. El agua de lluvia continental se compone principalmente de vapor oceánico. Pastor *et al* (2015) menciona que debido a la alta velocidad del viento, el arsénico puede llegar al aire durante las tormentas de polvo, al agua y al suelo en forma de polvo arrastrado por el viento o en el agua de la escorrentía superficial cuando la lluvia se filtra a través del suelo. El primer paso en la formación de corrientes es la condensación de la humedad ambiental en lluvia o nieve. Durante este proceso, el agua entra en contacto directo con el arsénico antropogénico liberado a la atmósfera. La formación de la escorrentía comienza después de las partículas de agua llegan a la superficie, la energía de la lluvia libera partículas del suelo y puede atrapar sales y otros contaminantes, el arsénico disuelto se movilizará en los ríos.

**Figura 5** Precipitación del río Blanco (3100 a 3300 m.s.n.m)



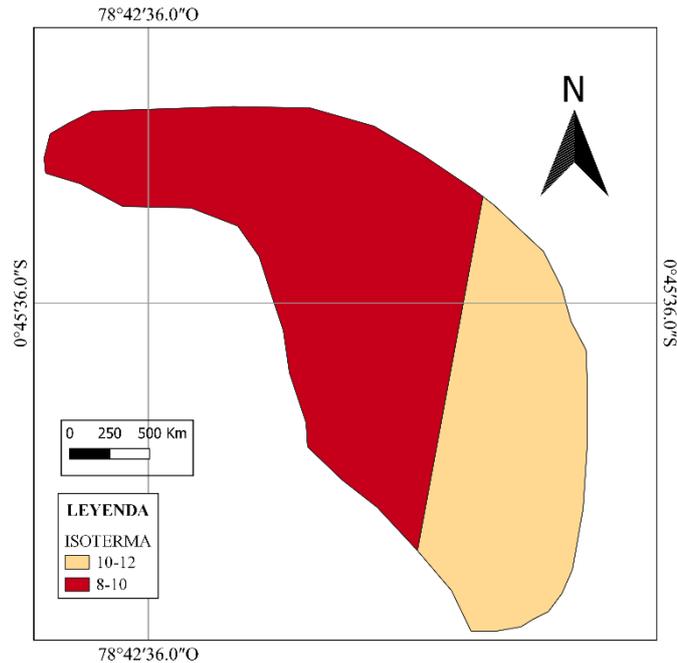
*Nota. Precipitación anual del piso altitudinal de 3100 a 3300 m.s.n.m*

*Fuente: INAMHI 2008*

### 11.1.3 Temperatura

El área de estudio cuenta con dos tipos de temperaturas en la cual predomina con el 62,8 % la temperatura de 8 °C a 10°C y el 37,2% corresponde a una temperatura de 10 °C a 12 °C. La importancia del clima incide en los procesos de oxidación y acidificación, la precipitación y temperatura jugarán un papel importante. Cuanto menor sea la temperatura, más lenta será la cinética de las reacciones, lo que significa que los procesos químicos tardarán más en completarse (Pastor *et al.*, 2015).

**Figura 6** Temperatura del río Blanco (3100 a 3300 m.s.n.m)



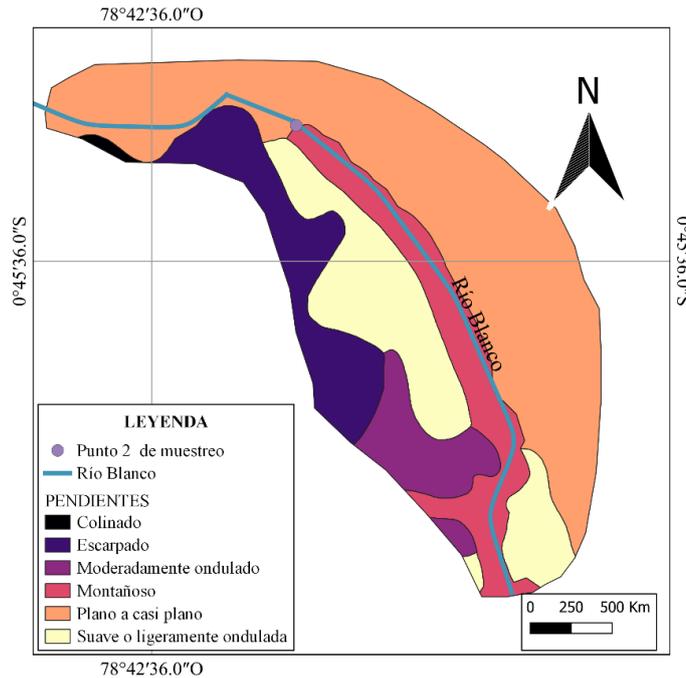
*Nota.* Temperatura anual del piso altitudinal de 3100 a 3300 m.s.n.m

*Fuente:* INAMHI 2008

#### 11.1.4 Pendiente

El área de estudio presenta el 48% de superficie plano a casi plano con pendientes nulas o débiles, el 18% de la zona corresponde de suave a ligeramente ondulada con una pendiente empinada o regular, el 13,5% es el área montañosa con pendientes fuertes y abruptas, el 12,7% de escarpado con pendientes empinadas o abruptas, el 7,1% de área moderadamente ondulado con pendiente muy empinada o muy fuerte y 0,4% de superficie colinado con pendiente muy empinada o muy fuerte. En la cuenca alta del piso altitudinal existen pendientes planas (nulas o débiles) el arsénico no es lavado energéticamente ni transportado, sino que permanece en el agua. La cuenca media y baja por donde circula el río Blanco presentan una pendiente montañosa lo que provoca el escurrimiento y transporte fluvial de material sólido ocasionando desbordes e inundaciones (Galindo *et al.*, 2005).

**Figura 7** Pendientes del río Blanco (3100 a 3300 m.s.n.m)



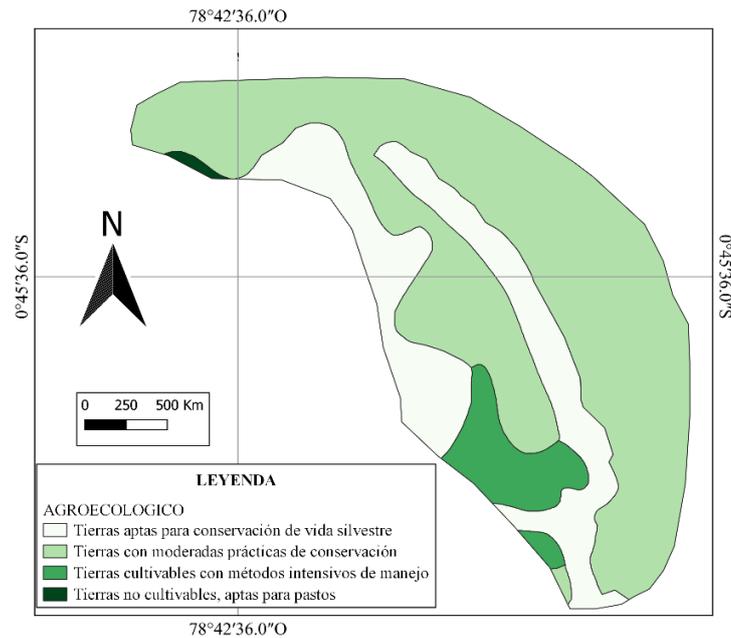
*Nota.* Pendientes del piso altitudinal de 3100 a 3300 m.s.n.m

*Fuente:* MAG 2016

### 11.1.5 Agroecología

En el área de estudio del piso altitudinal de 3100 a 3300 m.s.n.m, presenta cuatro tipos de suelos en la descripción Agroecología. El 66.4% corresponde a suelos de Tierras con ligeras limitaciones o con moderadas prácticas de conservación que se presenta en suelos con poca o nada de erosión, estas tierras contienen una fertilidad de mediana a alta y además tienen drenaje natural bueno a moderado. El 26,2% pertenece a Tierras aptas para conservación de vida silvestre, siendo terrenos que se encuentren en un estado natural en el medio ambiente, teniendo una conservación del ecosistema en especial para la flora y fauna. El 7,1% pertenece a Tierras con severas limitaciones, cultivables con métodos intensivos de manejo, en estas tierras las formas del terreno se caracterizan por sus limitaciones severas, lo que las hacen inapropiadas para fines agropecuarios. El 0,4% pertenece a una agroecología de Tierras no cultivables con severas limitaciones de humedad, aptas para pastos, estos son suelos que no tienen declives y por tanto no erosionables, teniendo características físicas que los hacen más apropiados para la vegetación permanente y para el desarrollo de actividades pecuarias, más no para las actividades agrícolas.

**Figura 8** Agroecología del río Blanco (3100 a 3300 m.s.n.m)

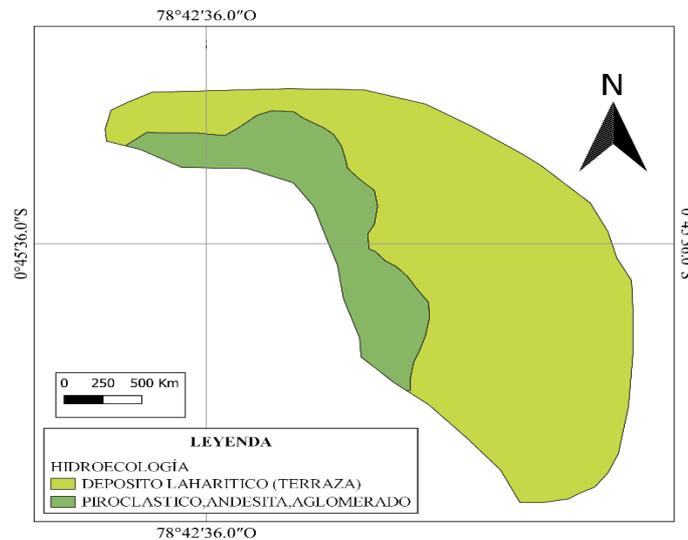


*Nota. Agroecología del piso altitudinal de 3100 a 3300 m.s.n.m*  
*Fuente: MAGAP 2005*

### 11.1.6 Hidroecología

El área de estudio presenta dos tipos de hidroecología, el primero con el 79,4% pertenece al depósito laháritico (terraza) su origen es debido a la acumulación de productos volcánicos que son depositados o generados en una erupción, que han sido removidos o mezclados por los cuerpos de agua en su recorrido se incorporan sedimentos, el segundo con el 20,6% son de Piroclástico, Andesita y Aglomerado que son fragmentos de roca ígnea volcánica solidificados, esta formación en una suspensión de partículas de grano fino en el agua y aire que se realiza durante su recorrido aéreo. La concentración de arsénico en las rocas ígneas es definida como sustancias de naturaleza muy reactiva como la ceniza volcánica pueden liberar grandes cantidades al agua. Los sedimentos más ricos en arsénico son el carbón (Cama *et al.*, 2013). El origen del arsénico está relacionado con la meteorización de materiales volcánicos (cenizas) o derivados, que son transportados por la vía atmosférica, ingresa al agua de forma natural a través de fluidos magmáticos e hidrotermales, las emisiones volcánicas atmosféricas y la desorción - disolución de minerales. Por vía antropogénica mediante la utilización de pesticidas, herbicidas y conservantes de madera (Galindo *et al.*, 2005).

**Figura 9** Hidroecología del río Blanco (3100 a 3300 m.s.n.m)



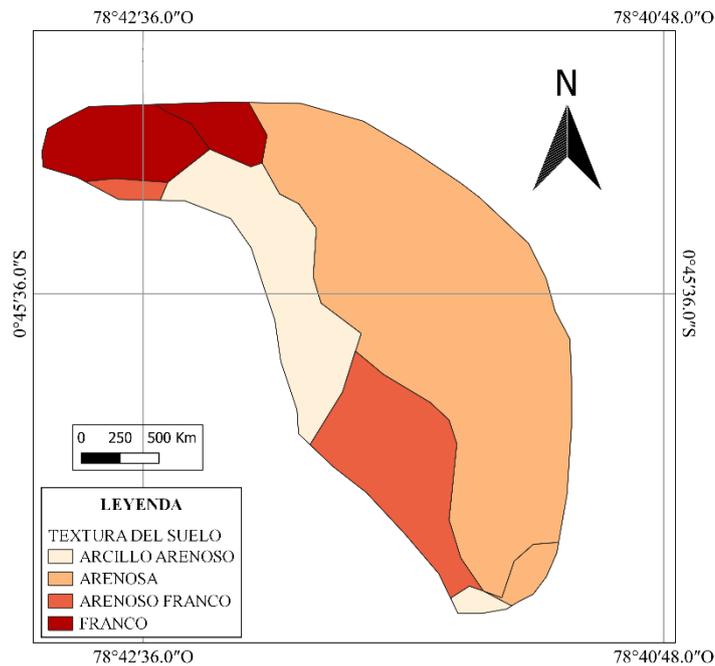
*Nota.* Hidroecología del piso altitudinal de 3100 a 3300 m.s.n.m

*Fuente:* MAGAP 2005

### 11.1.7 Textura de los suelos

El área de estudio cuenta con 4 tipos de textura del suelo en la que prevalece la Arenosa (Fina, media, gruesa) con el 59,1% son suelos que retienen pocos nutrientes y poca retención hídrica por lo cual es necesario regarlo en estaciones con poca presencia de agua, arcillo arenoso con el 15,2% son suelos con alta retención de nutrientes y retención de agua, arenoso franco 14,8% son suelos con alta productividad agrícola debido a su textura suelta por la arena, franco con el 10,8% que es un suelo uniforme, blando y suave con una elevada productividad agrícola. Las fuentes locales de agua subterránea a través de suelos arenosos son los responsables de regular los niveles de arsénico en el área, ya que los suelos arenosos pueden arrastrar el metaloide con facilidad debido a su textura se produce un flujo de arsénico por la liberación del elemento mediante los sedimentos (Callejas, 2007).

**Figura 10** Clasificación de la textura de los suelos del río Blanco (3100 a 3300 m.s.n.m)



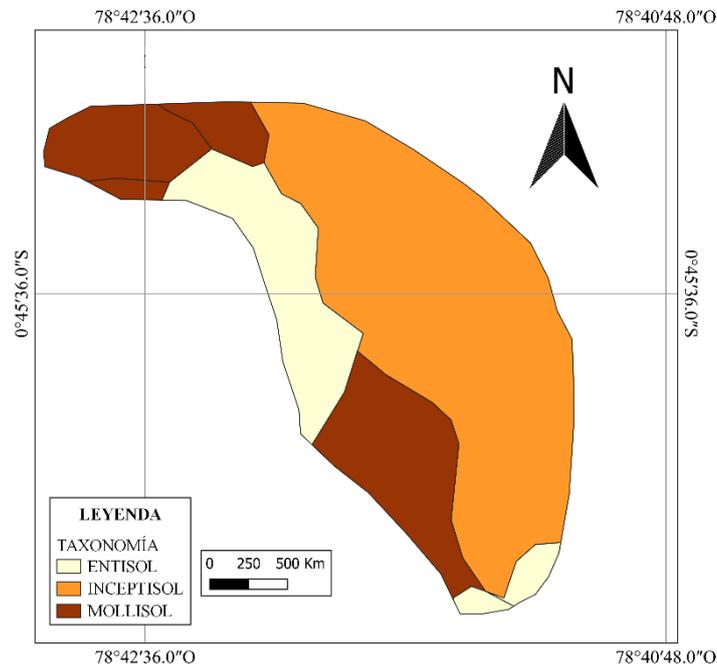
*Nota.* Textura del suelo del piso altitudinal de 3100 a 3300 m.s.n.m

*Fuente:* MAG 2016

### 11.1.8 Taxonomía de suelos

El piso altitudinal (3100 a 3300) cuenta con tres tipos de suelos en cual predomina en primer orden el Inceptisol con un 57,5% nacen de cenizas volcánicas, son de color muy negro en las zonas frías y amarillentos en las zonas cálidas y templadas. En segundo orden el Mollisol con el 25,7% son suelos oscuros con gran cantidad de materia orgánica, tienen alta fertilidad y son aptos para la producción agrícola. En tercer orden el Entisol con un 16,8% la erosión es de origen geológico o debido al cultivo intensivo, se ubican en fuertes pendientes y otros en áreas de inundación son las condiciones que no permiten el desarrollo del suelo.

**Figura 11** Clasificación de la taxonomía del río Blanco (3100 a 3300 m.s.n.m)



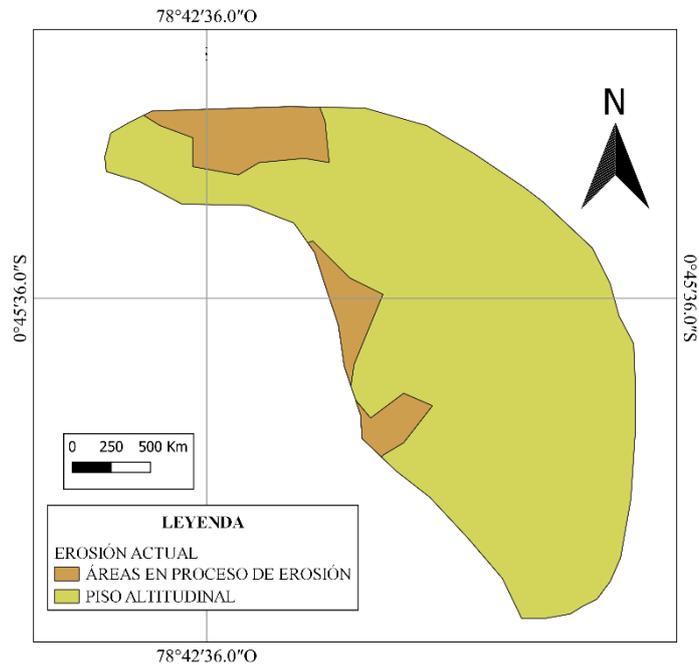
*Nota.* Taxonomía del suelo del piso altitudinal de 3100 a 3300 m.s.n.m

*Fuente:* MAG 2016

### 11.1.9 Erosión del suelo

El piso altitudinal (3100 a 3300) presenta el 11,2 % de áreas en proceso de erosión lo que implica el movimiento y transporte del material, la erosión es el desgaste o denudación de los suelos y rocas. El 88,8% corresponde a las áreas sin erosión. El arsénico es un metal que por lo general se encuentra presente en la atmósfera, hidrósfera, biósfera, geósfera, en las rocas y en el suelo en forma orgánica e inorgánica (Lillo, 2008). El arsénico puede llegar al aire durante las tormentas de polvo, al agua y al suelo en forma de polvo arrastrado por el viento o en el agua de la escorrentía superficial cuando la lluvia se filtra a través del suelo (Pastor *et al.*, 2015).

**Figura 12** Erosión del suelo del río Blanco (3100 a 3300 m.s.n.m)



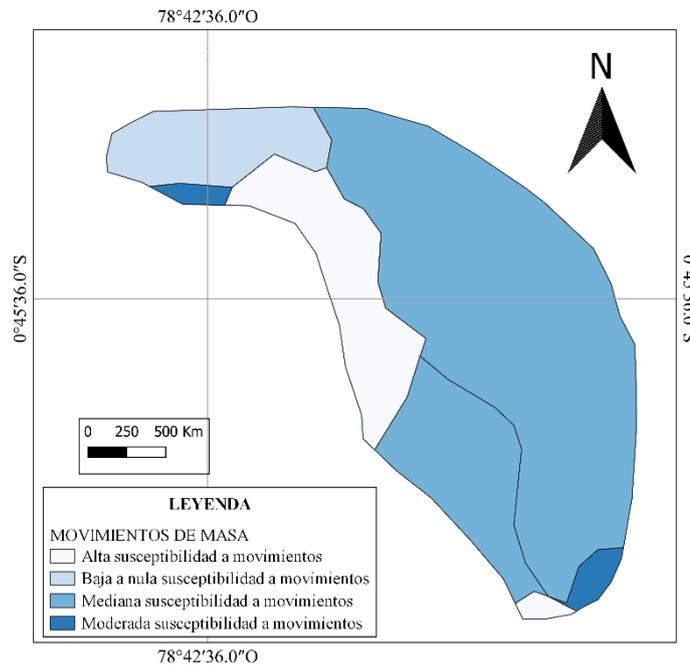
*Nota.* Erosión actual del suelo del piso altitudinal de 3100 a 3300 m.s.n.m

*Fuente:* MAGAP 2002

### 11.1.10 Movimientos de masa

El área de estudio posee el 71,4% de áreas con mediana susceptibilidad a movimientos en masa son zonas con algunas fallas, erosión intensa y materiales saturados en donde no se han registrado deslizamientos pero no hay completa seguridad de que ocurra, 15,3% de superficie con alta susceptibilidad a movimientos de masa son zonas de falla con meteorización moderada y discontinuidades desfavorables en donde se ha registrado deslizamientos y existe seguridad de que ocurran, el 10,8% de sitios de baja susceptibilidad de movimientos en masa son laderas que tienen algunas fisuras, materiales erosionados no saturados en donde no existe probabilidad de deslizamientos y el 2,5% de superficie con moderada susceptibilidad a movimientos en masa son zonas no meteorizadas con discontinuidades que no presentan ningún antecedente a posibles deslizamientos.

**Figura 13** Movimientos de masa del río Blanco (3100 a 3300 m.s.n.m)



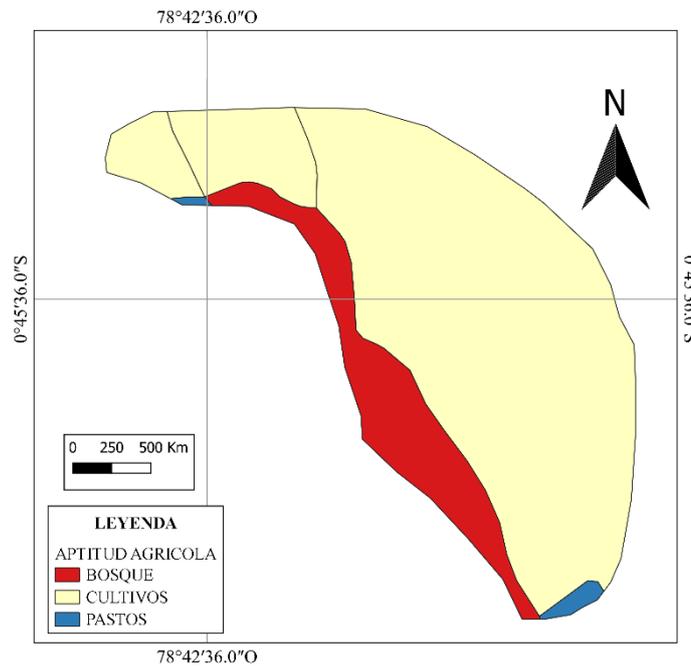
*Nota.* Movimientos de masa del piso altitudinal de 3100 a 3300 m.s.n.m

*Fuente:* MAGAP 2005

### 11.1.11 Aptitud agrícola

En el área de estudio del piso altitudinal de 3100 a 3300 m.s.n.m, presenta tres tipos de suelos en la aptitud agrícola, siendo estos: Los cultivos tienen un 83,4% y son los predominantes, esta área cuenta con tres clasificaciones agrícolas, la agrícola sin limitaciones que tiene una tecnología de mecanización y riego muy fáciles, la agricultura con limitaciones muy importantes (textura) y la agricultura con limitaciones ligeras que igual contiene una mecanización y riego muy fáciles, por esta razón estos suelos son aprovechados para el sembrío de diferentes hortalizas y vegetales, ya que son de fácil acceso para las personas y la maquinaria. El 15,6% representa a los bosques, dentro de la zona presenta características importantes de forestación, reforestación y mantenimiento de la cobertura vegetal, en estos suelos lo primordial es preservar los ecosistemas en su forma natural y que no sufran alteraciones. El 1% del área representa a los Pastos teniendo descripciones de zonas marginales para la agricultura, mejoramiento de pastos naturales existentes y zonas marginales para la agricultura, mejoramiento de pastos naturales existentes, estos suelos prácticamente están cubiertos de pastos que se generan de manera natural que no sufren alteraciones, pero las áreas son aprovechadas para el uso pecuario.

**Figura 14** Aptitud agrícola del río Blanco (3100 a 3300 m.s.n.m)



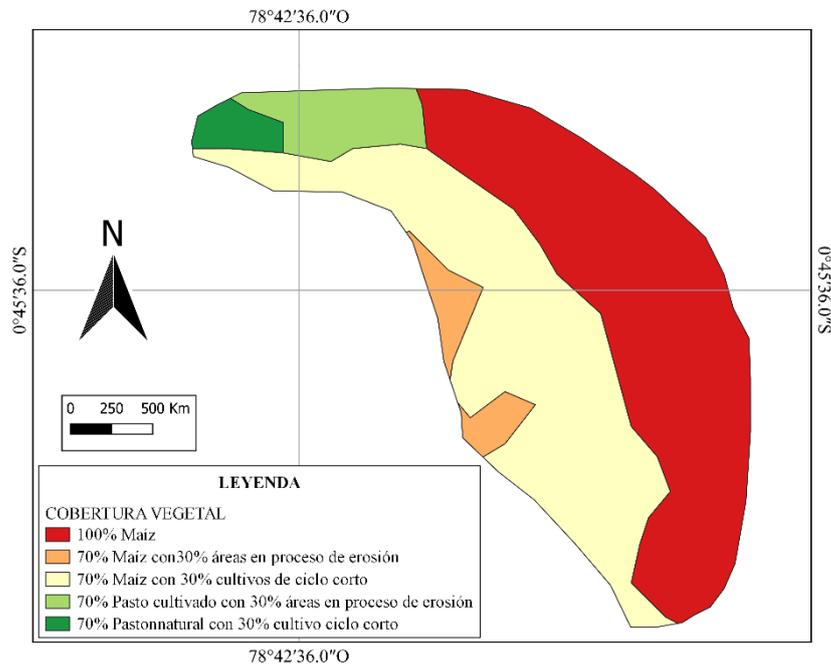
*Nota.* Aptitud agrícola del piso altitudinal de 3100 a 3300 m.s.n.m

*Fuente:* MAGAP 2005

### 11.1.12 Cobertura Vegetal

En el área de estudio del piso altitudinal de 3100 a 3300 m.s.n.m, se presenta una clasificación de cinco tipos de cobertura vegetal. El 46,1% representa a cultivos de maíz, el 40,3% es de maíz con cultivos ciclo corto y el 4,3% es de maíz con 30% áreas en proceso de erosión. El 6,7% representa a 70% pasto cultivado con 30% áreas en proceso de erosión, mientras que el 2,5% presenta 70% pasto natural con 30% cultivo ciclo corto. La principal fuente de arsénico en el suelo es la materia prima de la que se deriva, pero el uso de compuestos inorgánicos de arsénico como pesticidas y herbicidas utilizados en la agricultura y los movimientos de tierras ha contribuido a la propagación de este contaminante en el medio ambiente (García & Azofeifa, 2020).

**Figura 15** Cobertura vegetal del río Blanco (3100 a 3300 m.s.n.m)



*Nota.* Cobertura vegetal del piso altitudinal de 3100 a 3300 m.s.n.m

*Fuente:* Ministerio de Agricultura y Ganadería 2016 (MAG)

## 11.2 DETERMINAR LA CONCENTRACIÓN DE ARSÉNICO Y CALIDAD DE AGUA PRESENTE EN EL RECURSO HÍDRICO DEL RÍO BLANCO

### 11.2.1 Criterios de calidad de aguas para consumo humano y uso agrícola

Las muestras previamente levantadas en el río Blanco, se sometieron a un análisis en el laboratorio para obtener resultados de los distintos parámetros analizar que ayudan a identificar qué factores alteran la calidad de agua, los resultados obtenidos deben ser presentados y comparados, para determinar si el agua del efluente hídrico cumple con los criterios de calidad para el consumo humano (NTE INEN 1108) y para el uso agrícola (Acuerdo Ministerial 97-A).

**Tabla 5 Criterios de calidad de aguas de riego agrícola y consumo humano para el mes de enero.**

Parámetros	Simbología	Unidad	Resultados del Laboratorio	Criterios de calidad para agua de riego agrícola tabla 3 (Acuerdo ministerial 097-A)	Cumplimiento del (Acuerdo ministerial 097-A)	Requisitos físicos y químicos del agua para consumo humano tabla 1,3 (INEN)	Cumplimiento del (INEN)
Arsénico	As	mg/L	0,04323	0,1	Si	0,01	No
Potencial hidrógeno	pH	pH	8,21	6-9	Si	6,5 - 8,0	No
Manganeso	Mn	mg/L	0,178	0,2	Si	-	-
Sulfatos	SO <sub>4</sub> -2	mg/L	12,72	250	Si	-	-
Oxígeno disuelto	OD	mg/L	7,35	3	No	-	-
Coliformes fecales	NMP	NMP/100ML	16000	1000	No	-	-

*Nota: Límites permisibles de calidad de agua para riego agrícola y consumo humano*

*Fuente: Guananga Kevin y Vargas Erika*

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

Los resultados de los análisis de agua obtenidos por el laboratorio (LANCAS), del río Blanco para el mes de enero, se comparó con los requisitos físicos y químicos del agua para consumo humano INEN se establece que los parámetros de arsénico y pH sobrepasan los límites máximos permisibles (Tabla 4), por lo tanto, no cumplen con lo establecido en la normativa vigente.

### 11.2.3 Análisis de criterios de calidad de agua para uso agrícola.

Los resultados de los análisis de agua obtenidos por el laboratorio (LANCAS), del río Blanco para el mes de enero se compararon con los criterios de calidad para agua de riego agrícola del Acuerdo ministerial 097-A, concluyendo que los parámetros de arsénico, pH, manganeso y sulfatos se encuentran dentro de los límites máximos permisibles, mientras que los parámetros de oxígeno disuelto y coliformes fecales superan el rango de los LMP de la normativa vigente.

**Tabla 6 Criterios de calidad de aguas de riego agrícola y consumo humano para el mes de marzo.**

Parámetros	Simbología	Unidad	Resultados del Laboratorio	Criterios de calidad para agua de riego agrícola tabla 3 (Acuerdo ministerial 097-A)	Cumplimiento del (Acuerdo ministerial 097-A)	Requisitos físicos y químicos del agua para consumo humano tabla 1,3 (INEN)	Cumplimiento del (INEN)
Arsénico	As	mg/L	0.3470	0,1	No	0,01	No
Potencial hidrógeno	pH	pH	8.1	6-9	Si	6,5 - 8,0	No
Manganeso	Mn	mg/L	0,227	0,2	No	-	-
Sulfatos	SO <sub>4</sub> -2	mg/L	9.32	250	Si	-	-
Oxígeno disuelto	OD	mg/L	5.94	3	No	-	-
Coliformes fecales	NMP	NMP/100ML	9400	1000	No	-	-

#### 11.2.4 Análisis de criterios de calidad para consumo Humano.

Los resultados obtenidos de los análisis de agua en el laboratorio (LANCAS), del río Blanco para el mes de marzo, se comparó con los requisitos físicos y químicos del agua para consumo humano INEN, se establece que los parámetros de arsénico y pH sobrepasan los límites máximos permisibles (Tabla 5), por lo tanto, no cumplen con lo establecido en la normativa vigente.

#### 11.2.5 Criterios de calidad de agua para uso agrícola.

Los resultados obtenidos de los análisis de agua del laboratorio (LANCAS), del río Blanco para el mes de marzo, fueron comparó con los criterios de calidad para agua de riego agrícola del Acuerdo ministerial 097-A, concluyendo que los parámetros de pH y sulfatos se encuentran dentro de los límites máximos permisibles, mientras que los parámetros de arsénico, manganeso, oxígeno disuelto y coliformes fecales superan el rango de los LMP de la normativa vigente.

#### 11.2.6 Arsénico

En los resultados obtenidos del laboratorio para análisis de arsénico, para el mes de enero hubo una concentración del 0,04323 mg/L, mientras que para el mes de marzo la

concentración es de 0.3470 mg/L. Se comparó con los criterios de calidad del Acuerdo ministerial 097-A, teniendo un valor de calidad del 0,1 mg/L, los resultados obtenidos refleja que en el mes de enero si cumplen con los límites máximos permisibles, mientras que para el mes de marzo la concentración se As superó el rango establecido por la Normativa vigente. Según Llopart (2017) los altos niveles de As pueden ser causados por una variedad de factores, como las altas precipitaciones. Si bien el agua es la puerta de entrada a la nutrición de la humanidad, el consumo de alimentos poco saludables de origen vegetal y animal puede ser otra alternativa que perjudican a la salud. El uso de aguas insalubres para el riego ha favorecido a la aparición de altas concentraciones de As en los suelos agrícolas. Este hecho puede afectar a las personas que luego ingieren de estos cultivos.

### **11.2.7 pH**

Los resultados obtenidos de potencial hidrógeno, se comparó con el Acuerdo ministerial 097-A que tiene un criterio de calidad de 6-9, los valores obtenidos del laboratorio (LANCAS) para el mes de enero se presentó un valor de 8,21 pH, mientras que para el mes de marzo el pH vario a un valor de 8.1, concluyendo que los dos resultados se encuentran dentro del rango de los límites máximos permisibles.

Cuando el Arsénico se encuentra en formas solubles como As (III) y As (V) se convierte en una gran amenaza para cualquier ser vivo que pueda consumir de este líquido, con un resultado de un de 8,21 se obtiene un pH alcalino, con un potencial hidrogeno de este rango el Arsénico (III) son los que más dominan en estas aguas y se los puede encontrar como  $H_3AsO_3$ , en lo cual estos se encuentran en su forma oxidante son los que más predominan en un pH alcalino (Montoya *et al.*, 2015).

En este recurso hídrico existen factores externos que pueden causar cambios en el pH del río que algunos que incluyen el drenaje agrícola, las emisiones de combustibles fósiles como el dióxido de carbono, que se vuelve débilmente ácido cuando se disuelve en el agua del río (García *et al.*, 2019).

### **11.2.8 Sulfatos**

Los resultados obtenidos de Sulfatos del río Blanco se comparó con el Acuerdo ministerial 097-A, la cual describe los parámetros en criterios de calidad de aguas para riego agrícola que tiene un criterio de calidad de 250 mg/L. En el mes de enero se obtuvo un valor

de 12,72 mg/L, y en el mes de marzo un valor de 9.32 mg/L. La cual demuestra que los dos análisis está por debajo de los límites máximos permisibles.

Según Campos & Ulloa (2016) las aguas sulfatadas son originadas de manera natural, se produce esto cuando se extraen rocas que contienen minerales de sulfato en minas de superficie o subterráneas, este producto químico reacciona con el aire o el agua para formar ácido sulfúrico. El ácido lixivia la base de la roca cuando se expone a la intemperie y al agua. Este proceso continuo en el tiempo y puede durar cientos de años hasta que el sulfato se elimine por completo. El ácido es transportado desde las minas por el agua, la lluvia o la escorrentía y luego se depositan en lagos, arroyos, ríos y mantos acuíferos cercanos haciendo que la calidad del agua sea de mala condiciones que producen efectos nocivos como sedimentación, daño a la biota en general, eutrofización, daños a la salud humana y principalmente el deterioro de la calidad fisicoquímica y bacteriológica de los cuerpos de agua (Campos & Ulloa, 2016).

### **11.2.9 Oxígeno disuelto**

Los resultados obtenidos de Oxígeno Disuelto del laboratorio para el mes de enero se obtuvo un valor de 7,35 mg/L, y en el mes de marzo un valor de 5.94 mg/L, los cuales se comparó con el Acuerdo ministerial 097-A, que tiene un valor de 3 mg/L, la cual los dos análisis sobrepasa los límites máximos permisibles de la normativa vigente, estas altas concentraciones de oxígeno disuelto se producen por factores existentes que la alteran como la oxigenación por el flujo del agua sobre las rocas y otros detritos, la agitación del agua por las olas y el viento y la fotosíntesis de plantas acuáticas

Según Gualdrón, (2018) el oxígeno muestra la cantidad de fusión de oxígeno, que está disponible para cuerpos de agua. Este parámetro ofrece una indicación de la contaminación del agua y la ayuda que puede suministrar para el crecimiento y la revisión de las plantas de plantas vegetales. Por lo general, los altos niveles de agua proporcionan una larga velocidad fotosintética, en la mayoría de las plantas de agua.

El oxígeno disuelto es un indicador del estado del agua y es de gran importancia en el análisis de sedimentos y agua potable. El oxígeno disuelto en el agua proviene de una mezcla de agua y aire, formada por la acción del viento y el oxígeno liberado por las plantas acuáticas durante la fotosíntesis. El oxígeno disuelto en el agua es inversamente proporcional al contenido de materia orgánica, es decir, en el caso de materia orgánica superior, los microorganismos responsables de su descomposición necesitan consumir más oxígeno, por lo

que el oxígeno está menos disponible en el agua, en este sentido, cuando el oxígeno disuelto es bajo, se puede esperar una alta concentración de compuestos orgánicos donde se promueve la adsorción de arsénico As (III) y As (V). Esta interacción química es común en la mayoría de los metales traza, seguida de la precipitación de los elementos y la migración a los sedimentos y las aguas subterráneas. En cuanto a la movilidad del arsénico, está controlada principalmente por adsorción, formación de depósitos y unión superficie duras (Morales & Rojas, 2018).

#### **11.2.10 Coliformes Fecales**

Los resultados de coliformes fecales del río Blanco se los comparó con el Acuerdo ministerial 097-A, la cual describe los parámetros en criterios de calidad de aguas para riego agrícola, obteniendo resultados de 16000 NMP/100 ml, para el mes de enero y un valor de 9400 NMP/100 ml para el mes de marzo, sobrepasando los límites máximos permisibles que son de 1000 NMP/100ml, haciendo de que el agua tenga una alta contaminación de coliformes fecales, en el punto de muestreo se encontró contaminación que pueda ser de origen de agua superficiales, sistema séptico y lo más originario de esta contaminación es que los animales se encuentra a las orillas del rio donde se deposita todos sus desechos.

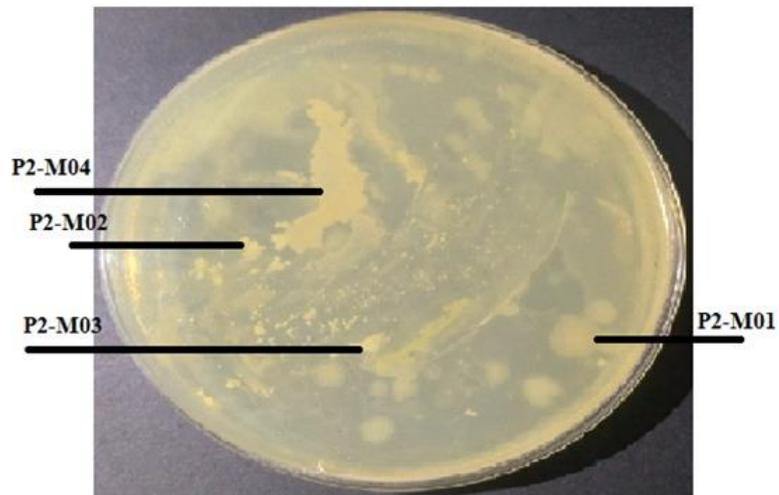
Las coliformes fecales puede existir una gran presencia de estas en aguas que estén contaminadas con aguas residuales o algunos otros tipos de contaminantes en descomposición y por lo general estas se las puede hallar en gran cantidad en la capa superficial del agua o en los sedimentos del fondo. Con el alto contenido en los resultados del laboratorio de coliformes presenta una gran presencia de microorganismos en este recurso hídrico ya que es un indicar cualitativo de contaminación por lo que probablemente contenga algún microorganismo patógeno (OMS, 2012).

### **11.3 Establecer la Trazabilidad Microbiológica en Concentraciones de Arsénico en el Agua a una Elevación de 3237 m.s.n.m.**

#### **11.3.1 Crecimiento de bacterias en enero**

En la figura 16 se observa la caja Petri de la muestra madre de los microorganismos que crecieron a partir de la siembra en agar nutritivo (30 mL) con el agua del río Blanco durante 72 horas, la fotografía fue tomada a las 11:00 am, se seleccionaron cuatro colonias para realizar una nueva siembra y aislar a los posibles microorganismos

**Figura 16** Muestra madre en agar nutritivo



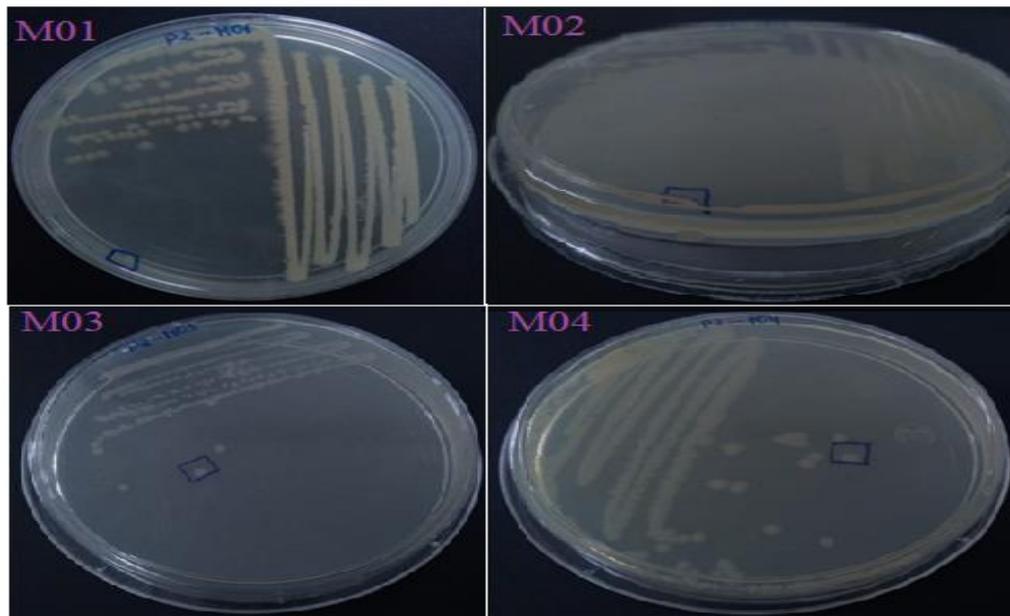
*Nota: Microorganismos cultivados en agar nutritivo*

*Fuente: Guananga y Vargas*

### **11.3.2 Aislamiento de bacterias por estrías**

Las cuatro colonias de bacterias seleccionadas de la muestra madre fueron aisladas mediante la técnica de cultivo por estrías en agar nutritivo (30 mL) durante 24 horas, la fotografía es tomada a las 10:00 am.

**Figura 17** Aislamiento de bacterias en agar nutritivo



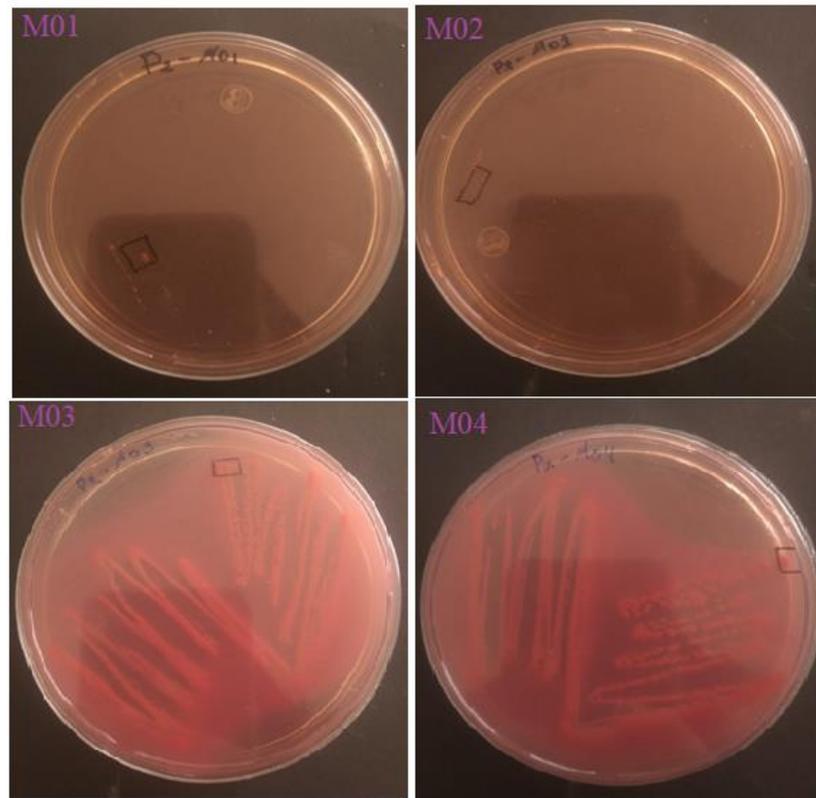
*Nota: bacterias aisladas en agar nutritivo*

*Fuente: Guananga y Vargas*

### **Aislamiento de bacterias por estrías**

Las cuatro colonias de bacterias seleccionadas de agar nutritivo M01, M02, M03, M04 se trasladaron a agar MacConkey (30 mL) se incubó durante 24 horas siguiendo la técnica de cultivo por estrías, la fotografía fue tomada a las 15:00 pm.

**Figura 18.** Aislamiento de bacterias en agar MacConkey



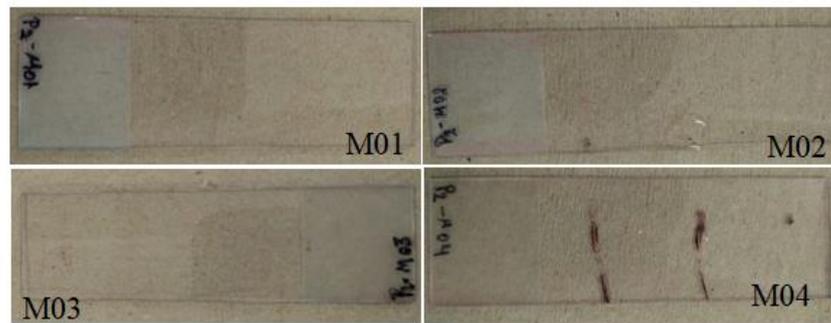
*Nota: bacterias aisladas en agar MacConkey*

*Fuente: Guananga y Vargas*

### 11.3.3 Tinción de Gram

Para realizar la tinción de Gram se seleccionaron las bacterias que fueron aisladas en agar MacConkey, el frotis de microorganismos es fijado en el portaobjetos para luego añadir diferentes colorantes como azul de metileno, lugol, alcohol y safranina durante un minuto, con la finalidad de identificar a las bacterias Gram positivo y Gram negativo, fotografía tomada a las 11:00 am.

**Figura 19** Bacterias realizadas tinción de Gram



*Nota: Tinción de Gram*

*Fuente: Guananga y Vargas*

### 11.3.4 Observación microscópica

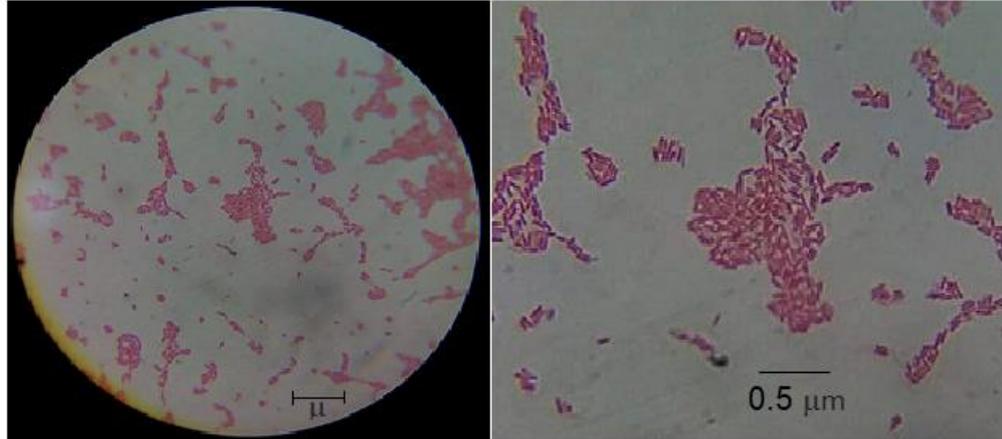
Una vez concluida la tinción de Gram se observa en el microscopio a 100x los posibles microorganismos de cada muestra, la fotografía es tomada a las 12:00 pm

#### **Resultados de la muestra P2-M01**

- Bacilos Gram negativos
- (Lactosa -)
- ~ 1,0 x 1-5 micra
- Los bacilos son bacterias en forma de bastón pueden presentarse reunidas por sus extremos formando diplococos o en cadenas largas de estreptobacilos
- Morfología y agrupación estreptobacilos

**Figura 20** Observación de bacterias en el microscopio

Las bacterias de la placa M01 son observadas con el lente de 100x y fotografiadas a las 12:00 pm



*Nota: bacterias fotografiadas con el lente 100x*

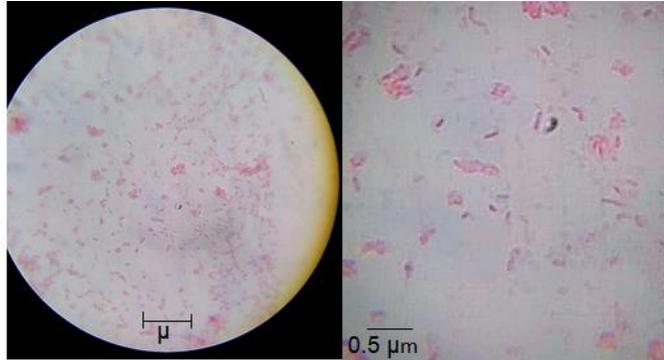
*Fuente: Guananga y Vargas*

### **Resultados de la muestra P2-M02**

- Bacilos gram negativos
- (Lactosa -)
- ~ 0.5 y 3 micrón
- Los bacilos son bacterias en forma de bastón pueden presentarse reunidas por sus extremos formando diplococos o en cadenas largas de estreptobacilos
- Morfología y agrupación en bastones con extremos rectos y redondeados

**Figura 21** Observación de bacterias en el microscopio

Las bacterias de la placa M02 son observadas con el lente de 100x y fotografiadas a las 12:30 pm



*Nota: observación microscópica con el lente 100x*

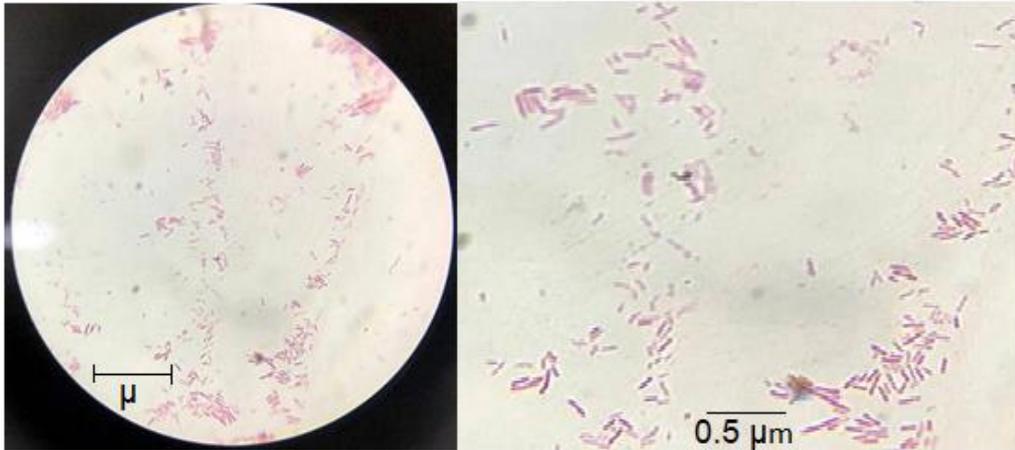
*Fuente: Guananga y Vargas*

### **Resultados de la muestra P2-M03**

- Bacilos gram negativos
- (Lactosa +)
- ~ 0.5 y 3 micra
- Bacilos son bacterias en forma de bastón pueden presentarse reunidas por sus extremos formando diplococos o en cadenas largas de estreptobacilos
- Morfología y agrupación en empalizada

**Figura 22** Observación de bacterias en el microscopio

Las bacterias de la placa M03 son observadas con el lente de 100x y fotografiadas a las 13:00 pm



*Nota: medición de bacterias de la muestra 3*

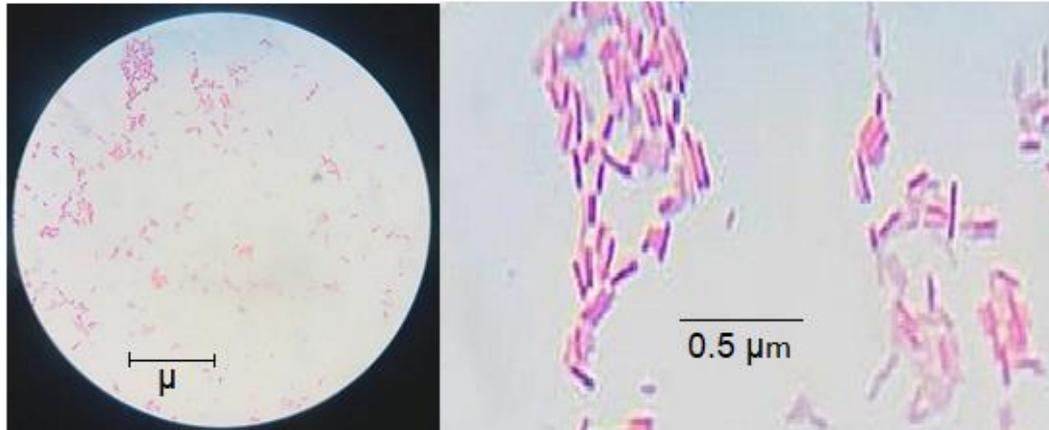
*Fuente: Guananga y Vargas*

### **Resultados de la muestra P2-M04**

- Bacilo gram negativos
- (Lactosa +)
- ~ 0.5 y 3 micra
- Los bacilos son bacterias en forma de bastón pueden presentarse reunidas por sus extremos formando diplococos o en cadenas largas de estreptobacilos
- Morfología y agrupación en letra china

**Figura 23** Observación de bacterias en el microscopio

Las bacterias de la placa M04 son observadas con el lente de 100x y fotografiadas a las 13:30 pm



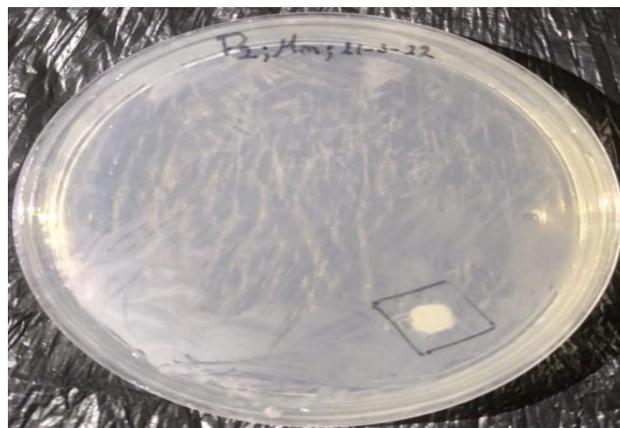
*Nota: medición de bacterias de la muestra 4*

*Fuente: Guananga y Vargas*

### 11.3.5 Crecimiento de bacterias en marzo

En la figura 24 se observa la caja Petri de la muestra madre de los microorganismos que crecieron a partir de la siembra en agar nutritivo (30 mL) con el agua del río Blanco en el mes de marzo durante 72 horas, la fotografía fue tomada a las 10:00 am, se seleccionó una colonia de bacterias para realizar una nueva siembra y aislar a los posibles microorganismos en dos cajas Petri de agar nutritivo.

**Figura 24** Muestra madre en agar nutritivo



*Nota: bacterias de la muestra madre en marzo*

*Fuente: Guananga y Vargas*

### 11.3.6 Aislamiento de bacterias por estrías

La colonia de bacterias seleccionadas de la muestra madre son aisladas en dos cajas Petri mediante la técnica de cultivo por estrías en agar nutritivo (30 mL) durante 24 horas, la fotografía es tomada a las 11:00 am.

**Figura 25** Aislamiento de bacterias en agar nutritivo



*Nota: bacterias aisladas en agar nutritivo*

*Fuente: Guananga y Vargas*

### Aislamiento de bacterias por estrías

Las dos colonias de bacterias seleccionadas de agar nutritivo M01 y M02 se trasladaron a agar MacConkey (30 mL) se incubó durante 24 horas siguiendo la técnica de cultivo por estrías, la fotografía fue tomada a las 15:00 pm.

**Figura 26.** Aislamiento de bacterias en agar MacConkey



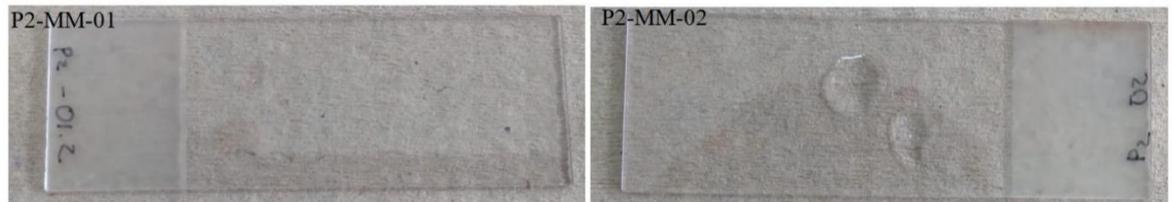
*Nota: bacterias aisladas en agar MacConkey*

*Fuente: Guananga y Vargas*

### 11.3.7 Tinción de Gram

Para realizar la tinción de Gram se seleccionaron las bacterias que fueron aisladas en agar MacConkey, el frotis de microorganismos es fijado en el portaobjetos para luego añadir colorantes como azul de metileno, lugol, alcohol y safranina durante un minuto, con la finalidad de identificar a las bacterias Gram positivo y Gram negativo, la fotografía es tomada a la 13:00 pm.

**Figura 27** Bacterias realizadas tinción de Gram



*Nota: tinción de Gram*

*Fuente: Guananga y Vargas*

### 11.3.8 Observación microscópica

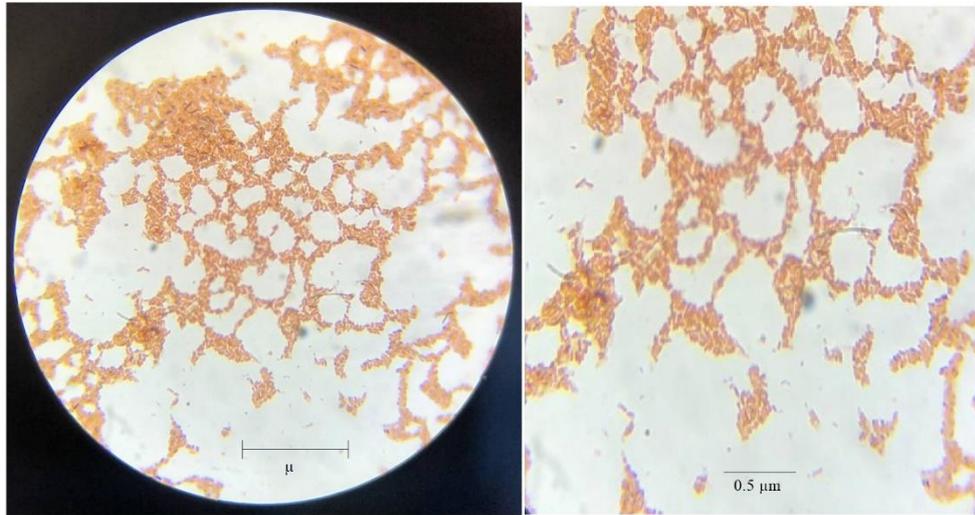
Una vez concluida la tinción de Gram se observa en el microscopio a 100x los posibles microorganismos de cada muestra, la fotografía es tomada a las 10:00 am

#### **Resultados de la muestra P2-MM-01**

- Bacilos Gram negativos
- (Lactosa -)
- ~ 0.5 y 3 micra
- Los bacilos son bacterias en forma de bastón pueden presentarse reunidas por sus extremos formando diplococos o en cadenas largas de estreptobacilos
- Morfología y agrupación estreptobacilos

**Figura 28** Observación de bacterias en el microscopio

Las bacterias de la placa P2-MM-01 son observadas con el lente de 100x y fotografiadas a las 10:15 am



*Nota: medición de bacterias de la muestra 1*

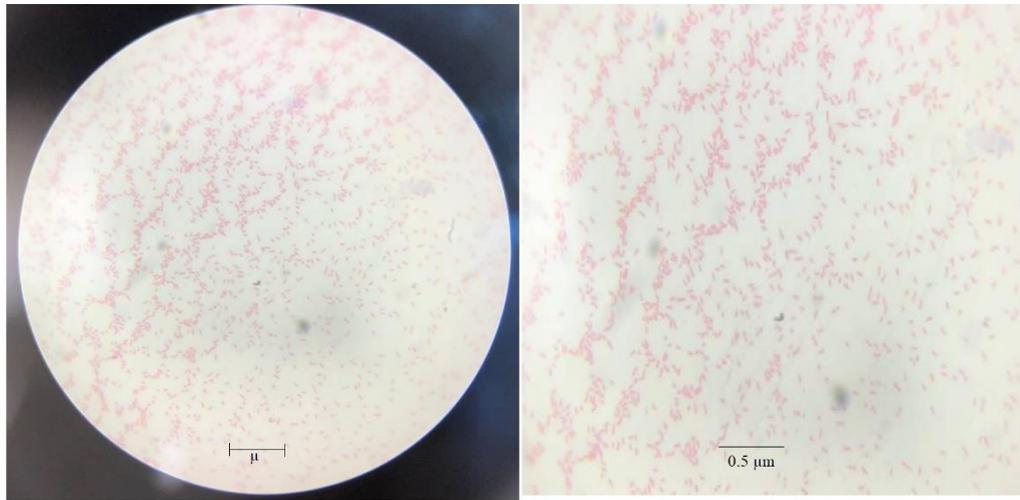
*Fuente: Guananga y Vargas*

### 11.3.9 Resultados de la muestra P2-MM-02

- Bacilos Gram negativos
- (Lactosa -)
- ~ 0.5 y 3 micra
- Los bacilos son bacterias en forma de bastón pueden presentarse reunidas por sus extremos formando diplococos o en cadenas largas de estreptobacilos
- Morfología y agrupación en bastones con extremos rectos y redondeados

**Figura 29** Observación de bacterias en el microscopio

Las bacterias de la placa P2-MM-02 son observadas con el lente de 100x y fotografiadas a las 10:30 am



*Nota: medición de bacterias de la muestra 2*

*Fuente: Guananga y Vargas*

Con los ensayos realizados en el laboratorio en el mes de enero y marzo, se aisló e identificó bacterias según su color, forma y estructura, se utilizó tinción de Gram para determinar si son gram positivos o negativos, los diferentes procesos que se realiza desde la caja madre para el aislamiento en agar nutritivo, en los resultados del mes de enero en las muestras P2-M01 y P2-M02 crecieron colonias de color crema amarillo, mientras que en las placas P2-M03 y P2-M04 crecieron dos colonias una de color crema amarillo y otra de color blanco, en el mes de marzo en las muestras P2-MM-01As y P2-MM-02As se observa que crecieron colonias de color crema amarillo. Con las colonias de bacterias aisladas en agar MacConkey se realizó la tinción Gram y se colocó en el microscopio a una visualización de 100x, se logró distinguir unas bacterias en forma de bacilos en la cual posiblemente se podrían clasificar en distintos microorganismos, una cualidad de estas es que son altamente resistentes y pueden sobrevivir con altos niveles de arsénico, algunas bacterias son capaces de resistir al arsénico superior 0,04323 mg/l y en otros caso hasta superan estos niveles, esto indica que las cepas de microorganismos se adaptan al medio con altas concentraciones de metaloides en su entorno natural.

Con la identificación de los posibles microorganismos, podría estar relacionado la bacteria del género *Pseudomonas*, esta bacteria tiene una gran resistencia a las aguas

contaminadas con una concentración de arsénico (III)(V), la bacteria tiene un crecimiento positivo en un rango de pH de 5 a 8 y una temperatura de 10 a 41 °C, esto nos ayuda a deducir que no se necesita un control en el pH y temperatura, la capacidad y habilidad de esta bacteria es que tiene el poder resistir y remover el As del agua, por esta razón se la utilizaría como removedor de contaminantes. En un estudio preliminar se demuestra que el arsénico se puede remover utilizando rocas como lecho de inmovilidad, teniendo una interacción eficaz entre la bacteria y las rocas, esto refleja el gran potencial de la *Pseudomonas*, para biorremediación del arsénico en el agua (Pellizzari et al., 2015).

## **12. IMPACTOS TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS**

### **Social**

En la parroquia Canchagua se localiza el río Blanco en la cual se estableció un punto de muestreo de 3100 a 3300 m.s.n.m, en la cual se realizó un estudio para que generar un impacto positivo en el ámbito social ya que las personas con el presente documento se informarán con el valor de concentración de arsénico (As) que existe en el agua, ya que causa un impacto negativo, afectando a la salud de las personas, además se encontraron más parámetros que estarían afectando la calidad de este recurso teniendo un sinnúmero de concentración de contaminantes, el agua al ser utilizada para la bebida, estaría afectando drásticamente a los organismos generando enfermedades y hasta la muerte de los pobladores que consumen este líquido con una alta concentración de As, con los resultados obtenidos se realizó la comparación con los criterios de calidad para consumo humano de la Norma Técnica Ecuatoriana (NTE INEN 1108), que estos están sobrepasando los límites máximos permisibles que se establece en esta ordenanza, haciendo que el agua de este recurso hídrico en la zona que se estableció el punto de análisis no sea apta para ingerirla.

### **Ambiental**

El origen de arsénico es el causante de un gran impacto negativo hacia el medio ambiente ya que por esta razón estaría contaminando suelos, agua y el aire, uno de sus principales contaminantes es el uso de pesticidas, herbicidas, desecantes, en la parcela que se estableció como punto de muestreo para realizar los análisis se encontró y se identificó que en la zona los pobladores tienen una alta producción agrícola y que utilizan fertilizantes que causa daños y degenera al medio ambiente en general.

### **Económico**

En el río Blanco en el punto de muestreo se establece que el Arsénico sobrepasa los límites de la Norma Técnica Ecuatoriana (NTE INEN 1108), para consumo humano, haciendo que el agua no sea un recurso vital hacia las personas de la comunidad, para que este líquido tenga un valor económico se tendría que establecer una planta de tratamientos teniendo una infraestructura adecuada para que elimine y reduzca toda clase de toxinas no deseadas que sobrepasen los límites máximos permisibles y sea apta para su distribución y el consumo humano sin tener ninguna clase de afectación.

### **13. Presupuesto**

**Tabla 7 Presupuesto para elaborar el proyecto de investigación**

<b>Recursos</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor unitario \$</b>	<b>Valor total \$</b>
<b>Humanos</b>	Investigadores	2	0,00	0,00
<b>Materiales de oficina</b>	Libretas	2	1,00	2,00
	Esferos	4	0,40	1,60
	Hojas	1	4,50	4,50
<b>Tecnológicos</b>	Computador	2 horas diarias	0,80	160,00
	Impresora	200 hojas	0,10	20,00
<b>Otros</b>	Transportes y salidas de campo	30	5,00	150,00
	Análisis de calidad del agua y la concentración de arsénico (Laboratorio Acreditado INAMHI)	1	80,00	80,00
	Identificación de consorcios bacterianos en el (Laboratorio UTC)	1	30,00	30,00
			Subtotal	348,10
			10% Imprevistos	150,00
			Total	598,10

*Nota: gastos económicos del proyecto de investigación*

*Fuente: Guananga Kevin y Vargas Erika*

## **14. Conclusiones y Recomendaciones**

## Conclusiones

- La caracterización biofísica del piso altitudinal de 3100 y 3300 m.s.n.m del río blanco determinó que la hidrogeología presenta el 79,4% de depósito laháritico (terrace) su origen es debido a la acumulación de productos volcánicos que son depositados o generados en una erupción y el 20,6% son de piroclástico, andesita y aglomerado por esta razón se establece que la presencia de arsénico en la zona es de origen natural debido al material geológico de donde proviene, sin embargo existen diferentes factores como las pendientes montañosas, suelos arenosos, altas precipitaciones y cobertura vegetal que permiten la movilización del arsénico por los cuerpos de agua.
- En la parroquia Canchagua se localiza el afluente del río Blanco, donde se comprobó que el agua se encuentra contaminada por cantidades de Arsénico, por la cual se realizó una evaluación de parámetros fisicoquímicos para determinar la concentración exacta, y basado en los resultados se determinó que el agua no es apta para el consumo humano ya que está sobrepasando los límites máximos permisibles de los criterios de calidad de la tabla 1 del INEN, mientras que si es apta para el uso agrícola ya que se encuentra dentro del rango de los criterios de calidad para agua de riego agrícola del TULSMA.
- En la trazabilidad microbiológica del río blanco, se realizó una tinción de Gram en la cual se logró visualizar la morfología y la agrupación de los posibles microorganismos, los que se clasifican en bacilos Gram negativos, los cuales posiblemente sean bacterias del género *Pseudomonas*, estas bacterias se encuentran ampliamente distribuidas a lo largo del río no necesita de un control de pH y temperatura debido a que se adapta a las condiciones de la zona, esta bacteria es resistente a concentraciones de arsénico la cual puede ser usada como una posible herramienta de biotecnología para tratamientos biológicos de remoción de arsénico.

## Recomendaciones

- El presente estudio se realizó unos análisis de parámetros fisicoquímicos en los cuales se evaluó el arsénico, pH, Sulfatos, Manganeseo, Oxígeno Disuelto y Coliformes Fecales, para determinar la calidad de agua que existe en la zona por lo cual se recomienda seguir con el estudio y realizar una investigación más a fondo para determinar si existen otros tipos de contaminantes que afecten la calidad de agua y proponer distintos tratamientos para eliminar toda clase de toxina que se presenta en este recurso hídrico.
- Para realizar el estudio de calidad de agua para uso doméstico y riego se recomienda realizar los análisis de manera mensual para identificar en que estación se encuentra con mayor o menor abundancia la presencia de arsénico.
- Las bacterias poseen diferentes características que benefician y perjudican al medio ambiente, en los análisis de laboratorio se identificó las posibles bacterias que se encuentran en el río Blanco se realizó una relación con el arsénico consiguiendo resultados favorables, se recomienda seguir a profundidad con el estudio debido a que existen microorganismos que son capaces de resistir y remover el arsénico, este método permite desarrollar una posible herramienta biotecnológica para tratamientos biológicos de remoción de arsénico.

## 15. Referencias Bibliográficas

- Alarcón, L. R. (2011). *PROGRAMA DE NUTRICIÓN*. 103.
- Banús, M. del C., & Bertrán, C. (2010, abril). *IMPORTANCIA DEL AGUA*. 41.  
<http://www.elementalwatson.com.ar/Revista%201%20N%201b.pdf>
- Bravo, & Giler, M. (2016, julio). *EFICIENCIA DE CONSORCIOS MICROBIANOS (IN VITRO) EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS DE LA CIUDAD DE CALCETA*.  
<https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/297/1/TMA97.pdf>
- Campos, A., & Ulloa, M. (2016). *Tratamiento de aguas sulfatadas de origen superficial producidas por una mina de carbón a cielo abierto*. 13.
- Cedeño, D. A., & Vera, E. J. (2017). *EFFECTIVIDAD DE VARIAS COMBINACIONES DE NITRÓGENO, AZUFRE, ZINC, MANGANESO, BORO Y FITOHORMONAS SOBRE EL RENDIMIENTO Y RENTABILIDAD DEL CACAO NACIONAL*. 81.
- Contreras, B. S., & Rolando, V. (2015). *Bach. LOARTE VARGAS, Arnold David*. 140.  
<https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/1013/Loarte%20vargas%20Arnold%20David%20%20%202b.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- D'Angelo, M. (2017, enero 16). *Sulfatos presentes en nuestro suministro y en aguas naturales*. General Water Company Argentina. <https://gwc.com.ar/contaminantes-del-agua/sulfatos/>
- FBIOYF. (2020). *SIEMBRA Y AISLAMIENTO DE MICROORGANISMOS*. 28.  
[https://www.fbioyf.unr.edu.ar/evirtual/pluginfile.php/202403/mod\\_resource/content/1/2020%20TP2%20BIOQ%20Y%20LCTA.pdf](https://www.fbioyf.unr.edu.ar/evirtual/pluginfile.php/202403/mod_resource/content/1/2020%20TP2%20BIOQ%20Y%20LCTA.pdf)
- Franco, L. F. L., Muñoz, P. T. L., & Garcia, F. G. M. (2016). Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 14(2), 145-153. [https://doi.org/10.18684/BSAA\(14\)145-153](https://doi.org/10.18684/BSAA(14)145-153)

- Funcagua. (2020). *Contaminación*. <https://funcagua.org.gt/contaminiacion/>
- García, S. L., Arguello, A., Parra, R., & Pilay, M. P. (2019). Factores que influyen en el pH del agua mediante la aplicación de modelos de regresión lineal. *INNOVA Research Journal*, 4(2), 59-71. <https://doi.org/10.33890/innova.v4.n2.2019.909>
- Guadarrama, R., Kido, J., Roldan, G., & Salas, M. (2016, septiembre 7). *Revista\_de\_Ciencias\_Ambientales\_y\_Recursos\_Naturales\_V2\_N5\_1.pdf*. 10. [https://www.ecorfan.org/spain/researchjournals/Ciencias\\_Ambientales\\_y\\_Recursos\\_Naturales/vol2num5/Revista\\_de\\_Ciencias\\_Ambientales\\_y\\_Recursos\\_Naturales\\_V2\\_N5\\_1.pdf](https://www.ecorfan.org/spain/researchjournals/Ciencias_Ambientales_y_Recursos_Naturales/vol2num5/Revista_de_Ciencias_Ambientales_y_Recursos_Naturales_V2_N5_1.pdf)
- Gualdrón, L. E. G. (2018). Evaluación de la calidad de agua de ríos de Colombia usando parámetros físico químicos y biológicos. *Dinámica ambiental*, 1, 83-102. <https://doi.org/10.18041/2590-6704/ambiental.1.2016.4593>
- LabSupply. (2014). AGAR NUTRITIVO. *Labsupply Cia Ltda - Su mejor Aliado*. <https://labsupply.com.ec/producto/agar-nutritivo/>
- Ley Orgánica de Salud. (2015, diciembre 18). *LEY-ORGÁNICA-DE-SALUD 4.pdf*. <https://www.salud.gob.ec/wp-content/uploads/2017/03/LEY-ORG%C3%81NICA-DE-SALUD4.pdf>
- Lillo, J. L. (2008). *Peligros geoquímicos: Arsénico de origen natural en las aguas*. 33. [https://www.aulados.net/GEMM/Documentos/Peligros\\_geoquimicos\\_As/Peligros\\_As\\_2.pdf](https://www.aulados.net/GEMM/Documentos/Peligros_geoquimicos_As/Peligros_As_2.pdf)
- Litter, M. (2018). *Arsénico en agua* (1ª edición). UNSAM Edita: <https://www.funintec.org.ar/contenidos/aguahumedales-es-el-primer-libro-de-la-serie-futuros/>

- Llopart, E., Basso, A., Bethular, P., & Pontello, V. (2017). *CONTENIDO DE ARSÉNICO EN PLANTAS DE LECHUGA CULTIVADAS EN LA CIUDAD DE FUNES*.  
<https://www.redalyc.org/pdf/877/87754348006.pdf>
- Montoya, E. A. R., Hernández, L. E. M., & Escareño, M. P. L. (2015a). *Impacto del arsénico en el ambiente y su transformación por microorganismos*. 16.  
<http://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v33n2/2395-8030-tl-33-02-00103.pdf>
- Montoya, E. A. R., Hernández, L. E. M., & Escareño, M. P. L. (2015b). *Impacto del arsénico en el ambiente y su transformación por microorganismos*. 16.  
<http://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v33n2/2395-8030-tl-33-02-00103.pdf>
- Ordenanza Municipal Cantón Latacunga. (2014, enero 14).  
*1\_113\_ordenanza\_descontaminacion\_proteccion\_rios\_afluentes\_hidricos\_canton\_Latacunga.pdf*.  
[https://latacunga.gob.ec/images/pdf/Ordenanzas/1\\_113\\_ordenanza\\_descontaminacion\\_proteccion\\_rios\\_afluentes\\_hidricos\\_canton\\_latacunga.pdf](https://latacunga.gob.ec/images/pdf/Ordenanzas/1_113_ordenanza_descontaminacion_proteccion_rios_afluentes_hidricos_canton_latacunga.pdf)
- Pineda, J. (2020, agosto 28). *Recursos Hídricos*. encolombia.com.  
<https://encolombia.com/economia/agroindustria/agronomia/recursos-hidricos/>
- Pullés, M. R. (2014). *Microorganismos indicadores de la calidad del agua potable en Cuba*. 45, 13. <https://www.redalyc.org/pdf/1812/181230079005.pdf>
- Salgado, E. (2021). *El agua. Conceptos básicos*. <http://www.academiaagronomica.cl/wp-content/uploads/2018/12/AGUA-LIBRO-1-3.pdf>
- Sanz, S. A. (2011). *Prácticas de microbiología*. Universidad de La Rioja.  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=100835>

## 16. Anexos

### Anexo 1 Caracterización biofísica de la zona de estudio

Ilustración 1: Reconocimiento del lugar y toma de coordenadas



Ilustración 2: muestreo para análisis de calidad del agua



Ilustración 3: muestreo para análisis de laboratorio



Ilustración 4: Efluente Hídrico



**Anexo 2** Toma de muestras de agua para oxígeno disuelto

Ilustración 5: toma de muestra de agua



Ilustración 6: introducción de preservantes



Ilustración 7: etiquetado de la muestra



**Anexo 3** Toma de muestra de agua para análisis de pH y sulfatos.

Ilustración 8: toma de muestra de agua



Ilustración 9: etiquetado de la muestra

**Anexo 4** Toma de muestra de agua para análisis de arsénico y manganeso

Ilustración 10: toma de muestra de agua



Ilustración 11: etiquetado de muestras



**Anexo 5** Toma de muestra de agua para análisis de coliformes fecales

Ilustración 12: toma de muestra de agua

Ilustración 13: etiquetado de la muestra

**Anexo 6** Preparación de medio de cultivo para identificación de consorcios bacterianos

Ilustración 14: materiales para la elaboración de medio de cultivo con agar nutritivo

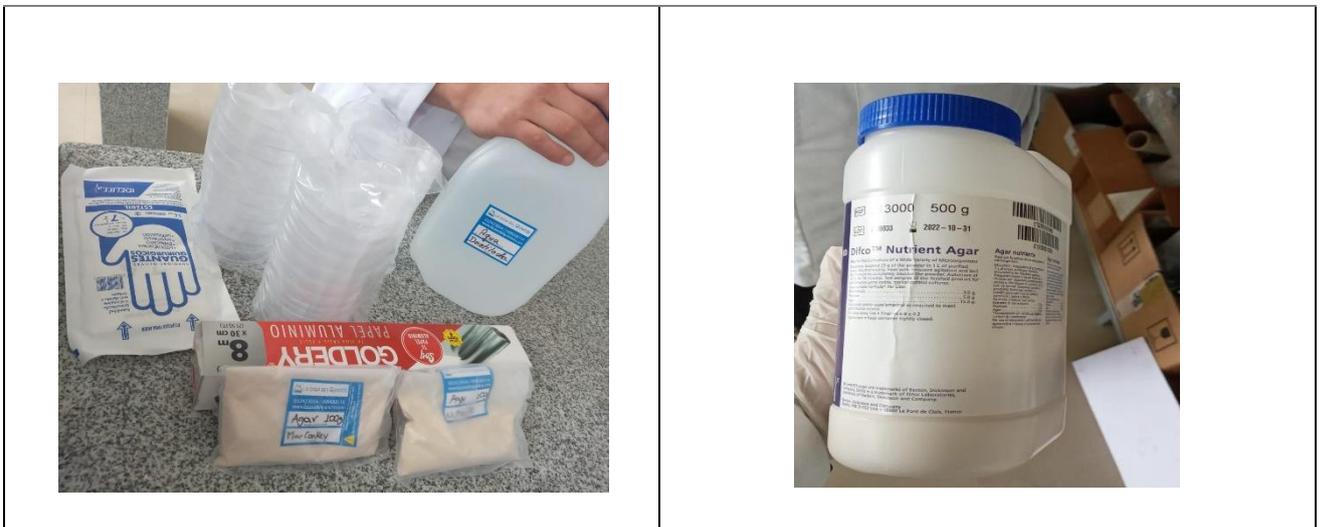


Ilustración 15: Pesar del agar con la balanza de precisión

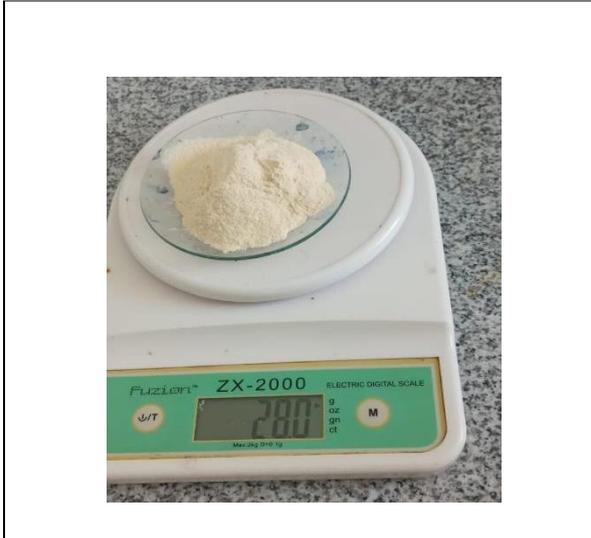


Ilustración 16: Disolución del agar



Ilustración 17: Esterilización del agar



Ilustración 18: Colocar el agar en las cajas petri



Ilustración 19: Dilución de la muestra de agua

Ilustración 20: Siembra de las muestras



Ilustración 21: Reposo en la incubadora

Ilustración 22: Conteo de colonias

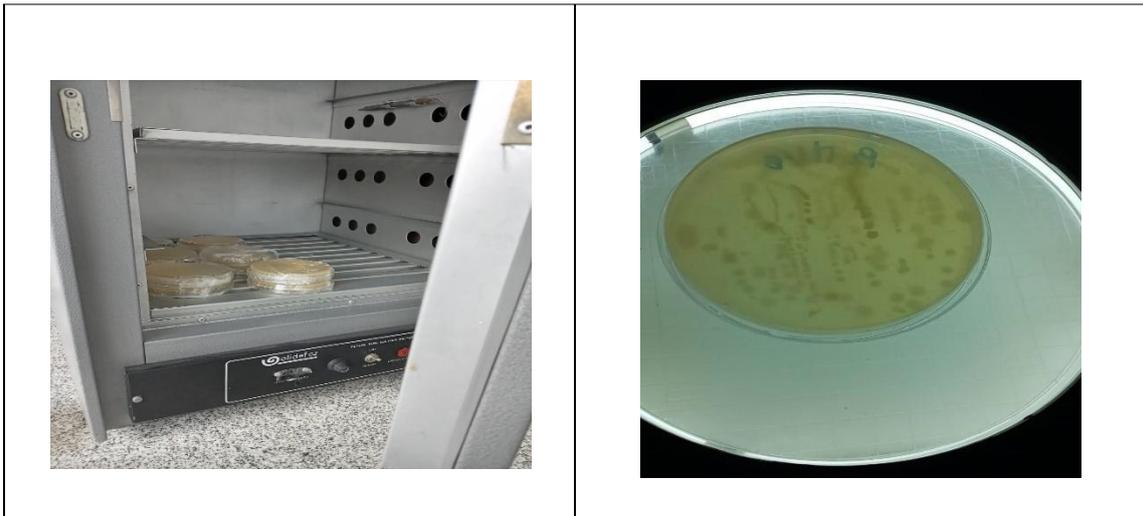
**Anexo 7** Técnica de aislamiento por agotamiento por estría

Ilustración 23: Esterilización del asa de siembra



Ilustración 24: Transferir el inóculo a las cajas petri



Ilustración 25: Extender el inóculo por estrías juntas

Ilustración 26: Reposo en la incubadora



## Anexo 8 Tinción de Gram

Ilustración 27: Fijar el asa de siembra en el mechero

Ilustración 28: Preparación de un frotis bacteriano



Ilustración 29: Cubrir la preparación con azul de metileno

Ilustración 30: Lavar con agua destilada

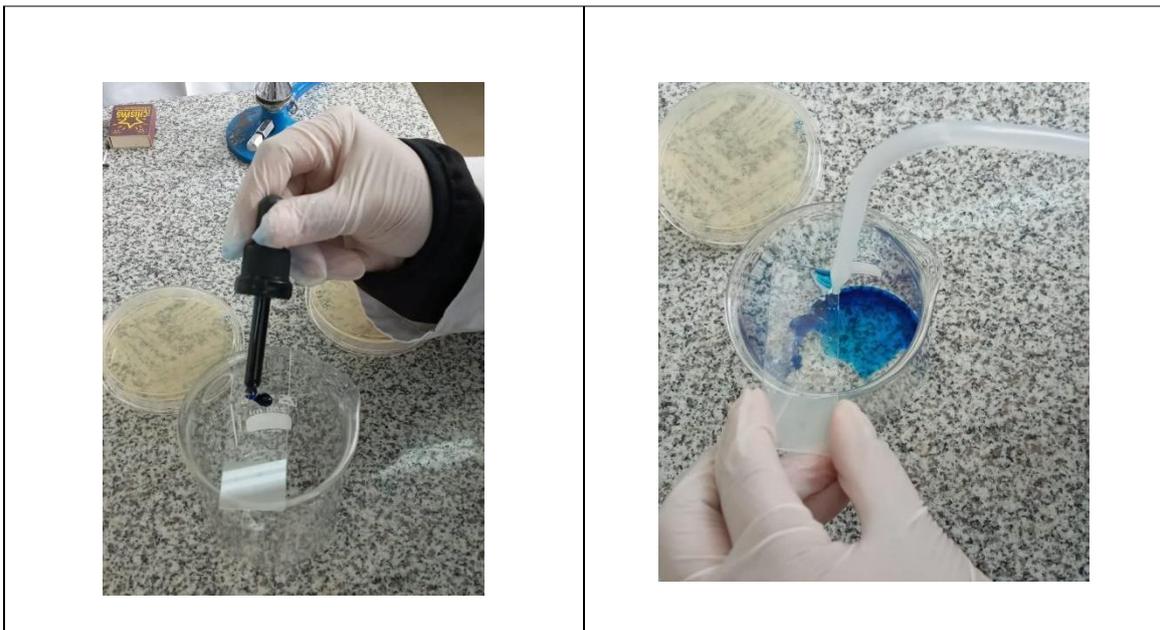


Ilustración 31: Cubrir la preparación con lugol

Ilustración 32: Añadir alcohol



Ilustración 33: Agregar la safranina

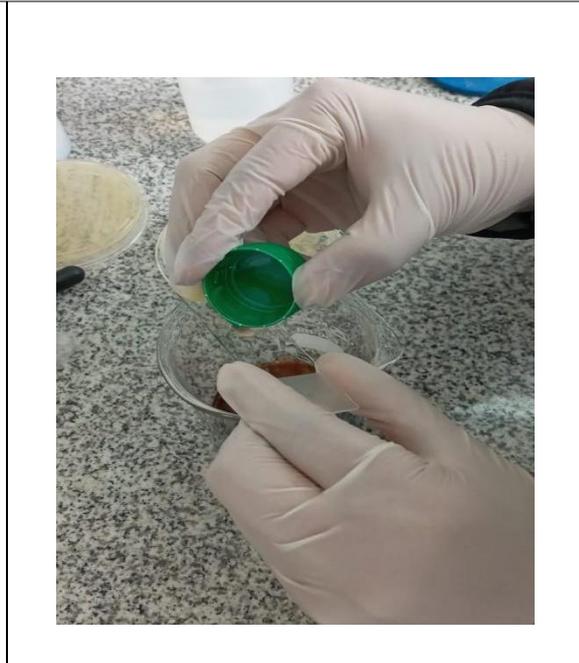
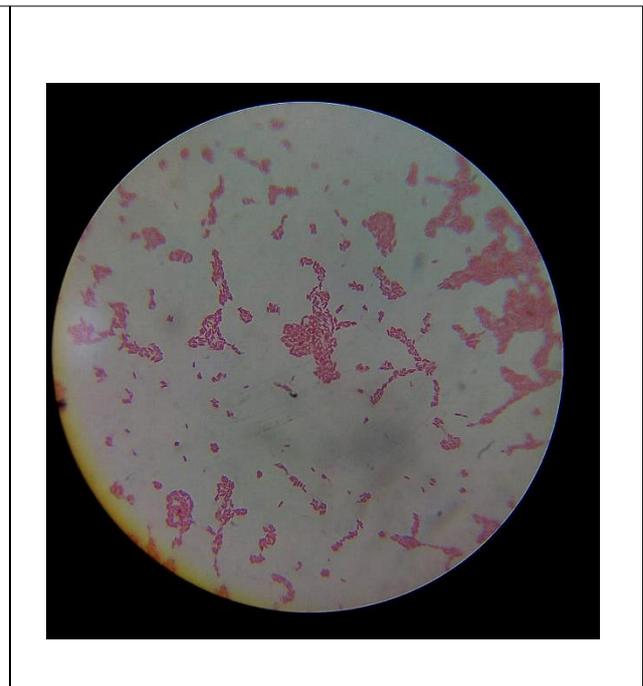


Ilustración 34: Observación en el microscopio



## Anexo 9 Informe de resultados del Laboratorio Nacional de Calidad de aguas y sedimentos (INAMHI) mes de Enero



### INFORME DE RESULTADOS

RC38-06

N°. 22-021  
Pág. 1 de 3

<b>USUARIO:</b>	Erika Vargas		
<b>PERSONA DE CONTACTO:</b>	Erika Vargas		
<b>DIRECCIÓN:</b>	Latacunga		
<b>TELÉFONO CONVENCIONAL / CELULAR:</b>	No Reporta	0958905419	<b>Email:</b> <a href="mailto:erika.vargas3861@utc.edu.ec">erika.vargas3861@utc.edu.ec</a>
<b>MÉTODO DE MUESTREO:</b>	No Aplica		
<b>FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN DE LAS MUESTRAS:</b>	19/1/2022	16H25	<b>OT:</b> 22-005
<b>LUGAR DE ANÁLISIS:</b>	LANCAS: Núñez de Vela N36-15 y Corea		
<b>FECHA DE ANÁLISIS:</b>	19/1/2022	a	27/1/2022
<b>FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME:</b>	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-22-021	Agua Natural	Punto 2	Río Blanco	19/1/2021	10H00	-0.752485 -78.702056
<b>Observaciones / Condición de recepción de la muestra</b>						
La muestra para Oxígeno Disuelto presenta burbuja						

#### REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

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

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

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

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

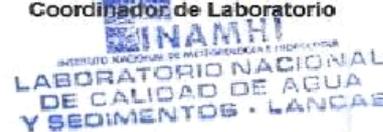
El laboratorio se hace responsable de toda la información suministrada en el informe, excepto de la información proporcionada por el usuario. (Los datos proporcionados por el usuario se muestran en gris).

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

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

NR: No Reporta

NA: No Aplica

  
 Autorizado por:  
**Dra. Jeaneth Cartagena**  
**Coordinadora de Laboratorio**  


INFORME DE RESULTADOS

RC38-06

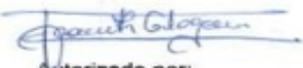
N°. 22-021  
Pág. 2 de 3

Parámetros	Método Interno LANCAS	Método de Referencia	Unidades	Valor
pH	PE01	Standard Methods Ed 23, 2017. 4500 H <sup>+</sup> B	UpH	8,21
Arsénico	PE04	Standard Methods Ed 23, 2017. 3114 B Modificado	ug/L	43,230
Manganeso	PE30	Standard Methods Ed 23, 2017. 3111 B	mg/L	0,178
Sulfatos	PE45	HACH No 8051 12/99 7 ed	mg/L	12,72
Oxígeno Disuelto	PE46	Standard Methods Ed 23, 2017. 4500-O C	mg/L	7,35 <sup>(1)</sup>
Coliformes fecales	PEMi02	Standard Methods Ed 23, 2017. 9221 E 1 Modificado	NMP/100 ml	1,6E+04

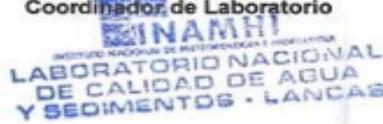
REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

<sup>(\*)</sup> Los valores reportados se encuentran fuera del alcance de Acreditación del SAE

<sup>(1)</sup> Los resultados de ensayo podrían estar afectados por condiciones de recepción de la muestra



Autorizado por:  
Dra. Jeaneth Cartagena  
Coordinador de Laboratorio



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

**Anexo 10** Informe de resultados del Laboratorio Nacional de Calidad de aguas y sedimentos (INAMHI) mes de marzo



**INFORME DE RESULTADOS**

RC38-06

N° 22-061

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	347,028 <sup>(A)</sup>
Manganeso	PE30	Standard Methods Ed 23, 2017. 3111 B	mg/L	0,227
Sulfatos	PE45	HACH No 8051 12/99 7 ed	mg/L	9,32
Oxígeno Disuelto	PE46	Standard Methods Ed 23, 2017. 4500-O C	mg/L	5,94 <sup>(1)</sup>
Coliformes fecales	PEM02	Standard Methods Ed 23, 2017. 9221 E 1 Modificado	NMP/100 ml	9400,0

**REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:**

<sup>(A)</sup> Los valores reportados se encuentran fuera del alcance de Acreditación del SAE<sup>2</sup>

<sup>(1)</sup> Los resultados de ensayo podrían estar afectados por condiciones de recepción de la muestra<sup>3</sup>

  
 Autorizado por:  
 Dra. Jeaneth Cartagena  
 Coordinador de Laboratorio  
