



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

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**Título:**

---

**“TRAZABILIDAD MICROBIOLÓGICA DE ENTEROBACTERIAS EN SITIOS  
POCO MONITOREADOS Y CONTAMINADOS CON ARSÉNICO  
PROVENIENTE DE FUENTES NATURALES ENTRE LOS 3600 Y 3700  
M.S.N.M EN LA PARROQUIA DE TOACASO”**

---

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

**Autores:**

Rueda Santo Tatiana Lisseth  
Villegas Pazmiño Dennys Paúl

**Tutor:**

Ilbay Yupa Mercy Lucila Ph.D.

**LATACUNGA – ECUADOR**

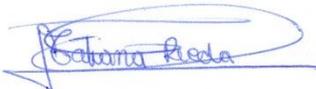
**Marzo 2022**

## DECLARACIÓN DE AUDITORIA

Rueda Santo Tatiana Lisseth, con cédula de ciudadanía No. 0504122581; y Villegas Pazmiño Dennys Paúl, con cédula de ciudadanía No. 0503530818; declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: **“Trazabilidad microbiológica de enterobacterias presentes en sitios poco monitoreados y contaminados con arsénico provenientes de fuentes naturales entre los 3600 y 3700 m.s.n.m. en la parroquia de Toacaso”**, 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 posible 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, 16 de marzo del 2022



Tatiana Lisseth Rueda Santo  
Estudiante  
CC: 0504122581



Dennys Paúl Villegas Pazmiño  
Estudiante  
CC: 0503530818



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

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

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **RUEDA SANTO TATIANA LISSETH**, identificada con cédula de ciudadanía **0504122581** 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 Encargado, 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 de enterobacterias presentes en sitios poco monitoreados y contaminados con arsénico provenientes de fuentes naturales entre los 3600 y 3700 m.s.n.m en la parroquia de Toacaso**”, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

### **Historial Académico**

Inicio de la carrera: Abril 2018 - Agosto 2018

Finalización de la carrera: Octubre 2021 – Marzo 2022

Aprobación en Consejo Directivo. - 7 de enero del 2022

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

**Tema:** “Trazabilidad microbiológica de enterobacterias presentes en sitios poco monitoreados y contaminados con arsénico provenientes de fuentes naturales entre los 3600 y 3700 m.s.n.m en la parroquia de Toacaso”

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

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

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

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- e) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

**CLÁUSULA QUINTA.** - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **LA CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

**CLÁUSULA SEXTA.** - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

**CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD.** - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **LA CEDENTE** podrá utilizarla.

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

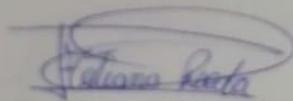
**CLÁUSULA NOVENA.** - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia,

la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

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

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

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 16 días del mes de marzo del 2022.



Tatiana Lisseth Rueda Santo

**LA CEDENTE**

Ph.D. Cristian Tinajero Jiménez

**LA CESIONARIA**

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

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **VILLEGAS PAZMIÑO DENNYS PAUL**, identificado con cédula de ciudadanía **0503530818** de estado civil soltera, 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 Encargado y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

**ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA.** - **EL CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de **Ingeniería Ambiental**, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “**Trazabilidad microbiológica de enterobacterias presentes en sitios poco monitoreados y contaminados con arsénico provenientes de fuentes naturales entre los 3600 y 3700 m.s.n.m en la parroquia de Toacaso**”, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

### **Historial Académico**

Inicio de la carrera: Abril 2018 - Agosto 2018

Finalización de la carrera: Octubre 2021 – Marzo 2022

Aprobación en Consejo Directivo: 7 de enero del 2022

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

Tema: “Trazabilidad microbiológica de enterobacterias presentes en sitios poco monitoreados y contaminados con arsénico provenientes de fuentes naturales a 3600 y 3700 m.s.n.m en la parroquia de Toacaso”

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

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

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

- f) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- g) La publicación del trabajo de grado.
- h) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- i) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- j) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

**CLÁUSULA QUINTA.** - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **EL CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

**CLÁUSULA SEXTA.** - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

**CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD.** - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **EL CEDENTE** podrá utilizarla.

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

**CLÁUSULA NOVENA.** - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia,

la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

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

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

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 16 días del mes de marzo del 2022.

Dennys Paúl Villegas Pazmiño

**EL CEDENTE**

Ing. Ph.D. Cristian Tinajero Jiménez

**LA CESIONARIA**

## **AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

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

**“TRAZABILIDAD MICROBIOLÓGICA DE ENTEROBACTERIAS PRESENTES EN SITIOS POCO MONITOREADOS Y CONTAMINADOS CON ARSÉNICO PROVENIENTES DE FUENTES NATURALES ENTRE LOS 3600 Y 3700 M.S.N.M EN LA PARROQUIA DE TOACASO”**, de Rueda Santo Tatiana Lisseth y Villegas Pazmiño Dennys Paúl, 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, 16 de marzo del 2022

  
Ph.D. Mercy Lucila Ilbay Yupa

**DOCENTE TUTOR**

CC: 0604147900

## AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, las postulantes: **Rueda Santo Tatiana Liseth** y **Villegas Pazmiño Dennys Paúl**, con el título del Proyecto de Investigación “**TRAZABILIDAD MICROBIOLÓGICA DE ENTEROBACTERIAS PRESENTES EN SITIOS POCO MONITOREADOS Y CONTAMINADOS CON ARSÉNICO PROVENIENTES DE FUENTES NATURALES ENTRE LOS 3600 Y 3700 M.S.N.M EN LA PARROQUIA DE TOACASO**”, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

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

Latacunga, 16 de marzo del 2022



Lector 1 (Presidente)  
Ing. Mg. Oscar René Daza Guerra  
CC: 0400689790



Lector 2  
Ing. Ph.D. Eliana Amparito Boada  
Cahueñas  
CC: 1719312892



Lector 3  
Ing. Mg. José Luis Agreda Oña  
CC: 0401332101

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco primero a dios por haberme dado la vida y por haberme guiado en todo este transcurso de vida universitaria, brindándome sabiduría y la fuerza para enfrentar cada una de las adversidades que se presentaron en este largo tiempo.

A la UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI por darme la oportunidad de ser parte de esta prestigiosa institución, a mis docentes quienes fueron los mentores para poder obtener los conocimientos necesarios para mi formación, en especial a mi tutora Ph.D. Mercy Ibay quien con su paciencia, enseñanza y guía ha hecho posible el desarrollo de la presente investigación.

A mi familia y amigos que a lo largo de esta etapa estudiantil han sido quienes me han impulsado a seguir luchando por mis metas y sueños, por todas las cosas buenas que me permitieron sonreír y las malas que indudablemente me ayudaron a crecer.

*Lisseth Santo*

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por darme salud y vida, a mis padres por su guía, afecto en todo este transcurso de vida estudiantil y ese regaño en el momento indicado brindándome sabiduría y fuerza para enfrentar cada una de las adversidades que se presentaron en este largo tiempo.

A mis docentes quienes fueron los mentores para poder obtener los conocimientos necesarios para mi formación, en especial a mi tutora Ph.D. Mercy Ilbay, la mejor docente que tenido durante mi vida universitaria, quien con su paciencia, cariño, enseñanza y guía ha hecho posible el desarrollo de la presente investigación.

A mis primos y amigos que a lo largo de mi vida han estado en mis alegrías y tristezas con un consejo y un abrazo, impulsándome a seguir luchando y no rendirme a pesar de las dificultades que se me presentaron en la vida.

Un especial agradecimiento a mi tío Wilson Herrera, quien fue mi guía durante mi estancia en la universidad.

Gracias a todos por el apoyo y la confianza que pusieron en mí para cumplir esta meta.

*Dennys Villegas*

## **DEDICATORIA**

A Raúl Piedra y Eva Hinojosa quienes me enseñaron a ser una persona perseverante, luchadora a esforzarme por mis sueños a no rendirme y seguir con la frente en alto pese a las dificultades que se me presenten en el camino.

A mi madre, abuelita, tíos y hermanos en especial a Darwin Gallardo que a pesar de todo siempre han estado ahí apoyándome, siempre teniendo una palabra de aliento cuando he sentido que ya no he podido más, siendo ese pilar y motivación para seguir adelante.

*Lisseth Santo*

## **DEDICATORIA**

A mis padres Wilson Villegas y Yolanda Pazmiño quienes me enseñaron a ser una persona humilde, respetuosa con grandes valores. A mi hermano Israel Villegas que con su ejemplo me enseñó que todas las metas se logran con perseverancia, luchando día a día sin rendirse ante ningún problema de la vida.

A mis primos en especial a David y Ronny Villegas que son mis cómplices y participes en las mejores experiencias de mi vida, escuchándome y dándome un consejo para mejorar. A mis amigos con quienes compartí momentos de alegrías, tristes y largas conversaciones enseñándome que todos tenemos sueños que para cumplirlos es necesario ponerlos como prioridad ante las demás cosas, sin olvidar que siempre habrá un tiempo para divertirse.

*Dennys Villegas*

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

## FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

### TÍTULO: “TRAZABILIDAD MICROBIOLÓGICA DE ENTEROBACTERIAS EN SITIOS POCO MONITOREADOS Y CONTAMINADOS CON ARSÉNICO PROVENIENTE DE FUENTES NATURALES ENTRE LOS 3600 Y 3700 M.S.N.M. EN LA PARROQUIA DE TOACASO”

**AUTORES:** Rueda Santo Tatiana Lisseth

Villegas Pazmiño Dennys Paúl

#### RESUMEN

La presencia de arsénico en agua se ha convertido en un problema a nivel global debido a que millones de personas se encuentran expuestas a arsénico en agua de consumo y para fines agropecuarios. Esta investigación tiene como objetivo establecer la trazabilidad microbiológica de enterobacterias en sitios poco monitoreados y contaminados con arsénico proveniente de fuentes naturales entre los 3600 y 3700 m.s.n.m en la parroquia de Toacaso, en la quebrada Talahuachana en el punto ubicado a 3623 m.s.n.m. en las coordenadas -0.718646 latitud sur y -78.733882 de longitud oeste. En la caracterización biofísica de la zona se consideró el clima, la temperatura, la precipitación e hidrogeología. Los resultados de los análisis fisicoquímicos del laboratorio fueron comparados con los parámetros de la normativa ecuatoriana. La relación entre presencia de enterobacterias con concentraciones de arsénico en el agua se realizó mediante cultivos de bacterias en agar macconkey. El suelo de la zona de estudio tiene origen volcánico con presencia de arsénico, bajo un clima mesotérmico templado frío, con pendientes moderadas y suelos limosos que facilitan la movilidad del arsénico a sitios de menor altura por medio de las precipitaciones, afectando a las concentraciones de arsénico y colonias bacterianas en el agua. Los parámetros fisicoquímicos de la quebrada Talahuachana que sobrepasan los límites máximos permisibles establecidas en el Acuerdo Ministerial 097 - A son manganeso y oxígeno disuelto, en el caso del arsénico sobre pasa las concentraciones establecidas por la Organización Mundial de la Salud y la norma INEN 1108 sexta revisión. Por último, la relación establecida entre enterobacterias y arsénico, se visualiza que las enterobacterias y otros tipos de microorganismos son resistentes al arsénico, ya que, de acuerdo a las características observadas en el medio de cultivo y tinción de Gram, posiblemente una de ellas pertenece a la familia *Escherichia*, además de otros tipos de bacterias Gram negativo. Concluyendo que el agua en la quebrada Talahuachana no debería ser consumida por el ser humano, ni para uso agricultura por su concentración de arsénico y manganeso que sobrepasa las normas internacionales y ecuatorianas, además de la existencia de enterobacterias.

**Palabras claves:** Arsénico, Enterobacterias, Geología, Trazabilidad microbiana.

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**AGRICULTURAL SCIENCE AND NATURAL RESOURCES FACULTY**

**TITLE: “MICROBIOLOGICAL TRACEABILITY OF ENTEROBACTERIA AT LITTLE MONITORED AND CONTAMINATED SITES WITH ARSENIC FROM NATURAL SOURCES BETWEEN 3600 AND 3700 M.A.S.L. IN TOACASO PARISH”**

**AUTHORS:** Rueda Santo Tatiana Lisseth

Dennis Paul Villegas Pazmiño

**ABSTRACT**

The presence of arsenic in water has become into a global problem because millions of people are exposed to arsenic when they drink water and for agricultural purposes. This research aims to establish microbiological traceability of enterobacteria in poorly monitored contaminated sites with arsenic from natural sources between 3,600 and 3,700 m.o.s.l. in Toacaso parish, Talahuachana ravine at a point located at 3,623 m.a.s.l. coordinates -0.718646 south latitude and -78.733882 west longitude. On biophysical characterization of the area, the climate, temperature, precipitation and hydrogeology were considered. The results of physicochemical laboratory analyzes were compared with Ecuadorian regulations parameters. The relationship between the presence of enterobacteria and arsenic concentrations into water was carried out by bacterial cultures in Macconkey agar. The study area soil has volcanic origin with arsenic presence, under a cold temperate mesothermal climate, with moderate slopes and silty soils that facilitate arsenic mobility to lower altitude sites through precipitation, affecting arsenic concentrations and bacterial colonies. The physicochemical parameters of Talahuachana stream that exceed maximum permissible limits established at Ministerial Agreement 097 - A are manganese and dissolved oxygen, in the case of arsenic it exceeds the established concentrations by the World Health Organization and INEN 1108 sixth standard revision. Finally, the established relationship between enterobacteria and arsenic shows enterobacteria and other types of microorganisms are resistant to arsenic, according to observed characteristics at culture medium and Gram stain, possibly one of them belongs to Escherichia family, as well as other types of Gram negative bacteria. Concluding that water in Talahuachana stream should not be consumed by humans, nor for agricultural use due to its arsenic concentration and manganese that exceeds international and Ecuadorian standards, in addition to enterobacteria existence.

**Keywords:** Arsenic, Enterobacteriaceae, Geology, Microbial traceability.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUDITORIA .....	iii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	iv
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	viii
AVAL DE LA TUTORA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN; <b>¡Error! Marcador no definido.</b>	
AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN..... <b>¡Error! Marcador no definido.</b>	
DEDICATORIA .....	xvi
RESUMEN .....	xviii
ABSTRACT .....	xix
ÍNDICE DE TABLAS .....	xxiv
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xxv
1. INFORME GENERAL .....	1
2. RESUMEN DEL PROYECTO .....	2
3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	3
4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN .....	3
5. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	4
6. OBJETIVOS.....	5
6.1.1. Objetivo General.....	5
6.1.2. Objetivos Específicos .....	5
7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS .....	5
8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA.....	6
8.1. Recurso hídrico.....	6
8.1.1. Fuentes de contaminación .....	6
8.2. Metales pesados.....	8
8.3. Arsénico (As).....	8

8.3.1. Arsénico en el agua.....	9
8.3.2. Origen del arsénico por contaminación natural.....	9
8.3.3. Efectos del arsénico al ambiente .....	9
8.3.4. Toxicocinética del arsénico .....	10
8.4. Parámetros fisicoquímicos a evaluar .....	10
8.4.1. pH	11
8.4.2. Oxígeno disuelto (OD) .....	12
8.4.3. Sulfatos (SO <sub>4</sub> ) .....	12
8.4.4. Manganeseo (Mn) .....	12
8.4.5. Temperatura.....	13
8.5. Parámetro microbiológico .....	13
8.5.1. Coliformes fecales .....	13
8.6. Trazabilidad microbiana.....	13
8.7. Microorganismos presentes en el agua.....	14
8.7.1. Bacterias .....	14
8.7.2. Metabolismo bacteriano .....	16
8.7.3. Enterobacterias .....	16
8.8. Medios de cultivos.....	17
8.8.1. Agar MacConkey.....	17
8.8.2. Agar Nutritivo .....	18
8.9. Tinción.....	18
8.9.1. Tinción de Gram.....	18
8.10. Pisos altitudinales .....	18
8.11. Marco legal.....	20
8.11.1. Constitución de la República del Ecuador.....	20
8.11.2. Ley de Gestión Ambiental.....	20
8.11.3. Ley de Aguas .....	21

8.11.4. Ley Orgánica de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua.....	22
8.11.5. Ley Orgánica de Salud .....	23
8.11.6. Acuerdo Ministerial 097-A.....	23
8.11.7. Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108 (Sexta Revisión, 2019).....	28
8.11.8. Ordenanza para la descontaminación, y protección de los ríos y afluentes hídricos del cantón Latacunga .....	28
9. VALIDACIÓN DE LA PREGUNTA CIENTÍFICA.....	29
10. Metodología.....	30
10.1. Tipos de investigación .....	30
10.2. Métodos .....	31
10.3. Caracterización biofísica y ubicación.....	31
10.4. Muestreo para el análisis de agua de riego y consumo humano.....	32
10.5. Muestreo de agua para cultivo y siembra de microorganismos.....	33
10.6. Preparación del agar MacConkey.....	33
10.7. Preparación del agar nutritivo.....	34
10.8. Vertimiento del medio de cultivo en cajas Petri.....	34
10.9. Técnica de cultivo por extensión en agar MacConkey.....	34
10.10. Aislamiento de colonias por el método de estrías en agar nutritivo.....	35
10.11. Incubación .....	36
10.12. Tinción de Gram.....	36
11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS .....	37
11.1. Área de estudios .....	37
11.2. Caracterización biofísica del piso altitudinal entre 3600 a 3700 m.s.n.m. ....	40
11.2.1. Clima	40
11.2.2. Precipitación .....	41
11.2.3. Temperatura.....	43
11.2.4. Pendiente .....	44

11.2.5. Hidrogeología .....	45
11.2.6. Textura del suelo .....	46
11.2.7. Taxonomía del suelo.....	47
11.2.8. Erosión del suelo .....	48
11.2.9. Cobertura vegetal.....	49
11.2.10. Agroecología.....	50
11.3. Concentración de arsénico y calidad de agua.....	51
11.4. Relación entre presencia de enterobacterias con concentraciones de arsénico ..	58
11.4.1. Cultivo madre .....	58
11.4.2. Aislamiento por el método de estrías .....	59
11.4.3. Cultivo directo del agua al agar nutritivo por el método de extensión.....	59
11.4.4. Tinción de Gram.....	60
12. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS)	63
13. PRESUPUESTO.....	64
14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	65
14.1. Conclusiones.....	65
14.2. Recomendaciones .....	66
15. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	67
16. ANEXOS .....	72

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: <i>Beneficiarios del proyecto</i> .....	4
Tabla 2: <i>Objetivos y Actividades</i> .....	5
Tabla 3: <i>Tipos de bacterias según su forma</i> .....	15
Tabla 4: <i>Tipos de bacterias según su pared celular</i> .....	15
Tabla 5: <i>Criterios de calidad de fuentes de agua para consumo humano y doméstico</i> .....	25
Tabla 6: <i>Criterios de calidad de aguas para riego agrícola</i> .....	26
Tabla 7: <i>Requisitos físicos y químicos del agua para consumo humano</i> .....	28
Tabla 8: <i>Composición del agar MacConkey</i> .....	33
Tabla 9: <i>Composición del agar nutritivo</i> .....	34
Tabla 10: <i>Comparación de resultados Acuerdo Ministerial 097-A e INEN 1108 (Sexta Revisión, 2019) calidad de agua para consumo humano para el mes de enero</i> .....	52
Tabla 11: <i>Comparación de resultados con el Acuerdo Ministerial 097-A para calidad de agua de riego mes de enero</i> .....	53
Tabla 12: <i>Comparación de resultados Acuerdo Ministerial 097-A e INEN 1108 (Sexta Revisión, 2019) calidad de agua para consumo humano para el mes de marzo</i> .....	54
Tabla 13: <i>Comparación de resultados con el Acuerdo Ministerial 097-A para calidad de agua de riego mes de marzo</i> .....	55
Tabla 14: <i>Presupuesto del proyecto</i> .....	64

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: <i>Siembra por extensión</i> .....	35
Figura 2: <i>Siembra por estría</i> .....	35
Figura 3: <i>Área de estudio</i> .....	37
Figura 4: <i>Reconocimiento de la zona de estudio (diciembre)</i> .....	38
Figura 5: <i>Día del muestreo parámetros físicos-químicos y biológicos (enero)</i> .....	38
Figura 6: <i>Monitoreo (marzo)</i> .....	39
Figura 7: <i>Clasificación climática</i> .....	40
Figura 8: <i>Precipitación</i> .....	41
Figura 9: <i>Datos de la precipitación de la estación M1066-Cotopilalo (1991-2015)</i> .....	43
Figura 10: <i>Temperatura del lugar de estudio</i> .....	44
Figura 11: <i>Pendiente del sitio de estudio</i> .....	45
Figura 12: <i>Geología de la zona de estudio</i> .....	46
Figura 13: <i>Clasificación de la textura del suelo</i> .....	47
Figura 14: <i>Clasificación Taxonómica para la quebrada Talahunchana (3600 a 3700 m.s.n.m)</i> .....	48
Figura 15: <i>Clasificación de la Erosión</i> .....	49
Figura 16: <i>Clasificación de la cobertura vegetal</i> .....	50
Figura 17: <i>Clasificación agroecológica</i> .....	51
Figura 18: <i>Muestra madre en agar MacConkey a una concentración 5 %mV, cultivo de 72 horas- enero</i> .....	58
Figura 19: <i>Cultivo de colonias aisladas de agar MacConkey, y cultivadas en agar nutritivo, concentración 3 %mV, cultivo de 24 horas-enero</i> .....	59
Figura 20: <i>Cultivo directo de agua en agar nutritivo por extensión, concentración 3 %mV, cultivo de 72 horas-marzo</i> .....	60
Figura 21: <i>Placas de tinción Gram del frotis de inóculo de microorganismos obtenidos de las colonias aisladas de Agar nutritivo sección 11.4.2- enero</i> .....	60

Figura 22: <i>Placas de tinción Gram del frotis de inóculo de microorganismos obtenidos de las colonias de Agar nutritivo- marzo</i> .....	61
Figura 23: <i>Tinción Gram de bacterias observadas al microscopio en lente S100X. A. Frotis de colonia col-A, posiblemente bacilos Gram (-). B Frotis de colonia col-B, posiblemente bacilos Gram (-) y C Frotis de colonia col-C, posiblemente bacilos Gram (-) a escala 5µm.</i> .....	61
Figura 24: <i>Tinción Gram de bacterias observadas al microscopio en lente S100X. A. Frotis de colonia col-A2, posiblemente bacilos Gram (-). B Frotis de colonia col-B2, posiblemente bacilos Gram (+) y C Frotis de colonia col-C2, posiblemente estafilococos Gram (+) a escala 5µm.</i> .....	62

## **1. INFORME GENERAL**

### **Título del Proyecto:**

“Trazabilidad microbiológica de enterobacterias en sitios poco monitoreados y contaminados con arsénico proveniente de fuentes naturales entre los 3600 y 3700 m.s.n.m. en la parroquia de Toacaso”

### **Lugar de ejecución:**

Quebrada Talahuanchana, Parroquia Toacaso, Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi.

### **Institución, unidad académica y carrera que auspicia**

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

### **Nombres de equipo de investigación:**

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

**Estudiantes:** Rueda Santo Tatiana Lisseth

Villegas Pazmiño Dennys Paúl

**LECTOR 1:** Msc. Daza Guerra Oscar Rene

**LECTOR 2:** Ph.D. Boada Cahueñas Eliana Amparito

**LECTOR 3:** Ing. Agreda Oña José Luis

**Área de Conocimiento:** Ciencia Naturales. Medio Ambiente, Ciencias Ambientales.

**Línea de investigación:** Análisis, conservación y aprovechamiento de la biodiversidad local.

**Sub-línea de Investigación de la Carrera:** Manejo y conservación del recurso hídrico.

**Línea de Vinculación de la Facultad:** Protección del ambiente y desastres naturales.

## 2. RESUMEN DEL PROYECTO

La presencia de arsénico en agua se ha convertido en un problema a nivel global debido a que millones de personas se encuentran expuestas a arsénico en agua de consumo y para fines agropecuarios. Esta investigación tiene como objetivo establecer la trazabilidad microbiológica de enterobacterias en sitios poco monitoreados y contaminados con arsénico proveniente de fuentes naturales entre los 3600 y 3700 m.s.n.m en la parroquia de Toacaso, en la quebrada Talahuanchana en el punto ubicado a 3623 m.s.n.m. en las coordenadas -0.718646 latitud sur y -78.733882 de longitud oeste. En la caracterización biofísica de la zona se consideró el clima, la temperatura, la precipitación e hidrogeología. Los resultados de los análisis fisicoquímicos del laboratorio fueron comparados con los parámetros de la normativa ecuatoriana. La relación entre la presencia de enterobacterias con concentraciones de arsénico en el agua se realizó mediante cultivos de bacterias en agar macconkey. El suelo de la zona de estudio tiene origen volcánico con presencia de arsénico, bajo un clima mesotérmico templado frío, con pendientes moderadas y suelos limosos que facilitan la movilidad del arsénico a sitios de menor altura por medio de las precipitaciones, afectando a las concentraciones de arsénico y colonias bacterianas en el agua. Los parámetros fisicoquímicos de la quebrada Talahuanchana que sobrepasan los límites máximos permisibles establecidas en el Acuerdo Ministerial 097 - A son manganeso y oxígeno disuelto, en el caso del arsénico sobre pasa las concentraciones establecidas por la Organización Mundial de la Salud y la norma INEN 1108 sexta revisión. Por último, la relación establecida entre enterobacterias y arsénico, se visualiza que las enterobacterias y otros tipos de microorganismos son resistentes al arsénico, ya que, de acuerdo a las características observadas en el medio de cultivo y tinción de Gram, posiblemente una de ellas pertenece a la familia *Escherichia*, entre otras bacterias Gram negativo. Concluyendo que el agua en la quebrada Talahuachana no debería ser consumida por el ser humano, ni para uso agrícola por su concentración de arsénico y manganeso que sobrepasa las normas internacionales y ecuatorianas, además de la existencia de enterobacterias.

**Palabras claves:** Arsénico, Enterobacterias, Geología, Trazabilidad microbiana.

### **3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

Actualmente la contaminación del recurso hídrico es una preocupación a nivel mundial, puesto que la contaminación por metales pesados ha generado que miles de personas mueran al consumir agua contaminada. La mayor parte del Ecuador consume agua proveniente de fuentes naturales, las mismas que tienen presencia de arsénico (As) como es el caso de las aguas subterráneas pertenecientes a los Illinizas, considerando que el As es un elemento altamente tóxico debido a que su forma de dispersión en el ambiente es rápida, siendo capaz de generar problemas de salud a corto y largo plazo.

En la parroquia de Toacaso de la provincia de Cotopaxi, la geoquímica del sector hace que la probabilidad de la presencia de As sea muy alta porque la liberación de dicho metal a suelos y acuíferos se debe a la presencia de actividad volcánica pues se encuentra cerca de los Illinizas que es un estratovolcán por lo que se hace necesario el monitoreo de los efluentes de dicha región.

Además del control de microorganismos perjudiciales para la salud humana, ya que la mayor actividad económica de la parroquia es la ganadería y la agricultura por lo cual los desechos fecales de los animales son arrastrados por aguas lluvias al sistema hídrico del sector.

La presente investigación se ha orientado con el fin de poder determinar el nivel de concentración de As presente en la quebrada Talahuachana en el mes de enero, como también la identificación de enterobacterias a una altura de 3623 m.s.n.m, para así poder desarrollar técnicas de biorremediación que ayuden a mejorar la calidad del recurso hídrico, considerando que el agua de dicho sector es utilizada para consumo humano y riego agrícola.

### **4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

Los beneficios que presenta el proyecto de investigación son favorables para la población cercana a la zona de estudio, que se encuentra en las faldas del volcán Illinizas y del cantón Latacunga.

**Tabla 1***Beneficiarios del proyecto*

Beneficiarios Directos		
Población de la Parroquia de Toacaso	Hombres:	4200
	Mujeres:	4434
Total:		8634
Beneficiarios Indirectos		
Población del Cantón Latacunga	Hombres:	82301
	Mujeres:	88188
Total:		170489

Fuente: *(INEC-2010 y GADPR-T2015)***5. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

La presencia de As en agua se ha convertido en la mayor problemática existente a nivel global debido a que aproximadamente 4.8 millones de personas se encuentran expuestas a As en agua de consumo y para fines agropecuarios. El agua es uno de los medios de transporte más importantes en el que el As ingresa al cuerpo humano, causando así daños irreversibles a la salud debido a que es considerado un cancerígeno de clase I, (Fonseca, Ruiz, & Llugsha, 2020).

El As a su vez es un elemento químico altamente tóxico y se encuentra presente en el ecosistema de forma natural en aguas subterráneas, actividad biológica, emisiones volcánicas, depósitos minerales hidrotermales y aguas geotermales, que agrupadas hacen que la contaminación del agua por As sea un problema global, masivo para la salud y el medio ambiente, (Campaña & Chicaiza, 2020).

La parroquia de Toacaso cuenta con agua natural proveniente de los Illinizas, las mismas que se encuentran contaminadas con As. Estas aguas son utilizadas no sólo para fines agropecuarios, riego de cultivos de hortalizas, papas y pastos, sino también como agua destinada para consumo humano, lo que hace que el problema de ingerir agua contaminada se agrande mucho más afectando así a todo el reino animal y vegetal, por lo que la comunidad muestra preocupación a causa de la presencia de As en las aguas y afirma que al beber esta agua los animales mueren, debido a las concentraciones de As presentes en los efluentes que a su vez causan enfermedades a los moradores del sector, (Imbago & Oña, 2019).

Cabe recalcar que la parroquia de Toacaso se caracteriza por realizar actividad ganadera lo que ha generado que exista la presencia de microorganismos en el agua, se debe que

el agua lluvia acarrea restos de heces y orina por parte del ganado y caballos que se encuentran en las riveras de la quebrada, generando así una contaminación directa al recurso hídrico y la propagación del medio contaminado a toda la población lo cual es perjudicial para la salud.

## 6. OBJETIVOS

### 6.1.1. Objetivo General

Establecer la trazabilidad microbiológica de enterobacterias en sitios poco monitoreados y contaminados con arsénico proveniente de fuentes naturales entre los 3600 y 3700 m.s.n.m en la parroquia de Toacaso.

### 6.1.2. Objetivos Específicos

- Realizar la caracterización biofísica del piso altitudinal entre 3600 y 3700 m.s.n.m.
- Determinar la concentración de arsénico y calidad de agua en la quebrada Talahuachana.
- Establecer la relación entre presencia de enterobacterias con concentraciones de arsénico en el agua a una elevación de 3623 m.s.n.m.

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

En relación a los objetivos específicos planteados tenemos las actividades, la metodología y el resultado resumido de cómo se realizó las diferentes diligencias.

**Tabla 2**

*Objetivos y Actividades*

<b>Objetivos</b>	<b>Actividades</b>	<b>Metodología</b>	<b>Resultado</b>
<b>O1.</b> Realizar la caracterización biofísica del piso altitudinal entre 3600 y 3700 m.s.n.m.	Elaboración de mapas de ubicación y propiedades biofísicas de la zona de estudio.	Realización del análisis de modelamiento y resultados cartográficos con las herramientas informáticas SIG.	Caracterización biofísica de la zona de muestreo.

<p><b>O2.</b> Determinar la concentración de arsénico y la calidad del agua en la quebrada Talahuachana.</p>	<p>Realizar el muestreo de agua en la zona de estudio.</p>	<p>Análisis de laboratorio</p>	<p>Concentración de arsénico en el agua.</p>
<p>➤ <b>O3.</b> Establecer la relación entre presencia de enterobacterias con concentraciones de arsénico en el agua a una elevación de 3623 m.s.n.m.</p>	<p>Elaborar medios de cultivo, aislamiento de bacterias y tinción de Gram.</p>	<p>Reconocimiento de bacterias en el laboratorio</p>	<p>Establecer el tipo de enterobacteria que existen en el agua donde se muestreo.</p>

**Elaborado por:** *Rueda Tatiana & Villegas Dennys*

## **8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA**

### **8.1. Recurso hídrico**

Los recursos hídricos son depósitos e insumos de agua dulce que se encuentran en distintos estados físicos y están disponibles o potencialmente disponibles, y a su vez pueden ser utilizados por el ser humano para satisfacer ciertas necesidades. Se trata de uno de los recursos naturales más grandes del planeta Tierra, considerando que es un recurso indispensable no solo para el sostén de la vida, sino también para la conservación del balance físico-químico del planeta (Bonilla & Ronquillo, 2014).

#### **8.1.1. Fuentes de contaminación**

La contaminación se ha convertido en un problema visible y cotidiano. Las actividades industriales de destino orden y las aguas servidas que se arrojan desde las ciudades sin

ningún tratamiento, son las mayores fuentes de contaminación de los recursos hídricos. A esto se le añade la convivencia con animales de pastoreo junto a las fuentes y a prácticas inadecuadas de uso (Isch, 2011).

Las principales causas de la contaminación hídrica son las siguientes:

- **Fuentes naturales:** Depende el terreno por el que atraviesa el agua puede contener componentes de origen natural procedentes del contacto con la atmósfera y el suelo como por ejemplo sales minerales, calcio, magnesio, hierro, entre otros. Este tipo de contaminación se puede identificar y eliminar fácilmente (Mena, 2020).
- **Fuentes artificiales:** Es aquella producida como consecuencia de las diferentes actividades humanas y el desarrollo industrial, provocando la presencia de componentes peligrosos para el medio ambiente en general (Mena, 2020).

También pueden tener diferentes orígenes como:

- **Origen industrial:** Son líquidos generados en los procesos industriales, que tienen características específicas conforme el tipo de industria, por lo tanto, pueden contener gran variedad de elementos como; solventes, grasas, metales, barros, colorantes, etc. Es decir que su peligrosidad es variable (Poveda, 2014).
- **Origen doméstico:** Son aquellas de origen residencial y comercial (baños, cocinas, lavanderías, etc.) que contienen desechos fisiológicos, entre otros, provenientes de la actividad humana. Consisten básicamente en residuos humanos que llega a redes de alcantarillado por medio de descargas de instalaciones hidráulicas de la edificación también en residuos originados en establecimientos comerciales, públicos y similares (Blazquez & Montero, 2010).
- **Origen agrícola:** Constituyen una mezcla de aguas de riego de las tierras y el manejo de ganado. Por lo general las aguas en uso agrícola contienen grandes cantidades de nitritos, fosfatos y compuestos de amonio, que se da por el uso de fertilizantes. “Además estas aguas al recoger los residuos de ganado, van a estar fuertemente cargadas de material fecal” (Aragón & Morales, 2020).
- **Origen pluvial:** Al llover el agua arrastra toda suciedad que encuentra a su paso y que puede darse en cualquiera de los tres casos anteriores. En las ciudades esta

agua arrastra aceites, materia orgánica y diferentes contaminantes de la atmósfera, en el campo arrastran pesticidas, abono, etc., y en zonas industriales arrastra sustancias que se han caído sobre el terreno (IAGUA, 2022).

- **Origen fluvial:** En rutas de navegación los vertidos de petróleo, accidentes provocan daños ecológicos (IAGUA, 2022).

## 8.2. Metales pesados

Los metales pesados se encuentran en la biosfera, distribuidos por la corteza terrestre en pequeñas cantidades, por diferentes motivos estos pueden acrecentar su concentración en ciertas zonas, ya sea por ciertas condiciones ambientales o por intervención humana los metales pesados pueden presentarse en diferentes formas químicas, por ejemplo, formando diversos compuestos, cumpliendo su ciclo en las cadenas tróficas o acumulándose dentro del medio.

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

## 8.3. Arsénico (As)

El As es un elemento muy común en la atmósfera, en rocas y suelos, en la hidrosfera y la biosfera. Es movilizadado al medio ambiente a través de una combinación de procesos que incluyen tanto procesos naturales (meteorización, actividad biológica, emisiones volcánicas), así como procesos antropogénicos (actividad minera, uso de combustibles fósiles, uso de pesticidas, herbicidas, desecantes, conservadores de la madera, y uso como aditivos de piensos) (Lillo, 2002).

El As se puede encontrar en diferentes estados de oxidación: arseniato As (V), arsenito As (III), As elemental (0) y arseniuro As (-III), encontrándose con más frecuencia en arsenito y arseniato (Tsai, 2009) . La presencia de As (V) y As (III), depende de factores físicos, químicos y biológicos, en este último los microorganismos juegan un papel fundamental, ya que muchas bacterias son capaces de transformar As (III) a As (V) y

viceversa, como un mecanismo de defensa de algunas especies de bacterias (Lillo, 2002).

### **8.3.1. Arsénico en el agua**

Una de las sustancias líquidas más importantes es el agua que a través de esta el arsénico entra en el cuerpo humano. El arsénico puede estar disponible en el agua en estados de oxidación variables (+5, +3, 0, -3) y puede coexistir en el entorno con otros metales como (Fe, Cu, Ni, Zn, entre otros) y minerales de sulfuro u óxido (Mondal & Mohanty, 2006).

La presencia del arsénico en el agua por disolución natural de mineral de depósitos geológicos, la descarga de los efluentes industriales y la sedimentación atmosférica. En aguas superficiales con alto contenido de oxígeno, la especie más común es el pentavalente o arseniato (As V). Bajo condiciones de reducción, generalmente en los sedimentos de los lagos o aguas subterráneas, predomina el arsénico trivalente o arsenito, (As III) (Cabrera, Pinos, & Pulla, 2010).

### **8.3.2. Origen del arsénico por contaminación natural**

La geología determina el contenido de arsénico, en la actividad volcánica se introduce el arsénico en la atmósfera en forma de gases, que regresan a la tierra en forma de polvo o precipitación. El origen del arsénico es principalmente geogénico. Este se encuentra presente en las rocas y sus minerales. Es movilizado por desintegración y lixiviación de rocas y procesos geoquímicos naturales (acentuado en muchos lugares por la actividad minera) y así liberado al ambiente, siendo el agua subterránea y superficiales el recurso más afectado (Alarcón & Benavides, 2013).

### **8.3.3. Efectos del arsénico al ambiente**

La mayor parte de los problemas ambientales del arsénico son el resultado de la movilización por causas naturales (actividad volcánica, reacciones de degradación por la acción de la atmósfera, actividad biológica), pero otros factores promovidos por la actividad humana, como la combustión de los combustibles fósiles, la actividad minera, el uso de fertilizantes y herbicidas en la agricultura, o el uso de aditivos arsenicales en piensos animales o como conservantes de la madera, son responsables de problemas de contaminación por arsénico al menos a escala local (Izquierdo & Verástegui, 2017).

Cuando los procedimientos industriales o actividades volcánicas emiten arsénico a la atmósfera, el arsénico se une a partículas que el viento transporta y que vuelven a caer al suelo. Los microbios presentes en suelos y sedimentos también emiten a la atmósfera sustancias que contienen arsénico. Estos se transforman más tarde en otros compuestos de arsénico que vuelven a fijarse en el suelo.

#### **8.3.4. Toxicocinética del arsénico**

Se considera al As un contaminante altamente tóxico cuando este llega a ser consumido en cantidades muy elevadas, siendo capaz de generar cuadros críticos en la salud de quien lo consume (Marín, 2003). El envenenamiento crónico ocurre con la ingestión continua de pequeñas cantidades de As, durante un periodo largo de tiempo (Manahan, 2007).

El As puede ingresar a los organismos por tracto gastrointestinal, aparato respiratorio y la vía dérmica que presenta un 2% de absorción, al penetrar en el organismo experimenta un proceso de biotransformación, su forma metilada es acumulada en la piel y en el sistema renal, (Manahan, 2007). La ingestión de As provocando irritación en la Membrana gástrica, la concentración involuntaria de muchos músculos, desembocando alteraciones cardíacas graves incluso la muerte del individuo además la acumulación de cáncer (Marín, 2003).

En los seres humanos y especies animales el proceso de absorción de los compuestos arsenicales por medio de tracto gastrointestinal es elevado (95%) cuando se administran en solución acuosa, la absorción por vía respiratoria depende del tamaño de partículas inhaladas, solubilidad y forma química presente. En vías superiores se ubican las partículas de mayor tamaño las cuales son transportadas por los cilios y se depositan en el tracto gastrointestinal, en el cual se absorben en base a la solubilidad, partículas menos a 7  $\mu\text{m}$  presentan un índice de absorción de 75-85 % (Razó & Velasco, 2015).

#### **8.4. Parámetros fisicoquímicos a evaluar**

Los parámetros fisicoquímicos dan una información extensa de la naturaleza de las especies químicas del agua y sus propiedades físicas, sin aportar información de su influencia en la vida acuática; los métodos biológicos aportan esta información, pero no señalan nada acerca del contaminante o los contaminantes responsables, por lo que

muchos investigadores recomiendan la utilización de ambos en la evaluación del recurso hídrico (Samboni, Carvajal, & Escobar, 2007).

Además, es importante conocer los parámetros fisicoquímicos del agua, porque podemos observar el comportamiento del líquido vital como un magnífico disolvente tanto de compuestos orgánicos como inorgánicos, ya sean de naturaleza polar o apolar; de forma que podamos encontrarnos en su seno una gran cantidad de sustancias sólidas, líquidas y gaseosas diferentes que modifican sus propiedades. A su comportamiento como disolvente hay que añadir su capacidad que se desarrolle vida, que la convierte en un sistema complejo sobre el que habrá que realizar análisis tanto cualitativos como cuantitativos con objeto de conocer el tipo de grado de alteración que ha sufrido, y consecuentemente como se encuentran modificadas sus propiedades para usos posteriores (Aznar & Barba, 2000).

#### **8.4.1. pH**

El pH en el agua es importante porque los organismos acuáticos requieren un margen estrecho de valores de pH para realizar su metabolismo, ya que, en los extremos finales de la escala (2 o 13), ocurren daños físicos en el organismo. También, los cambios de pH pueden alterar la concentración de otras sustancias en el agua modificando el nivel de toxicidad un claro ejemplo es si existe una disminución en el pH puede aumentar la cantidad de mercurio soluble en el agua, por otra parte, si aumenta el pH puede causar la conversión del amoníaco no tóxico a la forma de amoníaco tóxico (amoníaco sin ionizar) (Guachi & Almachi, 2020). El pH también influye en la solubilidad del As haciendo que precipite, puede hacer que por el estado de oxidación que pueda presentar, sea capaz de sustituir a otros grupos químicos, cuando el pH es menor a 3 el As (V) pueda sustituir al  $SO_4^{-2}$ , cuando el pH es mayor a 3 hasta llegar a tener un valor neutro, alrededor de 7, se produce la precipitación de hierro en forma de hidróxidos de hierro, pero si el pH llega a 9, casi un 4,5% del As total se libera, mientras que un pH de 11 se libera un 15% de arsénico total (Fernández, 2015).

Por otra parte, el pH es un factor que influye sobre el crecimiento de microorganismos. Algunas bacterias generalmente crecen a pH bajos (0,3), sin embargo, el rango óptimo de pH para las bacterias va de 6,0 hasta 8,5 y solo pocas prefieren un pH mayor de 8,5 (Cervantes & Orihuela, 2017).

#### **8.4.2. Oxígeno disuelto (OD)**

El oxígeno constituye uno de los elementos de mayor importancia en los ecosistemas acuáticos, ya que su presencia y concentración definen el tipo de especies que habitan dentro del agua, pues sobreviven de acuerdo con sus tolerancias y rangos de adaptación, y por ende establecen toda estructura y funcionamiento biótico de estos sistemas. Los organismos vivos necesitan oxígeno para mantener su metabolismo, y su captación se realiza a través de la respiración, por lo tanto, cuando existe niveles muy bajos de OD puede ser indicativo de que existen altas concentraciones bacterianas. Hay que recalcar que las bacterias anaerobias se desarrollan en ausencia del oxígeno y las bacterias aerobias requieren de oxígeno para su desarrollo en tanto las bacterias facultativas anaerobias existen tanto en presencia o ausencia de oxígeno (Cervantes & Orihuela, 2017).

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

Los sulfatos son muy abundantes en la naturaleza y su presencia en el agua varía en algunas centenas de miligramos por litro (Bolaños, Cordero, & Araya, 2017). Pueden derivar de la oxidación de la piritita y otras formas inorgánicas reducidas del azufre durante la meteorización, la mineralización del azufre orgánico contenido en el suelo, lixiviados de minerales de sulfato, el sulfato presente en aguas de lluvia y aguas geotérmicas (Tulcán, 2020). Además, los sulfatos en concentraciones superiores a los 200 mg/L favorecen la corrosión de los metales y cambian el sabor del agua (en menor medida que los cloruros y carbonatos) (Bolaños, Cordero, & Araya, 2017).

#### **8.4.4. Manganeseo (Mn)**

El manganeseo en altas concentraciones en el cuerpo humano genera alteraciones emocionales y mentales, motricidad más descoordinada y lenta, más conocida como manganismo, síntomas parecidos al Parkinson (Ramírez & Azcona, 2017). Por otra parte, la presencia de Mn reduce la biodisponibilidad del As. Esto se debe a que el As presenta afinidad por los óxidos de este elemento, con el cual forma complejos. Estas reacciones reducen la movilidad del As en el suelo (Jiménez & Ramos, 2019).

#### **8.4.5. Temperatura**

Es una propiedad física de un sistema en la que se da una transferencia de energía térmica a calor, entre ese sistema y otros. Las temperaturas elevadas, consecuencia de descargas de agua calentada, pueden tener un impacto ecológico significativo. A menudo la fuente de aporte hídrico, como en los manantiales profundos, sólo es posible efectuando medidas de temperatura. El agua fresca es generalmente más agradable que el agua caliente. Las elevadas temperaturas favorecen la proliferación de microorganismos y pueden agravar los problemas de sabor, olor, color y corrosión (Cando & Coro, 2019). Relacionando el As con la temperatura de la zona de estudio es necesario conocer que el As resiste temperaturas frías entre 4°C a 10°C, debido a que este metal se acumula contaminando el agua (Kinniburgh & Smedley, 2001).

La temperatura es uno de los parámetros ambientales más importantes que condicionan el crecimiento y la supervivencia de los microorganismos; la combinación de bacterias los hace capaces de sobrevivir en un rango de temperatura de 0 a 65 °C en un tiempo prolongado (Cervantes & Orihuela, 2017).

#### **8.5. Parámetro microbiológico**

Son los microorganismos indicadores de contaminación y /o microorganismos patógenos para el ser humano analizados en el agua de consumo humano y riego (Olivárez, 2021).

##### **8.5.1. Coliformes fecales**

Los coliformes fecales son una subdivisión de los coliformes totales, la presencia de los primeros pertenece a la *Escherichia coli* y ciertas especies de *Klebsiella*. Se los puede tomar en cuenta también como indicadores de contaminación fecal, ya que se localizan casi en su totalidad en las heces de animales homeotermos. La importancia de saber sobre los coliformes fecales en el agua es que señala la presencia de excremento de animales o desechos de alcantarillas (Arocena & Conde, 1999 ).

#### **8.6. Trazabilidad microbiana**

Los microorganismos son criaturas de tamaño microscópico, organizados principalmente como organismos unicelulares, aunque en algunos casos pueden ser

multicelulares. Abundan en el entorno natural (agua, suelo, aire, etc.), además se presentan de forma natural en alimentos y animales.

Por lo cual es necesario realizar un rastreo de microorganismos, ya que, en aguas de consumo humano, agrícola no es permitido concentraciones de microorganismos patógenos y a su vez establecer una relación entre los seres vivos microscópicos y su ecosistema es lo que llamamos trazabilidad microbiana (Biopharm, 2022).

Teniendo en cuenta el concepto de trazabilidad también se puede definir la trazabilidad microbiana como los múltiples procedimientos y actividades para encontrar una especie concreta de microorganismos, mediante la creación de medios cultivos, aislamiento de microorganismos entre otras metodologías (Mastromónaco, 2015).

Un claro ejemplo es la clasificación de las cepas de acuerdo como se dispone dentro de la jerarquía de trazabilidad al origen y relaciones entre sí:

- **Cultivo de referencia:** Término colectivo que se refiere a cepas de referencia; de reserva y cultivos de trabajo
- **Cepas de referencia:** Microorganismo definido al menos de nivel de género y especie, catálogo y descripción según sus características, preferiblemente de origen conocido.
- **Cepas de reserva:** Cepas idénticas obtenidas mediante un único subcultivo de una cepa de referencia suministrada.
- **Cepas de trabajo:** Subcultivos primarios obtenidos de una cepa de reserva (Mastromónaco, 2015).

### **8.7. Microorganismos presentes en el agua**

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

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

#### **8.7.1. Bacterias**

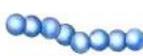
Son protistas unicelulares. Utilizan la materia orgánica disuelta como alimento, y en general pueden ser encontradas en cualquier medio en el que exista alimento disponible.

Su modo de reproducción es por fisión binaria, aunque algunas especies se reproducen asexualmente o por germinación.

Existen miles de clasificaciones de bacterias, pero todas caen dentro de tres clasificaciones generales en relación a su forma: esféricas, cilíndricas y helicoidales. Son muy variables en tamaño, y su rango está de los 0.5 a los 15  $\mu\text{m}$  (1 micrón=10<sup>-6</sup> metros=10<sup>-4</sup> cm). El material de la bacteria constituye 80% agua y 20 % material seco (Roldán, 2021).

**Tabla 3**

*Tipos de bacterias según su forma*

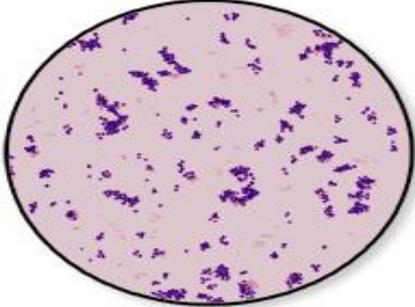
Cocos	Forma esférica u ovalada	<b>Cocos</b>  cocos	<b>Bacilos</b>  bacilos	<b>Espirilos</b>  espiroqueta
Bacilos	Forma cilíndrica o de bastón, tanto rectos como curvos	 estreptococos	 diplobacilos	
Espirilos	Forma de espiral	 estafilococos	 estreptobacilos	 vibriones
		 cocobacilos		

**Fuente:** (Roldán, 2021)

Las bacterias se clasifican también por la estructura de su pared celular, pues las Gram positivo tienen una capa gruesa de peptidoglicano, pero no tienen una membrana lipídica externa, en cambio las Gram negativo tienen una capa delgada de peptidoglicano y además una membrana lipídica externa (Prieto B. , 2016).

**Tabla 4**

*Tipos de bacterias según su pared celular*

Gram Positivas	Color morado o azul oscuro	Formada por una capa gruesa de moléculas	
Gram Negativas	Color rojo a rosa	Formada por una capa delgada	

**Fuente:** (Prieto B. , 2016).

### 8.7.2. Metabolismo bacteriano

Es un conjunto de procesos en el cual los microorganismos obtienen energía y los nutrientes necesarios para vivir y reproducirse, determinando así un papel ecológico y su responsabilidad de los ciclos biogeoquímicos. Como también permite conocer el modo de vida y el hábitat de diferentes especies bacterias en una variedad de condiciones como aspectos físicos y químicos como la temperatura, concentración de oxígeno, pH, presión osmótica, etc, que permiten el crecimiento de distintas bacterias según el requerimiento nutricional, ambiental y atmosférico (Varela, 2002).

### 8.7.3. Enterobacterias

Los miembros de la familia enterobacteriaceae son bacilos Gram negativos, anaerobios facultativos que fermentan glucosa en anaerobiosis; citocromo oxidasa negativos; la característica principal es que reducen los nitratos a nitritos, cuando son móviles son flagelados peritricos. Las enterobacterias son microorganismos propagados mundialmente y que se encuentran en el suelo, agua, la vegetación y forman parte de la flora intestinal normal de casi todos los animales, incluido el ser humano. Algunos miembros de la familia (*Salmonella*, *Shigella*, *Yersinia pestis*) siempre se asocian a enfermedades cuando se aíslan en el hombre, mientras que otros (*E. coli*, *Klebsiella*

*pneumoniae*, *Proteus mirabilis*) producen infecciones oportunistas (Pullupaxi & Murillo, 2019).

## 8.8. Medios de cultivos

Se denomina medios de cultivo a cualquier material que presenta una adecuada combinación de nutrientes para de esa manera permitir el crecimiento o el incremento de un sin número de células en una determinada población microbiana, siendo capaz de mantener cepas, aislarlas o identificar los microorganismos con varias finalidades, como, la existencia de alguna contaminación en alimentos, medicamentos o cosméticos, diagnosticar alguna enfermedad, elaboración de vacunas, etc (Pedrique & Gutiérrez, 2008). Según la proporción de agar, existen tres tipos:

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

### 8.8.1. Agar MacConkey

Es un medio utilizado para el aislamiento e identificación de enterobacterias. Es un medio inhibidor de los gérmenes Gram positivos por su contenido en cristal violeta y selectivo para enterobacterias por su contenido en sales biliares. En su contenido lleva azúcar (lactosa) y un indicador (rojo de metilo) que lo convierte en un medio diferencial. Los gérmenes que fermentan lactosa producen una acidificación del medio que hace aparecer el color rojo fuerte a las colonias resultantes. Las colonias lactosa negativa serán incoloras, apareciendo del mismo color que el medio subyacente (naranja) (Izurieta & Villacrés, 2015).

### **8.8.2. Agar Nutritivo**

Es un medio de cultivo enriquecido sólido, no selectivo y no diferencial. En este medio crecen todo tipo de microorganismos, bacterias Gram-positivas y Gram-negativas, hongos y levaduras que no requieren elementos especiales para su crecimiento (Vélez, 2015). Es un medio simple, pero contiene un valor nutricional más bajo en comparación con otros medios, permitiendo realizar subcultivos de especies, mantenimiento de cepas, conteo de colonias, así mismo por su color beige claro se pueden distinguir la producción de pigmentos (Gil, 2019).

### **8.9. Tinción**

Es el proceso por el cual las moléculas de un colorante se absorben a una superficie. El uso de colorantes permite cambiar el color de las células de los microorganismos y poder realizar la observación en microscopio óptico. Dado que las bacterias son casi incoloras, no presentan contraste con el medio en el cual se encuentran suspendidas y no pueden observarse claramente sin algún tratamiento previo, considerando así la elaboración de tinción de Gram (Santambrosio, Ortega, & Garibaldi, 2009).

#### **8.9.1. Tinción de Gram**

Tinción de Gram o coloración de Gram, es una técnica ideada por el Dr. Hans Gram en el año de 1884, consiste en un método de identificación de microorganismos mediante un tratamiento con colorantes determinados. Este método permite la diferenciación de los microorganismos en dos grupos: Gram positivos y Gram negativos. Se basa en la diferencia de color de las membranas de las células sometidas al proceso de tinción (Ducon & Rincón, 2010). Las diferencias de composición de las paredes de las células Gram positivas, que contienen una capa gruesa de peptidoglicano con numerosos enlaces cruzados de ácido teicoico, y las paredes de las células Gram negativas, en la que la capa de peptidoglicano es más delgada (Meléndez, Cuevas, Cruz, & Sánchez, 2020).

### **8.10. Pisos altitudinales**

Los pisos altitudinales o climáticos en el Ecuador constituyen ciertas diferencias de acuerdo a aquellos diferentes niveles, donde existe una variación del clima en cada región, vinculada con la altitud o su relieve, siendo estas las causas para encontrarse con una gran diversidad de flora y fauna. Afirmando de manera general que la mayor

diferencia entre un piso climático y otro resulta ser la altura, además de otros elementos como las corrientes de aire quienes desempeñan un rol importante (Elyex, 2020).

En Ecuador existen 4 pisos climáticos estos son cálido, templado, frío, páramo y glacial. Todos estos pisos térmicos cuentan con vegetación, clima, fauna y condiciones atmosféricas distintas (Rodríguez & Zambrano, 2013).

- **Piso Cálido (macro térmico):** Se caracteriza por estar ubicado entre los 0 y 1000 m.s.n.m., con una temperatura media de 27°C, desarrollándose precipitaciones abundantes con ecosistemas muy variados, ejemplo bosques, sabanas, praderas y selvas con una flora (Arroz, papaya, yuca, plátano, cacao, etc) y fauna (Osos, serpientes, felinos, iguanas, etc) muy diversas (Elyex, 2020).
- **Piso Templado (mesotérmico):** Se encuentra entre los 1000 y 2000 m.s.n.m., presentando variación de calor, con temperaturas que oscilan entre los 16 a 27°C, presentándose precipitaciones, donde las lluvias son más frecuentes en unas zonas que en otras, aunque posean la misma altitud, con flora (manzana, pera, durazno) y fauna (ganado vacuno, caballos, etc) (Aular, 2017).
- **Piso Frío (micro térmico):** Este piso se encuentra entre 2000 y 3000 m.s.n.m. a una temperatura media anual de 12 °C por lo que el ambiente es cómodo, tiene precipitaciones con una dependencia directa de las corrientes de aire, con un nivel de lluvia menor del piso templado y cálido, con una flora (trigo, maíz, papas, eucaliptos, etc) y fauna (ovejas, cerdos, etc) (Vallejo, 2014).
- **Páramo:** Es la región natural que alcanza las elevaciones más altas, se encuentra ubicado entre los 3000 y 4000 m.s.n.m., con un clima y temperaturas que varían de 0 a 10 °C, con flora (musgos, flores compuestas, poáceas, flor del páramo, almohadilla, etc) y fauna (cóndor, llamas, alpacas, vicuñas). La mayor amenaza presente en este ecosistema es el incremento del sector agrícola y ganadero que ha sido capaz de desgastar varias hectáreas de paramo para sembríos de pino, pasto, papas, etc, (Ron, 2020).

Evidenciando así que en la zona de estudio se presenta un piso altitudinal considerado como páramo debido a que se encuentra a una altura de 3623 m.s.n.m.

## **8.11. Marco legal**

Para la investigación y desarrollo del tema presente se ha tomado en consideración la Constitución de la República del Ecuador, Normativas, Leyes, Reglamentos, y Ordenanzas, permitiendo sustentar bajo la norma de la ley la presente investigación.

### **8.11.1. Constitución de la República del Ecuador**

En el acuerdo al decreto Legislativo 0 del Registro Oficial 449 de 20-oct.-2008 en su última modificación: 01-ago.-2018, en el TÍTULO I ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DEL ESTADO

Nos habla sobre los deberes del estado de preservar el patrimonio natural y cultural del país (Artículo 3).

TÍTULO II. DERECHOS. Capítulo segundo: Derechos del buen vivir. Sección primera: Agua y alimentación. En sus artículos 12,13 y 14 habla sobre el derecho de los ecuatorianos al acceso seguro del agua, y el vivir en un ambiente sano y ecológico equilibrado garantizando el buen vivir, declarando el cuidado del ambiente, 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”.

“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”.

### **8.11.2. Ley de Gestión Ambiental**

TÍTULO I. AMBITO Y PRINCIPIOS DE LA GESTIÓN AMBIENTAL

“Art: 1.- La presente ley establece los principios y directrices de política ambiental; determina las obligaciones, responsabilidades, niveles de participación de los sectores público y privado en la gestión ambiental y señala los límites permisibles, controles y sanciones en esta materia”.

“Art 4.- Los reglamentos, instructivos, regulaciones y ordenanzas que, dentro del ámbito de su competencia, expidan las instituciones del Estado en materia ambiental, deberán observar las siguientes etapas, según corresponda: Desarrollo de estudios técnicos sectoriales, económicos, de relaciones comunitarias, de capacidad institucional y consultas a organizaciones competentes e información a los sectores ciudadanos”.

#### TÍTULO V. INFORMACIÓN Y VIGILANCIA AMBIENTAL

“Art. 33.- Establécense como instrumentos de aplicación de las normas ambientales los siguientes: parámetros de calidad ambiental, normas de efluentes y emisiones, normas técnicas de calidad de productos, régimen de permisos y licencias administrativas, evaluaciones de impacto ambiental, listados de productos contaminantes y nocivos para la salud humana y el medio ambiente, certificaciones de calidad ambiental de productos y servicios y otros que serán regulados por el respectivo reglamento”.

“Art. 39.- Las instituciones encargadas de la administración de los recursos naturales, control de la contaminación ambiental y protección del medio ambiente, establecerán con participación social, programas de monitoreo del estado ambiental en las áreas de su competencia; esos datos serán remitidos al Ministerio del ramo para su sistematización; tal información será pública”.

#### **8.11.3. Ley de Aguas**

#### TÍTULO I. DISPOSICIONES FUNDAMENTALES

“Art 1.- Las disposiciones de la presente ley regulan el aprovechamiento de las aguas marítimas, superficiales, subterráneas y atmosféricas del territorio nacional, en todos sus estados físicos y formas”.

“Art. 2.- Las aguas de los ríos, lagos, lagunas, manantiales que nacen y mueren en una misma heredad, nevados, caídas naturales y otras fuentes, y las aguas subterráneas, aflorados o no, son bienes nacionales de uso público, están fuera del comercio y su dominio es inalienable e imprescriptible; no son susceptibles de posesión, accesión o cualquier otro modo de apropiación”.

#### TÍTULO IV. DE LOS USOS DE AGUAS Y PRELACIÓN

“Art. 35.- Los aprovechamientos de agua están suspendidos a la existencia del recurso, a las necesidades de las poblaciones, del fundo o industria y a las prioridades señaladas en esta ley”.

“Art. 36.- Las concesiones del derecho de aprovechamiento de agua se efectuarán de acuerdo al siguiente orden de preferencia”

- a) Para el abastecimiento de poblaciones, para necesidades domésticas y abrevaderos de animales;
- b) Para agricultura y ganadería
- c) Para usos energéticos, industriales y mineros; y,
- d) Para otros usos.

#### **8.11.4. Ley Orgánica de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua**

##### **TÍTULO II. RECURSOS HÍDRICOS. CAPÍTULO I. DEFINICIÓN, INFRAESTRUCTURA Y CLASIFICACION DE LOS RECURSOS HÍDRICOS.**

El artículo 13 expresa sobre los métodos de conservación y protección de fuentes del líquido vital, ya sea de uso público, zonas de protección hídrica y zonas de restricción. Además de terrenos que lindan con los cauces públicos están sujetos en toda su extensión longitudinal a una zona de servidumbre para uso público, que se regulará de conformidad con el Reglamento y la Ley deberá ser objeto de autorización por la Autoridad Única del Agua, sin perjuicio de otras autorizaciones que procedan.

##### **TÍTULO III. DERECHOS, GARANTÍAS Y OBLIGACIONES. CAPÍTULO I. DERECHO HUMANO AL AGUA**

El Artículo 57 define el derecho humano al agua como: “el derecho de todas las personas a disponer de agua limpia, suficiente, salubre, aceptable, accesible y asequible para el uso personal y doméstico en cantidad, calidad, continuidad y cobertura. Forma parte de este derecho el acceso al saneamiento ambiental que asegure la dignidad humana, la salud, evite la contaminación y garantice la calidad de las reservas de agua para consumo humano”.

### **8.11.5. Ley Orgánica de Salud**

TÍTULO PRELIMINAR. CAPÍTULO III. Derechos y deberes de las personas y del Estado en relación con la salud.

“Art. 7.- Toda persona, sin discriminación por motivo alguno, tiene en relación a la salud, los siguientes derechos”: se determina textualmente el literal C: “Vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado y libre de contaminación”. “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”.

“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”.

### **8.11.6. Acuerdo Ministerial 097-A**

Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua

Anexo 1 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente.

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

De esta manera la norma permitirá establecer diferentes conceptos, criterios que a su vez ayudarán a salvaguardar la calidad del recurso hídrico en torno a sus diferentes usos. El Acuerdo Ministerial 097-A establece que la contaminación del agua es debido a cualquier tipo de alteración de las características físicas, químicas y biológicas, en concentraciones tales que la hacen no apta para el uso deseado, o que causa un efecto adverso en el ecosistema acuático, seres humanos o al ambiente en general.

Y a su vez los criterios del agua se enfocan a la concentración numérica o enunciado descriptivo recomendado sobre parámetros físicos, químicos y biológicos para mantener determinado el uso benéfico del agua. Los criterios de calidad para los 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.

La presente norma técnica determina o establece:

- a) Principios básicos y enfoque general para el control de la contaminación del agua.
- b) Límites máximos permisibles, disposiciones y prohibiciones para las descargas en cuerpos de agua o sistemas de alcantarillado.
- c) Los distintos criterios de la calidad de aguas para sus distintos usos.
- d) Permisos de descargas.
- e) Métodos y procedimientos para determinar la presencia de contaminantes en el agua.

Clasificación

Criterios de calidad de las aguas para distintos usos:

- a) Criterios de calidad para aguas destinadas al consumo humano y uso doméstico, previo a su potabilización.
- b) Criterios de calidad para la preservación de vida acuática y silvestre en aguas dulces frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuario.
- c) Criterios de calidad para aguas de uso agrícola o de riego.
- d) Criterios de calidad para aguas de uso pecuario.
- e) Criterios de calidad para aguas con fines recreativos.
- f) Criterios de calidad para aguas de uso estético.

La norma nos permite establecer seis criterios básicos para la calidad del agua, sin embargo, en la presente investigación se considerarán los criterios para agua de consumo humano y uso doméstico, previo a su potabilización y para uso de riego agrícola.

Criterios de calidad para aguas de consumo humano y uso doméstico:

Es aquella que es obtenida de cuerpos de agua, superficiales o subterráneos, y que luego de ser tratada será empleada por individuos o comunidades en actividades como:

- a) bebida o preparación de alimentos para consumo humano,
- b) satisfacción de necesidades domésticas, individuales o colectivos, tales como higiene personal y limpieza de elementos, materiales o utensilios,
- c) Fabricación o procesamiento de alimentos en general.

**Tabla 5**

*Criterios de calidad de fuentes de agua para consumo humano y doméstico*

<b>Parámetro</b>	<b>Expresado Como</b>	<b>Unidad</b>	<b>Criterio de Calidad</b>
<b>Aceites y grasas</b>	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
<b>Arsénico</b>	As	mg/l	0,1

<b>Coliformes Fecales</b>	NMP	NMP/100 ml	1000
<b>Bario</b>	Ba	mg/l	1
<b>Cadmio</b>	Cd	mg/l	0,02
<b>Cianuro</b>	CN-	mg/l	0,1
<b>Cobre</b>	Cu	mg/l	2
<b>Color</b>	Color real	Unidades de Platino-Cobalto	75
<b>Fluoruro</b>	F-	mg/l	1,5
<b>Demanda Química de Oxígeno</b>	DQO	mg/l	<4
<b>Hierro Total</b>	Fe	mg/l	1,0
<b>Mercurio</b>	Hg	mg/l	0,006
<b>Nitratos</b>	NO <sub>3</sub>	mg/l	50,0
<b>Nitritos</b>	No <sub>2</sub> -	mg/l	0,2
<b>Potencial Hidrógeno</b>	pH	Unidades de pH	6,9
<b>Plomo</b>	Pb	mg/l	0,0,
<b>Selenio</b>	Se	mg/l	0,01
<b>Sulfatos</b>	SO <sub>4</sub> -2	mg/l	500
<b>Turbiedad</b>	Unidades nefelométricas de turbiedad	UTN	100,0

**Fuente:** (Acuerdo Ministerial 097-A, 2015)

### **Criterios para la calidad de aguas de uso agrícola o de riego:**

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

### **Tabla 6**

*Criterios de calidad de aguas para riego agrícola*

<b>Parámetro</b>	<b>Expresado Como</b>	<b>Unidad</b>	<b>Criterio de Calidad</b>
<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 +6	mg/l	0,1
<b>Flúor</b>	F	mg/l	1,0
<b>Hierro</b>	Fe	mg/l	5,0
<b>Litio</b>	Li	mg/l	2,5
<b>Mercurio</b>	Hg	mg/l	0,001
<b>Manganeso</b>	Mn	mg/l	0,2
<b>Níquel</b>	Ni	mg/l	0,2
<b>Nitritos</b>	NO <sub>2</sub>	mg/l	0,5
<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> -2	mg/l	250
<b>Vanadio</b>	V	mg/l	0,1

**Fuente:** (Acuerdo Ministerial 097-A, 2015)

Para determinar los valores y concentraciones de los parámetros determinados en esta Norma Oficial Ecuatoriana, se deberá aplicar los métodos establecidos en el manual “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater”, en su más reciente edición. Además, deberán considerarse las siguientes Normas del Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN):

- Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2169:98. Agua: Calidad del agua, muestreo, manejo y conservación de muestras.

- Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2176:98. Agua: Calidad del agua, muestreo, técnicas de muestreo.

### 8.11.7. Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108 (Sexta Revisión, 2019)

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

**Tabla 7**

*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
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>
Nitritos (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)*

### 8.11.8. Ordenanza para la descontaminación, y protección de los ríos y afluentes hídricos del cantón Latacunga

“Art. 1. La presente ordenanza tiene por objeto la descontaminación, y protección del río Cutuchi, Pumacunchi, Cunuyacu, Yanayacu y demás afluentes superficiales o subterráneos del cantón Latacunga.”

“Art. 2. El ámbito de aplicación de la presente ordenanza será a nivel cantonal, y estarán sujetos de la misma los sectores, industrial, agroindustrial, agropecuario, forestal,

minero, metalúrgico, papelerero, lácteo, florícola, brocolero, y de servicios (lubricadoras, lubri lavadoras, mecánicas, imprentas gráficas, gasolineras, y otros), asentados en el territorio cantonal de Latacunga”.

“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 deberán aplicar buenas prácticas ambientales e implementar plantas de tratamiento de aguas negras, residuales, descargas industriales, domésticas y otras que alteren las condiciones físico, químicas y biológicas del agua, y atenten la calidad del Río Cutuchi, los ríos, Pumacunchi, Cunuyacu, Yanayacu y demás afluentes superficiales y subterráneos que son parte del sistema hidrográfico mayor de la cuenca del Río Pastaza y perjudique el bienestar colectivo y de los recursos hídricos del cantón Latacunga”.

“Art. 8. Es obligación de todos los sectores productivos y de servicios públicos y privados, industrial, agroindustrial, agropecuario, forestal, minero, metalúrgico, papelerero, lácteo, florícola, brocolero, y de servicios (lubricadoras, lubri lavadoras, mecánicas, imprentas gráficas, gasolineras, y otros), asentados en el territorio cantonal de Latacunga, mantener un adecuado manejo y tratamiento de desechos sólidos de todo tipo, vertidos y descargas, que contaminen el agua y propendan procesos de bioacumulación”.

“Art. 10. Prohíbese las descargas de aguas crudas (servidas), negras, de origen industrial, agrícola, de servicios tanto público como privado y otras contempladas en el artículo 9 sin su debido tratamiento, al Río Cutuchi, los ríos, Pumacunchi, Cunuyacu, Yanayacu y demás afluentes superficiales y subterráneos a nivel cantonal”.

## **9. VALIDACIÓN DE LA PREGUNTA CIENTÍFICA**

**¿Es posible establecer la trazabilidad microbiológica de enterobacterias en sitios poco monitoreados y contaminados con arsénico proveniente de fuentes naturales entre los 3600 y 3700 m.s.n.m en la parroquia de Toacaso?**

Si es posible, porque se utiliza una serie de procesos que llevarán al cumplimiento de cada uno de los objetivos planteados, el primero es caracterización biofísica de la zona de estudio, además de la determinación de la concentración de As en sitios poco monitoreados como es la quebrada Talahuachana y, por último, se establecerá la relación entre presencia de enterobacterias con altas

## 10. Metodología

En la recopilación de datos sobre la caracterización, identificación de la zona de estudio, determinación del As y microbiológico, se utilizó el método experimental y bibliográfico, para la identificación del punto de muestreo, toma de muestras para los análisis físicoquímicas (pH, sulfatos, oxígeno disuelto, arsénico y manganeso) y microbiológicos (coliformes fecales).

Además, se realizó salidas de campo para sustentar la información proporcionada por los mapas obtenidos en el Sistema Nacional de Información aplicados en el programa QGIS y los resultados del laboratorio. También, se utilizó libros virtuales, artículos científicos, informes y revistas que acrediten dicha información.

La determinación de consorcios bacterianos y la contaminación de As presente en sitios poco monitoreados y de fuentes naturales se realizó a partir de un enfoque cualitativo y cuantitativo que se desarrollará en tres etapas.

- Caracterización e identificación de la zona de estudio mediante la utilización de la herramienta QGIS del Sistema de Información Geográfica, para la determinación de la zona de estudio, con la información descargada del Sistema Nacional de Información (SIN), la misma que se realizó tomando en cuenta los pisos altitudinales de 3600 a 3700 m.s.n.m.
- Salida de campo para la recolección de muestras de agua en la quebrada Talahuachana, que fueron analizadas bajo la colaboración del Laboratorio Nacional De Calidad Del Agua y Sedimentos (LANCAS) del Instituto Nacional de Meteorología en Hidrología (INAMHI).
- Recolección de muestras de agua para la identificación de colonias de enterobacterias en el laboratorio de la Universidad Técnica de Cotopaxi en la Facultad de CAREN.

### 10.1. Tipos de investigación

- **Investigación exploratoria:** Ayuda otorgando estrategias de conservación a futuro para el recurso hídrico, examinando el tema de investigación con una visión general sobre la realidad del lugar.

- **Investigación descriptiva:** Detalla con precisión la problemática y a su vez proporciona la información mediante mapas, describiendo características ambientales del lugar como: tipo de clima, precipitación, temperatura, geología, pendiente, textura del suelo, erosión, cobertura vegetal, taxonomía del suelo, entre otros.

## 10.2. Métodos

- **Método cuantitativo:** Se recopiló datos e información del lugar el cual permitió conocer el grado de concentración de los parámetros evaluados para comparar con las normas de calidad de agua.
- **Método cualitativo:** Permite recolectar, analizar la información del método cuantitativo que ayuda a identificar y comparar los resultados obtenidos.
- **Método de campo:** Se empleó para la caracterización morfométrica e hidrológica del área a evaluar, para definir la zona de estudio, y obtención de muestras que serán analizadas en el laboratorio.

## 10.3. Caracterización biofísica y ubicación

Para la caracterización biofísica y ubicación de la zona de estudio se utilizó la herramienta QGIS 2.9 del Sistema de Información Geográfica, la misma que se realizó tomando en cuenta los pisos altitudinales de 3600 a 3700 m.s.n.m, considerando los sistemas montañosos del lado oriente y occidente de la quebrada Talahuachana. para su corte, permitiéndonos identificar mediante el ingreso de las coordenadas el lugar específico de muestreo y mediante archivos SHP descargados del SNI determinamos la altura, caracterización climática, áreas, entre otros.

Para esto se procedió al ingreso de los archivos SHP de cobertura vegetal, pendiente, erosión, precipitación, temperatura, clima, geología, suelos, textura, taxonomía, para luego realizar el respectivo corte de cada una de las características presentes en la zona, obteniendo la descripción respectiva de cada uno de los mapas.

Esta aplicación permite obtener el área, porcentajes específicos de la descripción presente en el mapa correspondiente, como también la distribución en toda el área de estudio.

#### 10.4. Muestreo para el análisis de agua de riego y consumo humano

Se realizó el 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.

Para el muestreo se realizó una muestra compuesta (muestras tomadas en un mismo punto, pero en diferentes tiempos) colocando 4 litros de agua en un balde, para luego dividir la misma muestra en los recipientes proporcionados por el LANCAS de la siguiente manera:

- **Oxígeno disuelto:** Se llenó un winkler de 300 ml, después se coloca los preservantes enviados también por el laboratorio: vial 1 (1 ml de sulfato manganoso), vial 2 (1 ml de álcali yoduro) y vial 3 (2 ml de ácido sulfúrico concentrado). Por último, tapar, eliminar el exceso de líquido en el winkler y rotular (mantener con hielo la muestra hasta llegar al laboratorio).
- **pH y Sulfatos:** En el caso de los dos parámetros es necesario llenar un envase plástico de 1000 ml para cada parámetro, finalmente tapar el frasco y rotular (mantener con hielo la muestra hasta llegar al laboratorio).
- **Arsénico y Manganeso:** Para el análisis de As y manganeso se toma una muestra en el envase plástico de 250 ml, dejar un pequeño espacio en el cuello del envase y colocar 5 gotas de ácido nítrico concentrado enviado por el laboratorio, poner la contratapa e inmediatamente tapar el frasco. Posteriormente invertir el frasco tres veces para homogeneizar la muestra y rotular (mantener con hielo la muestra hasta llegar al laboratorio).
- **Coliformes fecales:** Para este análisis es necesario abrir el frasco plástico esterilizado de 100 ml, sumergido en el agua y llenarlo dejando un espacio de aire y por último tapar el frasco lo más pronto posible al sacar del agua (mantener con hielo la muestra hasta llegar al laboratorio).

Hay que recalcar que las técnicas utilizadas por el LANCAS para los diferentes parámetros son: electrometría para pH, espectrometría de absorción atómica de llama para As y manganeso; volumetría para oxígeno disuelto, espectrofotometría en sulfatos y microbiológicas para coliformes fecales.

### 10.5. Muestreo de agua para cultivo y siembra de microorganismos

Para el cultivo y siembra de microorganismos se muestrea según la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2169:2013 para agua, calidad de agua, muestreo, manejo y conservación de muestras, ocupando un frasco urintainer esterilizado 90 ml que se sumergió en el agua y se llenó dejando un espacio de aire.

Por último, se tapó el frasco lo más pronto posible al sacar del agua (mantener con hielo la muestra hasta llegar al laboratorio). El cultivo de microorganismo se realizó en el laboratorio de la Carrera de Medio Ambiente de la Facultad de CAREN de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

### 10.6. Preparación del agar MacConkey

Se utilizó agar MacConkey debido a que es un medio de cultivo selectivo y diferencial que permite el crecimiento de enterobacterias, como agente inhibidor de los demás microorganismos, porque al comprobar que las enterobacterias son resistentes al As es posible abrir una investigación amplia para remover el As del agua proveniente con desechos humanos y animales a una menor inversión que tratamientos convencionales.

Para la obtención del medio de cultivo en agar MacConkey se pesó 4.5 gramos, el cual se disolvió en 0.09 litros de agua destilada en el matraz, realizando movimientos de vaivén y rotación hasta lograr una mezcla homogénea con una concentración al 5 %  $\frac{m}{V}$ .

Una vez disuelto el medio se procedió a colocar en la autoclave y se esterilizó a una temperatura de 121°C durante 15 minutos (Puruncajas, 2013).

**Tabla 8**

*Composición del agar MacConkey*

Digerido pancreático de gelatina	17,0 g
Digerido pancreático de caseína	1,5 g
Digerido péptico de tejido animal	1,5 g
Lactosa	10,0 g
Mezcla de sales biliares	1,5 g

Cloruro de sodio	5,0 g
Agar	13,5 g
Rojo neutro	30,0 g
Cristal violeta	1,0 g
Agua destilada	1,000 ml
pH final: 7,1±0,2	

**Fuente:** (Izurieta & Villacrés, 2015).

### 10.7. Preparación del agar nutritivo

Se utilizó agar nutritivo debido a que permite el crecimiento exponencial de las bacterias que se van a aislar, ya que este agar tiene los nutrientes adecuados para su desarrollo. Para la elaboración del medio de cultivo en agar nutritivo se pesó 5.4 gramos, el cual se disolvió en 0.18 litros de agua destilada en el matraz, realizando movimientos hasta lograr una mezcla homogénea con una concentración de 3 %  $\frac{m}{V}$ . Una vez disuelto el medio se procedió a colocarlo en la autoclave para su esterilización a una temperatura de 121°C durante 15 minutos (Puruncajas, 2013).

**Tabla 9**

*Composición del agar nutritivo*

Pluripeptona	5,0 g
Extracto de carne	3,0 g
Agar	15,0 g
Agua destilada	1,000 ml
pH final: 7,3 ± 0,2	

**Fuente:** (Gil, 2019).

### 10.8. Vertimiento del medio de cultivo en cajas Petri

Una vez disuelto el medio se llevó a la cabina de flujo laminar para evitar el crecimiento de contaminantes externos al momento de verter el medio en las cajas Petri, se procedió a verter 15 ml de agar MacConkey en tres cajas Petri de plástico y 15 ml de agar nutritivo en seis cajas Petri de plástico estériles. (Murillo & Pullupaxi, 2019)

### 10.9. Técnica de cultivo por extensión en agar MacConkey

Con la ayuda de un gotero se colocó 1 ml de la muestra de agua en la parte superior del cultivo, para luego esparcirlo con el asa, realizando la siembra por extensión, la misma

que se esparció uniformemente por toda la superficie del medio de cultivo, esto permitirá que dé lugar al crecimiento de colonias de enterobacterias (Puruncajas, 2013).

### Figura 1

#### *Siembra por extensión*



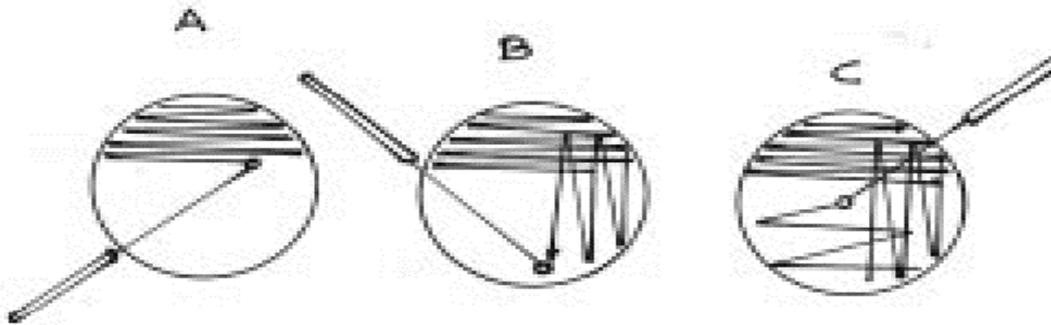
**Fuente:** (Puruncajas, 2013).

#### **10.10. Aislamiento de colonias por el método de estrías en agar nutritivo**

Se seleccionan tres colonias de la muestra madre del agar MacConkey para proceder a la siembra en el agar nutritivo por el método de estrías, cada colonia es sembrada en dos cajas Petri de agar nutritivo, la misma que es distribuida con la ayuda del asa nicrom formando así estrías o líneas por toda la superficie, siguiendo un patrón definido. Después de sembrar el primer sector, el asa de siembra es esterilizada 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. Se trata de un proceso de dilución (Prescott, Harley, & Klein, 2009).

### Figura 2

#### *Siembra por estría*



**Fuente:** (Prescott, Harley, & Klein, 2009)

### 10.11. Incubación

Se utilizó una incubadora, permitiendo alcanzar y mantener las temperaturas medias de los medios de cultivo de 25 °C por 72 horas. Tras la incubación en condiciones adecuadas, cada célula viable origina una colonia visible resultado de sucesivas divisiones celulares. Cada colonia bacteriana tiene características determinadas a su forma, borde, elevación, tamaño, consistencia, etc (Murillo & Pullupaxi, 2019).

### 10.12. Tinción de Gram

En la realización de la tinción lo primordial es realizar un frotis de la colonia de microorganismos para lo cual es necesario colocar una gota de agua destilada en el portaobjetos, después con el asa nicrom esterilizada se saca una cantidad mínima de la colonia que se encuentra en la caja Petri, colocando dentro de la gota de agua mientras se realiza movimientos circulares para que la biomasa se mezcle con el agua (Vizcarrondo & Gamboa, 2001). Después se debe fijar la mezcla por calor, por lo tanto, es necesario la utilización del mechero, pasar el portaobjetos por encima de la llama realizando movimientos en zigzag o circulares, levantando constantemente la muestra evitando que se queme, quedando totalmente seca y por lo tanto fija en el portaobjetos (Vizcarrondo & Gamboa, 2001).

Cada muestra se tiñó con azul de metileno (1%) por un minuto y lavar con agua destilada para eliminar el exceso de colorante, cubrir con lugol (5%), que actúa como mordiente, dejarlo por un minuto y lavar con agua, se decoloró con el alcohol antiséptico por 30 segundos después se lavó con agua, se tiñó con safranina (1%) por 1 minuto, el exceso de colorante se elimina con agua destilada, dejando secar las láminas a temperatura ambiente para observar en el microscopio. (Murillo & Pullupaxi, 2019).

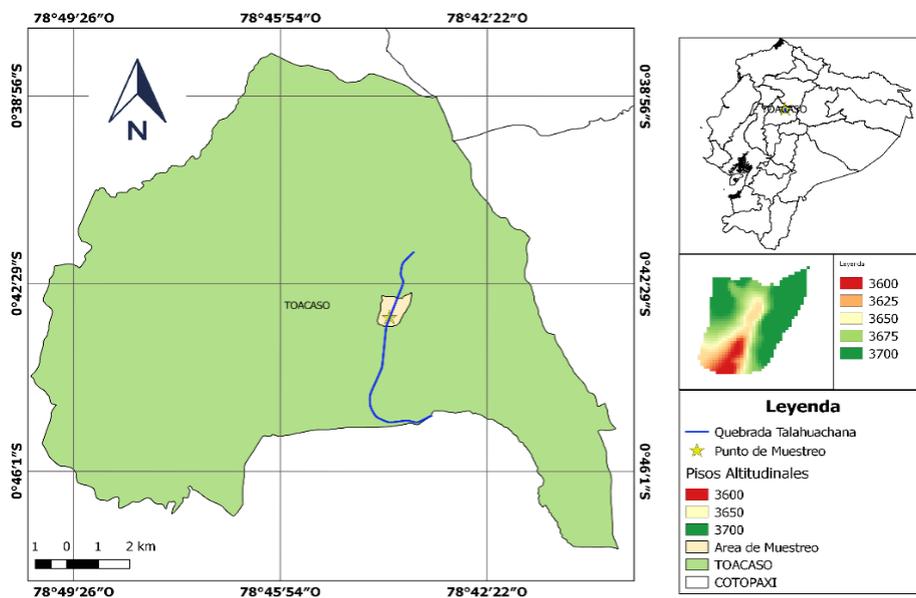
## 11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

### 11.1. Área de estudios

El punto de muestreo se encuentra ubicado en el afluente dentro de la quebrada Talahuachana que nace desde las faldas del estratovolcán Illiniza Sur perteneciente a la microcuenca del río Cutuchi, en la parroquia Toacaso, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi. Su ubicación es de  $-0.718646$  latitud sur y  $-78.733882$  de longitud oeste, con una altitud fluctuante entre los 3600 a 3700 m.s.n.m. como se observa en el siguiente gráfico.

**Figura 3**

*Área de estudio*



**Elaborado por:** *Rueda Tatiana & Villegas Dennys*

**Fuente:** *Sistema nacional de información*

La quebrada Talahuachana cuenta con una amplia zona de vegetación arbustiva y herbácea, contando con temperaturas bajas. Para el mes de diciembre se realizó la primera salida de campo la cual sirvió para el reconocimiento de la zona de estudio encontrándose a una altura de 3623 m.s.n.m, con un día despejado.

El caudal presente en la quebrada fue mínimo ya que nos encontrábamos en época de transición (época seca a lluviosa), por lo que no se encontró arrastre de sedimentos. El agua se encontraba turbia, con abundante presencia de sedimentos acumulados en las rocas presentes dentro y fuera de la quebrada.

**Figura 4:***Reconocimiento de la zona de estudio (diciembre)***Elaborado por:** *Rueda Tatiana & Villegas Dennys*

Para el mes de enero se procedió a la toma de las muestras de agua de la quebrada, verificando que las condiciones climáticas variaron, encontrándose con presencia de neblina y llovizna en toda el área de estudio, por lo que el caudal aumento notablemente, presentándose poca cantidad de arrastre de sedimentos, los mismos que fueron acarreados en todo el largo de la quebrada e incluso se formó la aparición de pocas algas de color verde en la rivera de la misma.

**Figura 5***Día del muestreo parámetros físicos-químicos y biológicos (enero)***Elaborado por:** *Rueda Tatiana & Villegas Dennys*

Se realizó una salida de campo a inicios del mes de marzo identificando que en la zona de estudio se presentó un clima soleado con cielo despejado, con un nivel de caudal mínimo, el agua se encontraba turbia con color marrón, se evidencio también mayor presencia de sedimentos de color amarillo impregnados en las rocas, sin dejar de mencionar que existía indicios de que la noche anterior ocurrió una gran precipitación

en dicha zona, todo debido a que el suelo se encontraba con gran humedad, y se divisaba la vegetación empapada de gotas de agua.

Toda esta variabilidad de características del agua y el lugar son un factor principal para la evaluación de los resultados, debido a que pueden ser la causa de que los resultados varíen constantemente.

**Figura 6:**

*Monitoreo (marzo)*



**Elaborado por:** *Rueda Tatiana & Villegas Dennys*

Se realizó el segundo muestreo a finales del mes de marzo con el fin de realizar una comparación entre los parámetros fisicoquímico y microbiológico del agua de la quebrada Talahuacaha realizados en el mes de enero, existiendo el incremento del caudal notablemente pues en dicho mes comienza la época lluviosa.

El agua se encontraba turbia con un color marrón claro, disminución de sedimento en las rocas que se encontraban a las riberas de dicha quebrada, conjuntamente con la presencia de un día nublado y con poca llovizna.

**Figura 7:**

*Segundo muestreo (marzo)*



Elaborado por: *Rueda Tatiana & Villegas Dennys*

## 11.2. Caracterización biofísica del piso altitudinal entre 3600 a 3700 m.s.n.m.

### 11.2.1. Clima

El clima en la zona de estudio no varía pues solo se evidencia un tipo de clima subhúmedo con pequeño déficit de agua, mesotérmico templado frío, posiblemente correspondiente a la altitud entre 3600 a 3700 m.s.n.m. (Figura 7). Es decir, su piso climático es de páramo y afectado por su proximidad al estratovolcán los Illinizas.

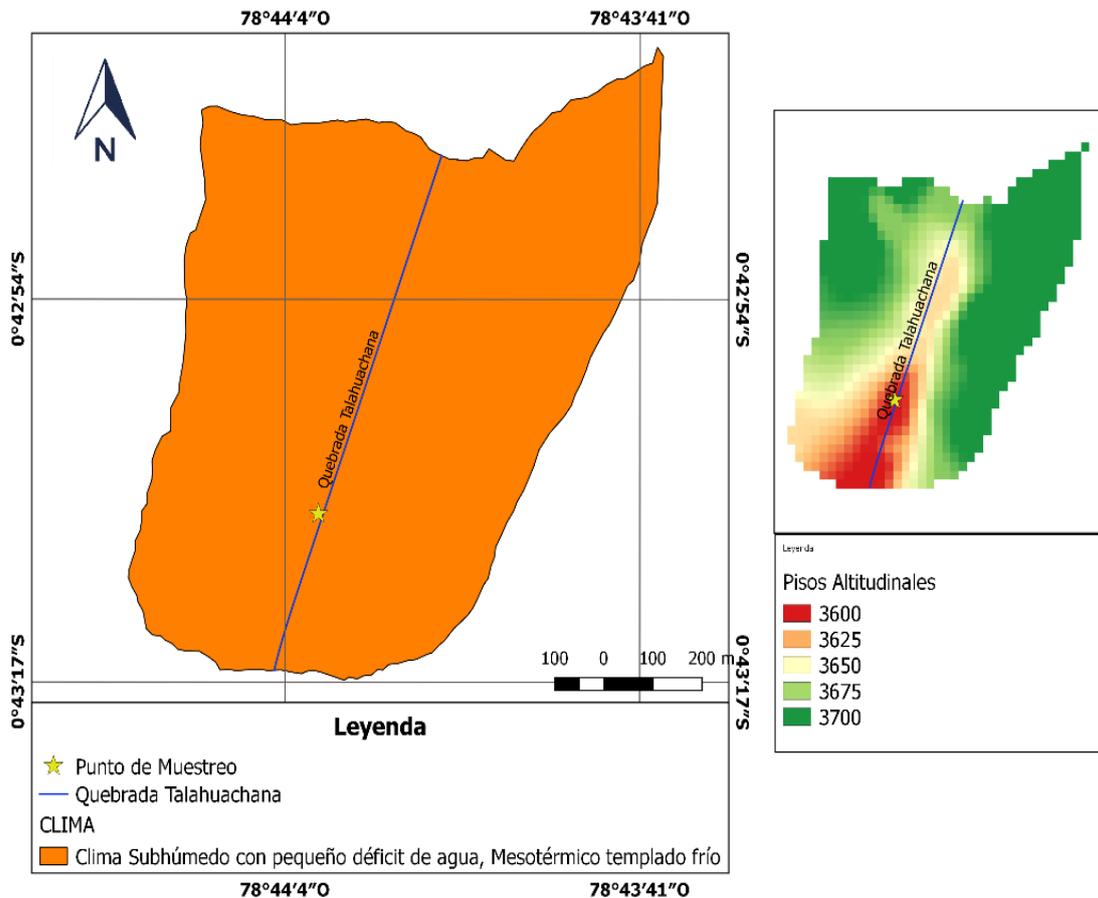
El clima juega un papel vital en la atmósfera porque el As puede distribuirse en el aire, el agua y suelo a través de ciclones de polvo y aguas de escorrentía, donde la contaminación por As está muy extendida (Gillispie & Sowers, 2015).

El viento fue identificado como un medio para la movilización del As en forma de partículas que se encuentran en la superficie del suelo, ocurriendo de manera natural (Prieto, González, & Román, 2009).

Por otra parte, en regiones con climas fríos, como nuestra área de estudio, el agua se visualiza de color amarillento o marrón claro, debido a la concentración de vapor a temperaturas muy bajas (Alarcón, Leal, & Benavides, 2013).

### Figura 7:

*Clasificación climática*



**Elaborado por:** *Rueda Tatiana & Villegas Dennys*

**Fuente:** *INAMHI (2010)*

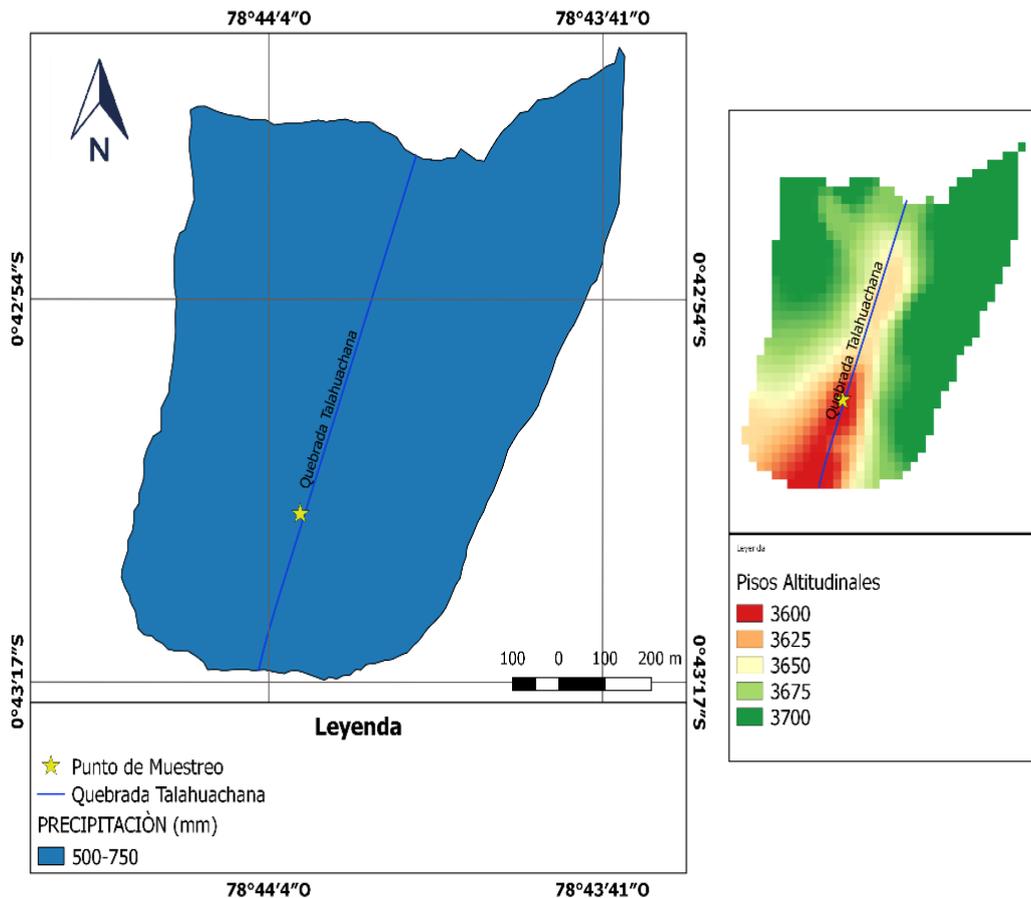
### 11.2.2. Precipitación

En la zona de estudio la precipitación oscila entre los 500 a 750 mililitros anuales (figura 8), se debe a que el sector se encuentra en el flanco oriental de la cordillera occidental que se dirige a los valles andinos, añadiendo la presencia de niebla que se condensa produciendo las precipitaciones.

Además, la precipitación de la zona de estudio es propia del piso altitudinal de páramo ya que se encuentra entre los 3000 m.s.n.m. a 4000 m.s.n.m.

**Figura 8:**

*Precipitación*



**Elaborado por:** Rueda Tatiana & Villegas Dennys

**Fuente:** INAMHI (2010)

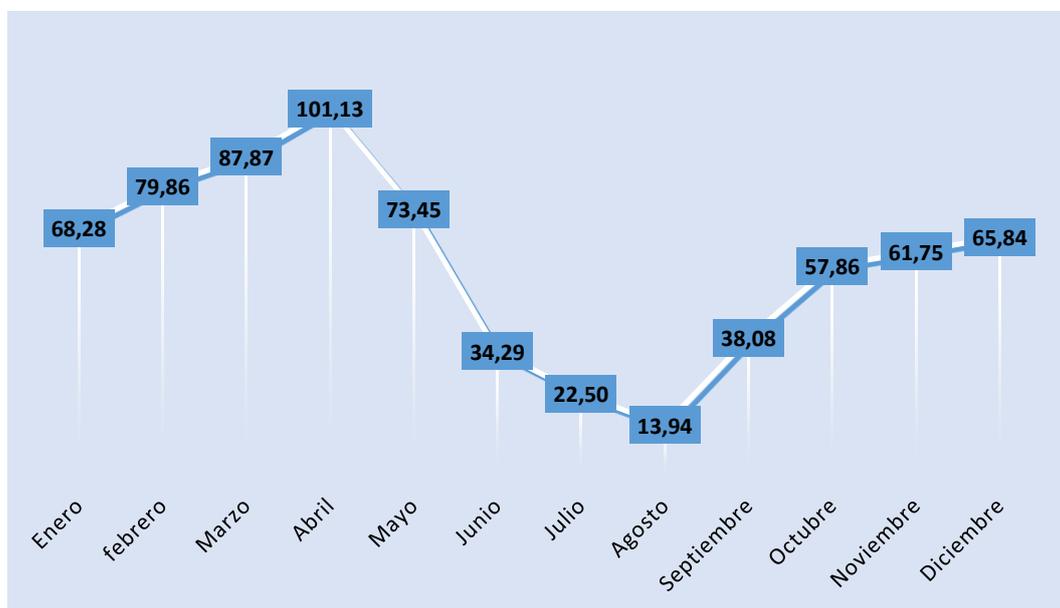
En caso de la precipitación de la quebrada Talahuachana se tomó la base de datos del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI). Seleccionando la estación M1066-Cotopilalo perteneciente a la parroquia de Toacaso, que se encuentra a 4 km aproximadamente de la zona de estudio, los datos fueron mensuales y se consideró un periodo de 25 años (1991-2015). Estos datos nos permitirán identificar el declive que existe entre el mes de diciembre hasta marzo, como también la época de transición, por lo que la variación de la precipitación influirá directamente en la obtención de datos en la concentración de As y parámetros fisicoquímicos del agua en cada uno de los meses y épocas del año.

En la figura 9 se puede apreciar que en el mes de diciembre se encuentra con un pico de 65,84 mm, en cambio en enero la precipitación asciende con un 68,28 mm, y en marzo la precipitación aumenta llegando a un 87.87mm. Encontrando un declive de 2,44 mm entre el mes de diciembre y enero, pero entre enero y marzo tenemos una diferencia de 19.59 mm. La precipitación influye de una forma directamente proporcional con los

resultados del muestreo debido a que al existir mayor precipitación habrá mayor presencia de contaminantes (As), ya que por las escorrentías existe mayor arrastre de partículas metálicas. Pero la bibliografía dice que sí existe menor presencia de precipitación, la concentración de contaminantes As será mayor y el arrastre de sedimentos menor. Porque los depósitos de metales pesados As, que se acumulan en temporada seca sobre las superficies; es probable que sean removidos y transportados por la escorrentía durante los periodos que aumenta la precipitación (Santamaría, Torres, & Zafra, 2015).

### Figura 9

*Datos de la precipitación de la estación M1066-Cotopilalo (1991-2015)*



**Elaborado por:** Rueda Tatiana & Villegas Dennys

**Fuente:** INAMHI (2018)

#### 11.2.3. Temperatura

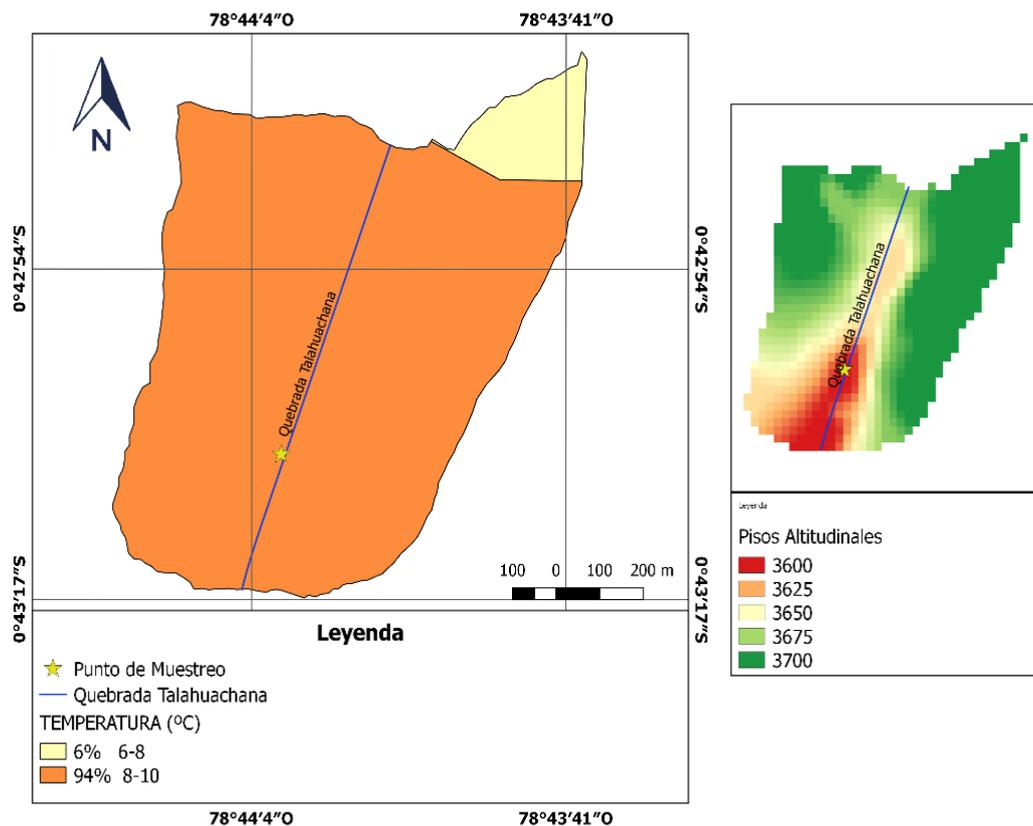
En el sitio de estudio se observan dos diferencias de temperatura, en la mayor parte del territorio la temperatura oscila entre 8°C a 10°C y en la parte nororiental la temperatura es de 6°C a 8°C, existiendo un rango de temperatura de 2 grados (Figura 10). Se debe a que la zona con menor temperatura es más cercana al volcán conocido como los Illinizas, pues es la zona más alta de la región estudiada.

Relacionando el As con la temperatura de la zona de estudio es necesario conocer que el As es resistente temperaturas frías entre 4°C a 10°C, debido a que este metal se acumula

contaminando el agua (Kinniburgh & Smedley, 2001), por lo tanto la acumulación de As en el agua del lugar de estudio es verdadera porque la temperatura varía entre 6°C a 10°C.

### Figura 10

*Temperatura del lugar de estudio*



**Elaborado por:** Rueda Tatiana & Villegas Dennys

**Fuente:** INAMHI (2010)

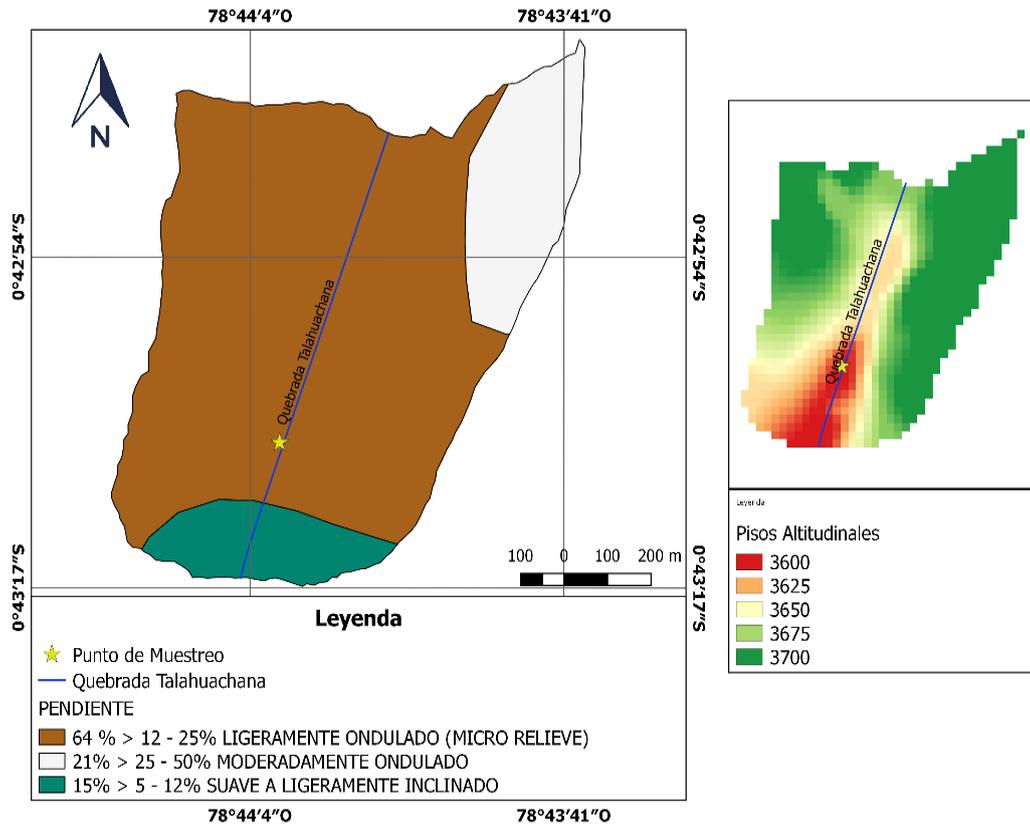
#### 11.2.4. Pendiente

La zona de estudio presenta tres distintas pendientes: ligeramente ondulada, micro relieve (64% de la zona de estudio), y un rango de 15% a 25%, seguida por la pendiente suave ligeramente inclinada (21% del sitio de estudio), con un rango de 5% al 12% ocupando 584.43 hectáreas, por ultimo tenemos una pendiente moderadamente ondulada, (15% de la zona estudiada), con un rango del 25% al 50% con un área de 382.43 hectáreas (Figura 11). Recalcando que dicha área se encuentra más cercana a los Illinizas por lo cual su rango de pendiente continúa aumentando a diferencia de las dos primeras pendientes que se encuentran más alejadas al estratovolcán. La importancia de

la concentración del As con la pendiente es que a mayor pendiente existe mayor arrastre de sedimentos por parte de la escorrentía de la zona de estudio

**Figura 11**

*Pendiente del sitio de estudio*



**Elaborado por:** Rueda Tatiana & Villegas Dennys

**Fuente:** MAGAP (2016)

### 11.2.5. Hidrogeología

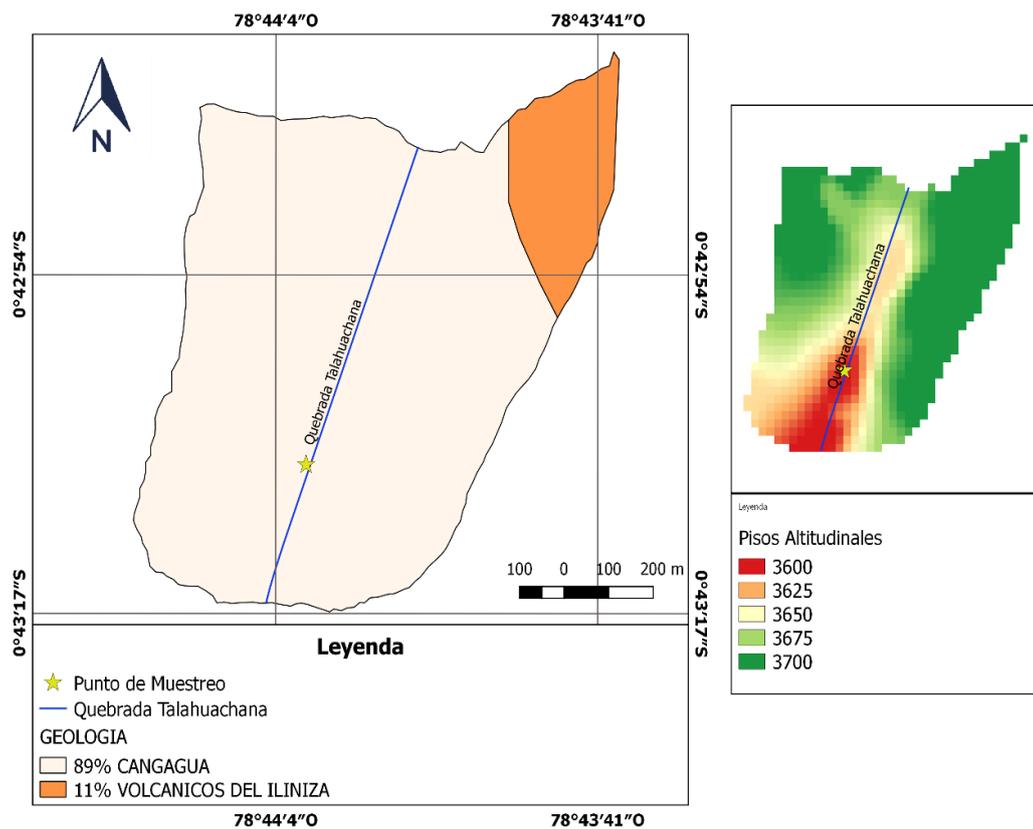
La geología presente en el área de estudio es de dos tipos 11% corresponde a la formación de ceniza volcánica que se encuentra en la parte nororiental de la zona y el 89% restante corresponde de formación de cangahua (Figura 12), que es una roca sedimentaria de origen volcánico encontrándose distribuida en la parte norte, sur y este de la zona. Esta geología se debe a que existen volcanes cerca a dicha zona como son los Illinizas y Corazón.

Según, Castelo (2015), indica que el alto contenido de As en las aguas subterráneas se debe principalmente a la presencia de depósitos volcánicos naturales presentes en el

agua, el suelo y los sedimentos. Es decir, que los recursos hídricos que se encuentran cercanos a zonas con alta actividad volcánica. En nuestra zona de estudio a las faldas de los Illinizas, la precipitación es capaz de acarrear altos niveles de As de rocas con origen volcánico como en el caso de la cangagua, ya que el agua al tener contacto con las rocas ígneas arrastra la mayor parte de minerales contenido en ellas.

**Figura 12:**

*Geología de la zona de estudio*



**Elaborado por:** Rueda Tatiana & Villegas Dennys

**Fuente:** MAGAP (2010)

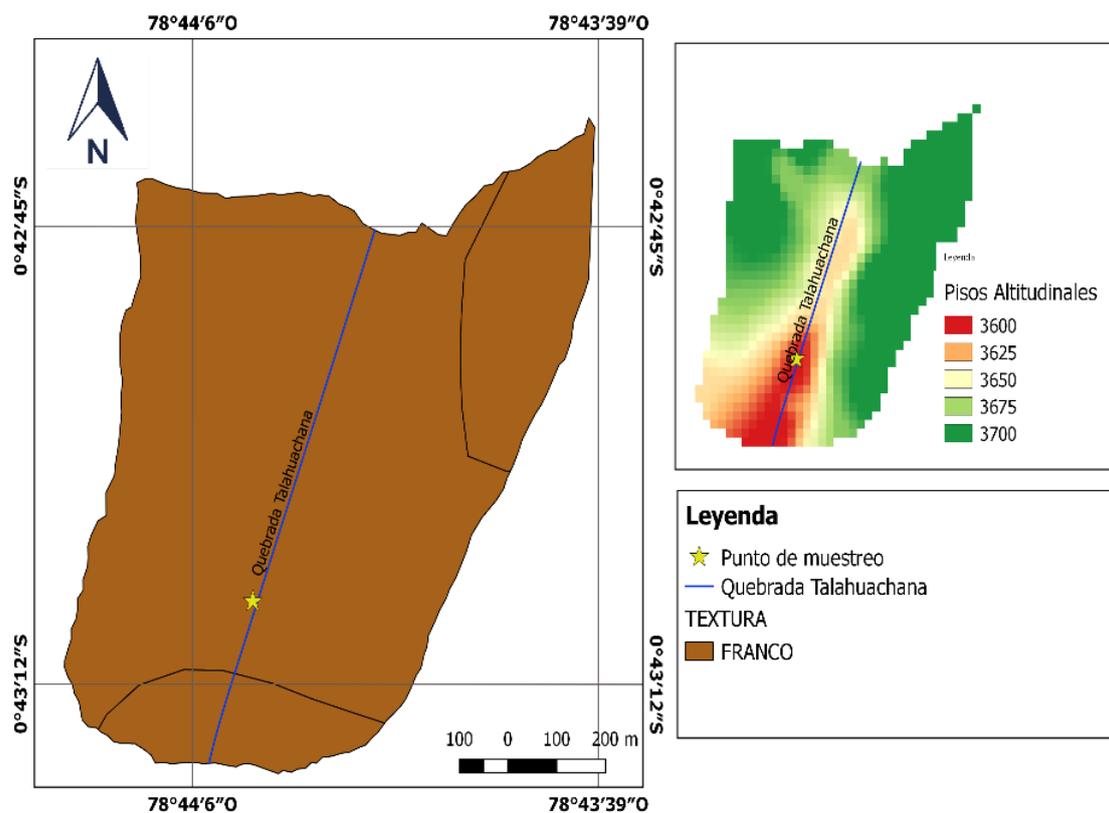
### 11.2.6. Textura del suelo

El 100% del área de estudio presenta un suelo con textura franco (media) que corresponde específicamente a suelos limosos, debido a que sus partículas son de tamaño intermedio (de 2 a 20  $\mu\text{m}$ ), considerándolos como suelos fértiles y fáciles de trabajar (Figura 13). Se puede aludir que las concentraciones de As se relacionan a la textura del suelo con su actividad química, dicho en otras palabras, la capacidad de infiltración y retención de líquidos en su estructura corresponde a suelos que no poseen

una buena capacidad de infiltración de líquidos debido a su textura franco como en el caso de sector de estudio (Moreno Báez, 2018). Además, se puede recalcar que el As presenta una movilidad mayor en partículas grandes de suelo un gran ejemplo son los suelos de arena fina que permiten mayor infiltración y retención que la textura arcillosa y franco (Ramos & Jiménez, 2019).

**Figura 13:**

*Clasificación de la textura del suelo*



**Elaborado por:** Rueda Tatiana & Villegas Dennys

**Fuente:** MAGAP (2016)

### 11.2.7. Taxonomía del suelo

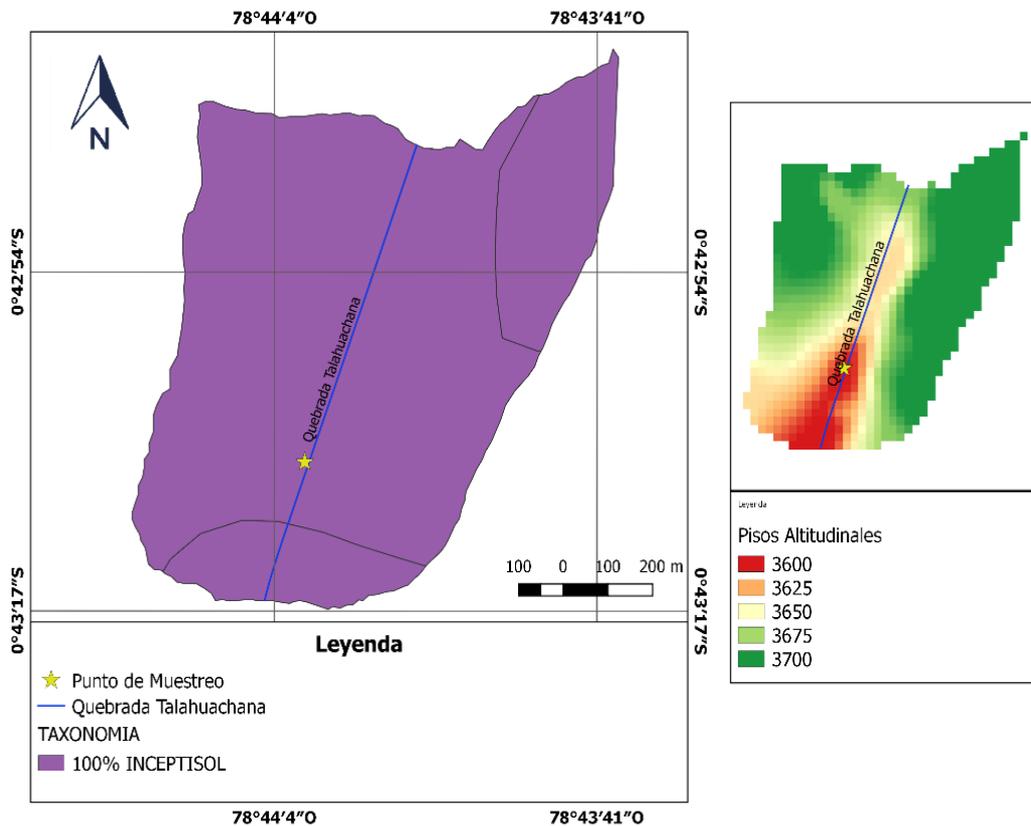
El área a evaluar cuenta con suelo Inceptisol, predominando en toda el área en su totalidad (Figura 14).

Este tipo de suelo con características poco definidas, no presenta intemperización extrema. Suelos de bajas temperaturas, pero de igual manera se desarrollan en climas húmedos (fríos y cálidos), presentan alto contenido de materia orgánica. Además, son el

suelo volcánico más cercano al trópico, ocupando las laderas más empinadas de roca (Alarcón M. , 2013).

### Figura 14

*Clasificación Taxonómica para la quebrada Talahunchana (3600 a 3700 m.s.n.m)*

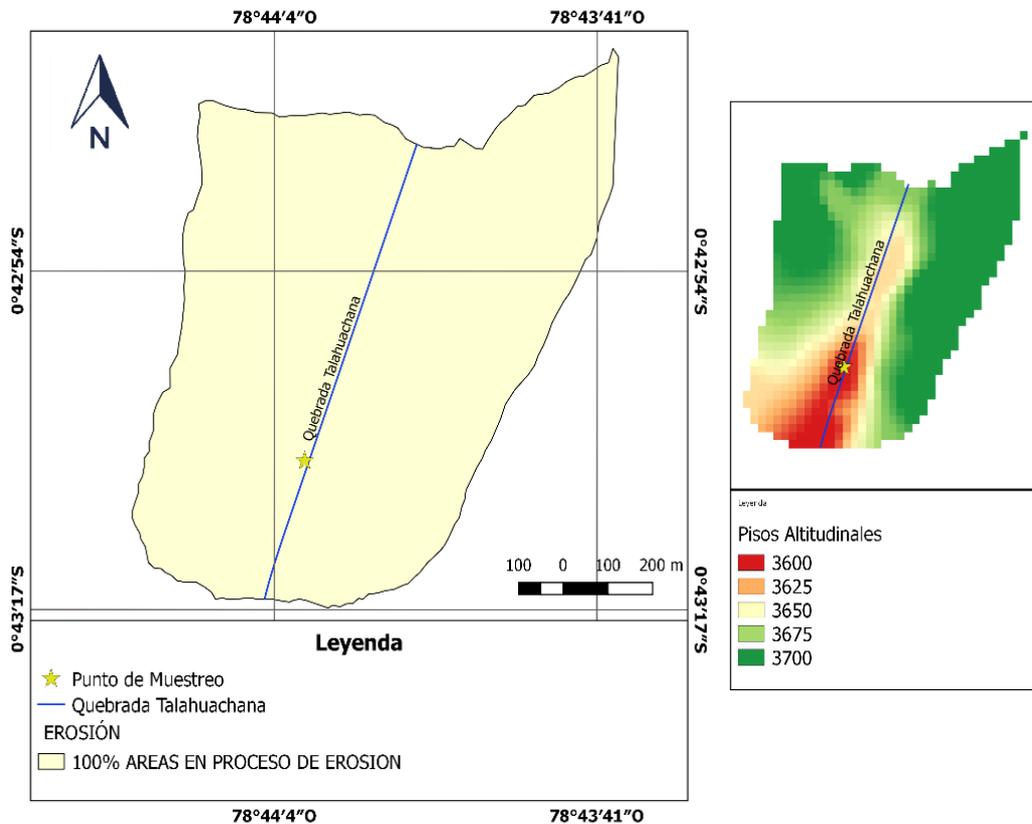


**Elaborado por:** Rueda Tatiana & Villegas Denny

**Fuente:** MAGAP (2016)

#### 11.2.8. Erosión del suelo

La erosión está dada especialmente por la ausencia de la cobertura vegetal, maquinaria agrícola y las fuertes pendientes usadas para la producción agropecuaria, sumándose la presencia de vientos en los meses de agosto y septiembre. Considerando que el área de estudio se vea afectada por estas actividades, ya que el área en su totalidad se encuentra en proceso de erosión (figura 15).

**Figura 15***Clasificación de la Erosión*

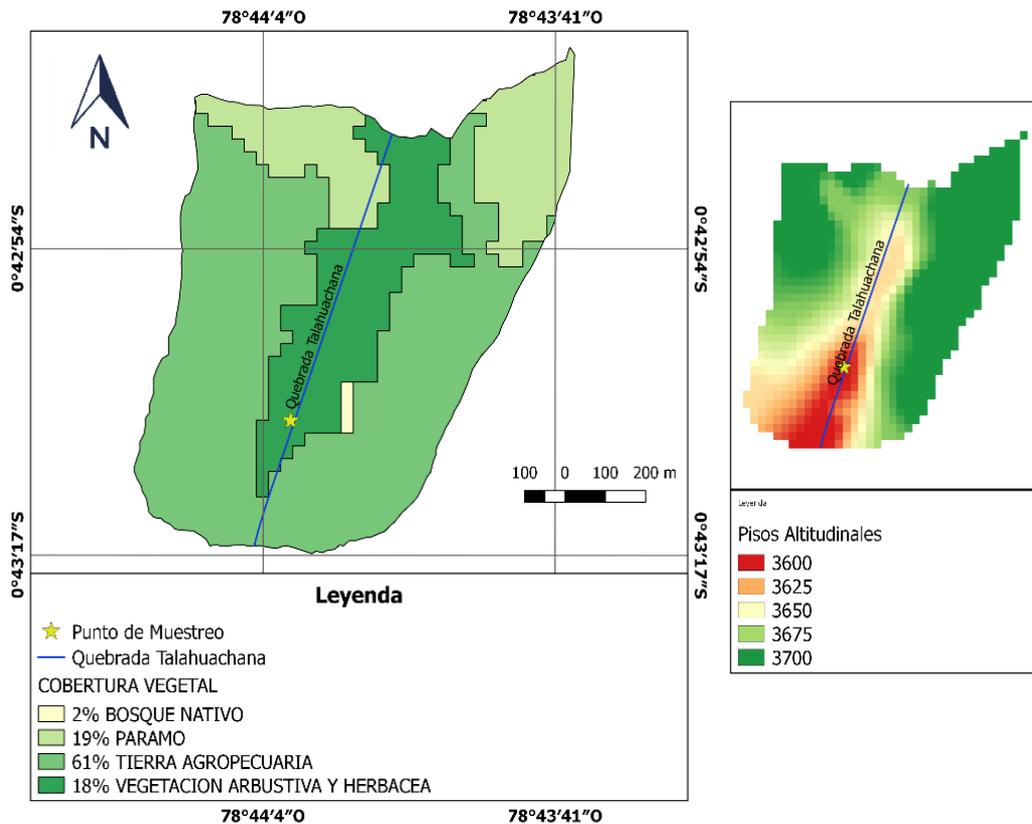
**Elaborado por:** *Rueda Tatiana & Villegas Denny*

**Fuente:** *MAGAP (2016)*

### 11.2.9. Cobertura vegetal

En la zona de estudio se ubican páramos, pajonales y matorrales que contribuyen a la diversidad biológica, y fundamentalmente como fuentes de recarga hídrica y protección de fuentes de agua. Beneficiando así de manera local, nacional y mundial. De estos recursos depende el mantenimiento de los volúmenes de agua, plantas comestibles y medicinales, animales silvestres, fuentes de energía, entre otros productos.

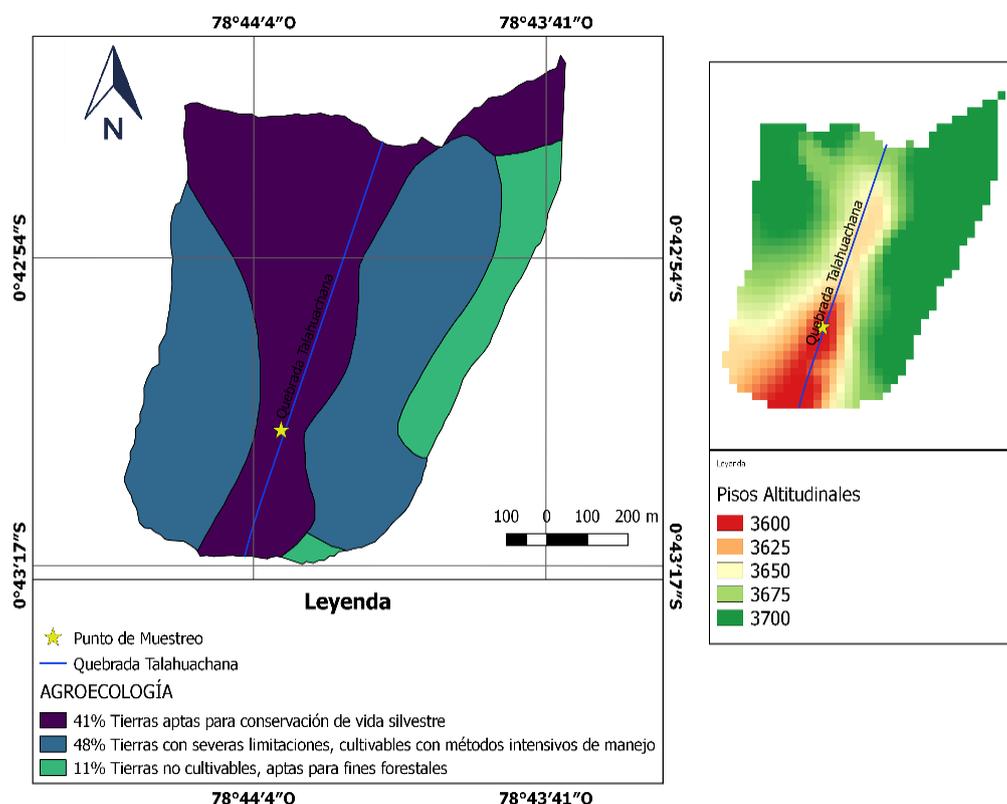
El área de estudio a la vez se ha convertido en una de las zonas más poseedoras de un desarrollo agrícola y ganadero muy amplio, evidenciando así la presencia de cuatro tipos de vegetación siendo el más predominante las tierras agropecuarias ocupando así un 61%, seguido por vegetación páramo con un 19%, vegetación arbustiva y herbácea con un 18% y bosque nativo con un 2% de toda la zona de estudio (figura 16).

**Figura 16***Clasificación de la cobertura vegetal***Elaborado por:** *Rueda Tatiana & Villegas Denny***Fuente:** *MAGAP (2016)*

### 11.2.10. Agroecología

En la zona de estudio existe la presencia de diferentes actividades agrícolas las mismas que generan que el paisaje se vaya deteriorando, sin considerar el uso verdadero para el cual están destinadas las tierras, generando así que se vayan clasificando en tres distintas actividades agroecológicas.

Siendo la más predominante las tierras con severas limitaciones, cultivables con métodos intensivos de manejo con un 48%, tierras aptas para la conservación de vida silvestre con un 41%, y tierras no cultivables, aptas para fines forestales con un 11% (figura 17).

**Figura 17***Clasificación agroecológica*

**Elaborado por:** *Rueda Tatiana & Villegas Denny*

**Fuente:** *MAGAP (2016)*

### 11.3. Concentración de arsénico y calidad de agua

En la tabla 10 se observa los resultados de los parámetros físicos, químicos y biológicos que fueron analizados en el 19 de enero a las 9 am, considerando que se encontraba en época de transición y mes de marzo que es época lluviosa.

Tomando en cuenta las tablas proporcionadas en el Acuerdo Ministerial 097-A y Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108 (Sexta Revisión, 2019) que establecen los límites máximos permisibles, para calidad de agua destinada para consumo humano y riego.

De acuerdo al análisis obtenido por parte del laboratorio de la muestra de agua de la quebrada Talahuachana en comparación con el Acuerdo Ministerial 097-A, podemos concluir que los parámetros como: pH, sulfatos, coliformes fecales y As cumplen con los límites máximos permisibles (LMP) establecidos en la ley. Pero a diferencia de la comparación de los datos con la norma INEN 1108 (Sexta Revisión, 2019), se puede

evidenciar que el As se encuentra fuera de los LMP, superando así significativamente los valores establecidos en la ley, dando a conocer que el agua no es apta para consumo humano.

**Tabla 10**

*Comparación de resultados Acuerdo Ministerial 097-A e INEN 1108 (Sexta Revisión, 2019) calidad de agua para consumo humano para el mes de enero*

<b>Parámetros</b>	<b>Expresado como</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado LANCAS</b>	<b>Calidad de agua para consumo humano Acuerdo Ministerial 097-A</b>	<b>INEN 1108-2019</b>
<b>Temperatura</b>	T	°C	6	----	----
<b>Arsénico</b>	As	mg/L	<b>0,0334</b>	<b>0,1</b>	<b>0,01</b>
<b>Coliformes fecales</b>	NMP	NMP/100 mL	2,0	1000	-----
<b>Manganeso</b>	Mn	mg/L	0,669	----	-----
<b>Oxígeno disuelto</b>	OD	mg/L	5,60	----	-----
<b>pH</b>	pH	----	6,97	6 – 9	6,5 -8, 5
<b>Sulfatos</b>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	mg/L	64,75	500	-----

**Elaborado por:** Rueda Tatiana & Villegas Dennys

**Fuente:** (Acuerdo Ministerial 097-A, 2015, Norma Técnica Ecuatoriana INEN, 2019)

Mediante la comparación de los datos del laboratorio con el acuerdo Ministerial 097-A para calidad de agua de riego (tabla 11).

Podemos concluir que los parámetros como: pH, sulfatos, coliformes fecales, oxígeno disuelto y arsénico si cumplen, encontrándose dentro de los LMP establecidos en la ley,

pero el manganeso sobrepasa lo indicado por la ley de calidad de agua y los resultados varían notablemente.

**Tabla 11**

*Comparación de resultados con el Acuerdo Ministerial 097-A para calidad de agua de riego mes de enero*

<b>Parámetros</b>	<b>Expresado como</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado LANACAS</b>	<b>Calidad de agua para riego Acuerdo Ministerial 097-A</b>	<b>Cumple Si/No</b>
<b>Temperatura</b>	T	°C	6	----	----
<b>Arsénico</b>	As	mg/L	0,0334	0,1	Si
<b>Coliformes fecales</b>	NMP	NMP/100 mL	2.0	1000	Si
<b>Manganeso</b>	<i>Mn</i>	<i>mg/L</i>	<b>0,669</b>	<b>0,2</b>	<b>No</b>
<b>Oxígeno disuelto</b>	<i>OD</i>	<i>mg/L</i>	<i>5,60</i>	<i>3</i>	<i>Si</i>
<b>pH</b>	pH	----	6,97	6 – 9	Si
<b>Sulfatos</b>	$SO_4^{-2}$	mg/L	64,75	250	Si

**Elaborado por:** Rueda Tatiana & Villegas Dennys

**Fuente:** (Acuerdo Ministerial 097-A, 2015)

En el mes de marzo, el día miércoles 23 a las 11 am, se observa los resultados de los parámetros físicos, químicos y biológicos, considerando que se encontraba en época lluviosa. Tomando en cuenta las tablas proporcionadas en el Acuerdo Ministerial 097-A y Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108 (Sexta Revisión, 2019) que establecen los límites máximos permisibles, para calidad de agua destinada para consumo humano y riego.

De acuerdo al análisis obtenido por parte del laboratorio de la muestra de agua de la quebrada Talahuachana (tabla 12) en comparación con el Acuerdo Ministerial 097-A y norma INEN 1108 (sexta Revisión, 2019) podemos concluir que los parámetros como: pH, sulfatos, coliformes fecales cumplen con los LMP establecidos en la ley.

Pero se evidencia que el As se encuentra fuera de los LMP, superando así significativamente los valores establecidos en la ley, dando a conocer que el agua no es apta para consumo humano.

**Tabla 12**

*Comparación de resultados Acuerdo Ministerial 097-A e INEN 1108 (Sexta Revisión, 2019) calidad de agua para consumo humano para el mes de marzo*

<b>Parámetros</b>	<b>Expresado como</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado LANACAS</b>	<b>Calidad de agua para consumo humano Acuerdo Ministerial 097-A</b>	<b>INEN 1108-2019</b>
<b>Temperatura</b>	T	°C	7	----	----
<b>Arsénico</b>	As	mg/L	<b>1,792</b>	<b>0,1</b>	<b>0,01</b>
<b>Coliformes fecales</b>	NMP	NMP/100 mL	2,0	1000	-----
<b>Manganeso</b>	Mn	mg/L	0,508	----	-----
<b>Oxígeno disuelto</b>	OD	mg/L	6,56	----	-----
<b>pH</b>	pH	----	7,1	6 – 9	6,5 -8, 5
<b>Sulfatos</b>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	mg/L	47,32	500	-----

**Elaborado por:** Rueda Tatiana & Villegas Dennys

**Fuente:** (Acuerdo Ministerial 097-A, 2015, Norma Técnica Ecuatoriana INEN, 2019)

Comparando los datos del laboratorio con el acuerdo Ministerial 097-A para calidad de agua de riego (tabla 13).

Podemos concluir que los parámetros como: pH, sulfatos, coliformes fecales y oxígeno disuelto si cumplen, encontrándose dentro de los LMP establecidos en la ley, y los parámetros como arsénico y manganeso sobrepasan lo indicado por la ley de calidad de agua y los resultados varían notablemente.

**Tabla 13**

*Comparación de resultados con el Acuerdo Ministerial 097-A para calidad de agua de riego mes de marzo*

<b>Parámetros</b>	<b>Expresado como</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado LANACAS</b>	<b>Calidad de agua para riego Acuerdo Ministerial 097-A</b>	<b>Cumple Si/No</b>
<b>Temperatura</b>	T	°C	7	----	----
<b>Arsénico</b>	As	mg/L	<b>1,792</b>	<b>0,1</b>	<b>No</b>
<b>Coliformes fecales</b>	NMP	NMP/100mL	2,0	1000	Si
Manganeso	Mn	mg/L	<b>0,508</b>	<b>0,2</b>	<b>No</b>
<b>Oxígeno disuelto</b>	OD	mg/L	6,56	3	Si
<b>pH</b>	pH	----	7,1	6 – 9	Si
<b>Sulfatos</b>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	mg/L	47,32	250	Si

**Elaborado por:** Rueda Tatiana & Villegas Dennys

**Fuente:** (Acuerdo Ministerial 097-A, 2015)

### **pH**

Se determinó que el pH para las aguas de la quebrada Talahuachana a una altura de 3623 m.s.n.m tiene un pH neutro, ya que en los dos análisis de laboratorio que se realizaron en los meses de enero y marzo, fueron de 6,97 y de 7,1 respectivamente, dicho pH según la ley es óptimo para el consumo humano y agrícola, pues se encuentra dentro de los LMP propuestos por la ley de calidad de agua. Además, se añade que el pH neutro es óptimo para el crecimiento de las enterobacterias y otras bacterias gran positivo o negativo. Por otra parte, el As que se especula que tenemos es arsénico V, porque es el que predomina en ambientes acuosos, aeróbicos, entre pH neutro y ácido.

### **Temperatura**

El agua de la quebrada Talahuachana cuenta con una temperatura de 6 a 7 °C, considerando que se encuentra en un clima mesotérmico templado frío a una altura de 3623 m.s.n.m. La temperatura es un factor físico que determina la solubilidad de gases y

minerales; influyendo notablemente en los procesos biológicos de la respiración, crecimiento de organismos y descomposición de la materia orgánica. Teniendo en cuenta que las temperaturas bajas retrasan el crecimiento bacteriano y acumulan las partículas de los diferentes metales aumentando sus concentraciones en el agua.

### **Sulfatos**

El agua de la quebrada Talahuachana cuenta con la presencia de sulfatos en una cantidad de 64,75 mg/L, y 47,32 mg/L, en los meses de enero y marzo respectivamente, encontrándose dentro de los LMP establecidos por el Acuerdo Ministerial 097- A, se divisa que existe un decline en la concentración en los sulfatos desde el mes de enero a marzo, posiblemente por la precipitación, ya que el mes de marzo empieza la época lluviosa. Tener concentraciones de sulfatos bajas es bueno porque Según Mera (2017), el sulfato en altas concentraciones en el agua tiene un efecto laxativo cuando se combina con calcio y magnesio, los dos componentes más comunes de la dureza, teniendo como promedio de agua de 0 a 20 meq/l.

### **Coliformes Fecales**

De acuerdo a la comparación realizada de los análisis de laboratorio en conjunto con el Acuerdo Ministerial 097 – A se pudo verificar que coliformes fecales se encuentra dentro de los LMP, con 2,0 NMP/100 ml, en los meses de enero y marzo, este valor fue referenciado para el análisis de agua destinada para consumo humano y riego. Las coliformes fecales se transfieren a través de las excreciones de los animales o humanos, una de las principales es la *Escherichia coli* que es una bacteria que se encuentra en grandes cantidades en el intestino humano, es así para riego estas bacterias se adhieren a las plantas y al ser consumidas pueden causar infecciones gastrointestinales y hasta la muerte. (Marín, 2003)

### **Oxígeno disuelto**

De acuerdo a los resultados obtenidos por parte del laboratorio se pudo identificar que el oxígeno disuelto en el mes de enero es 5,60 mg/L, y en el mes de marzo 6,56 mg/L que son valores por encima de los establecido en el Acuerdo Ministerial 097 – A, en el caso del oxígeno disuelto son valores óptimos para seres vivos aerobios pues necesitan oxígeno para realizar sus diferentes procesos metabólicos, lo contrario que pasa con las enterobacterias que son bacterias que crecen mucho mejor en ambientes con escaso

oxígeno, pero hay que recalcar que las enterobacterias son anaerobios facultativos, es decir, pueden vivir en ambientes con oxígeno a la fuerza.

### **Manganeso**

De acuerdo al análisis realizado, el manganeso en los meses de enero y marzo supera las concentraciones establecidas por la ley propuesta en el Acuerdo Ministerial 097-A con 0,669 mg/L y 0,508 mg/L respectivamente, teniendo un declive en la concentración entre los meses de monitoreo, posiblemente se debe a que el primer análisis se realizó en época de transición y el segundo en época lluviosa, por lo cual, la precipitación fue la influyente en el declive de dicha concentración. Según Mejía (2010), la presencia de manganeso en el agua provoca el desarrollo de ciertas bacterias que forman depósitos insolubles de estas sales, debido a que se convierte, por oxidación, de manganeso en solución al estado mangánico en el precipitado, similar a la del hierro. Además, altas concentraciones de manganeso en los seres humanos generan alteraciones emocionales y mentales, conocidas como manganismo, síntomas parecidos al Parkinson.

### **Arsénico**

Tomando en cuenta que según la OMS considera el As perjudicial para el ser humano, cuando se consume agua que tenga una concentración de As superior a 10  $\mu\text{g L}^{-1}$ , (Montoya, Hernández, Escareño, & Balagurusamy, 2015). Por lo tanto, la concentración de As presente en la quebrada supera lo establecido por la OMS, la norma INEN 1108 (Sexta Revisión, 2019), y el Acuerdo Ministerial 097 – A, pues la concentración en el mes de marzo es 1,792 mg/L, pero en el mes de enero es 0,0334 mg/L sobre pasando los LMP de las dos primeras leyes ya nombradas, lo cual es peligroso que sea consumida por el ser humano y utilizado para la agricultura pues tanto a corto y largo plazo puede causar enfermedades crónicas como el cáncer.

El cambio brusco existente en la concentración de arsénico por la escorrentía presente en el mes de marzo, posiblemente es porque empieza la época lluviosa por lo cual el agua se filtra en el suelo arrastrando partículas presentes en el mismo como es el As, y llevándole a la red de drenaje que es la quebrada Talahuanchana.

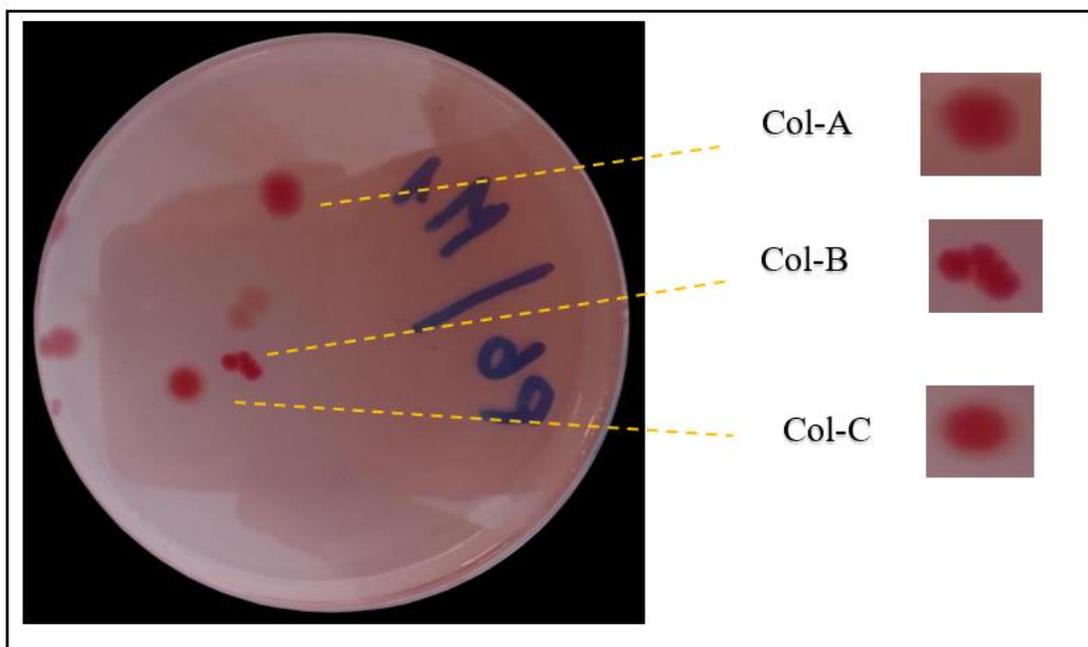
## 11.4. Relación entre presencia de enterobacterias con concentraciones de arsénico

### 11.4.1. Cultivo madre

Al realizar el cultivo de bacterias de la muestra de agua obtenida el 11 de febrero a las 10:30 am a una altura de 3623 m.s.n.m. en el laboratorio y cultivada en el agar MacConkey, que es un agar selectivo y diferencial, pues solo permite el crecimiento de enterobacterias ya que actúa como agente inhibidor de los demás microorganismos. Se puede evidenciar en la muestra madre (Figura 18), el crecimiento correcto de tres colonias (col-A, col-B y col-C), las mismas que se escogieron para realizar el aislamiento en el agar nutritivo, las características de estas presentan forma circular con borde completo, y elevación convexa, además dichas colonias son de color rojizo, con halo turbio y se divisa la fermentación de la lactosa en ácido láctico.

#### Figura 18

*Muestra madre en agar MacConkey a una concentración 5 %  $\frac{m}{v}$ , cultivo de 72 horas-enero*



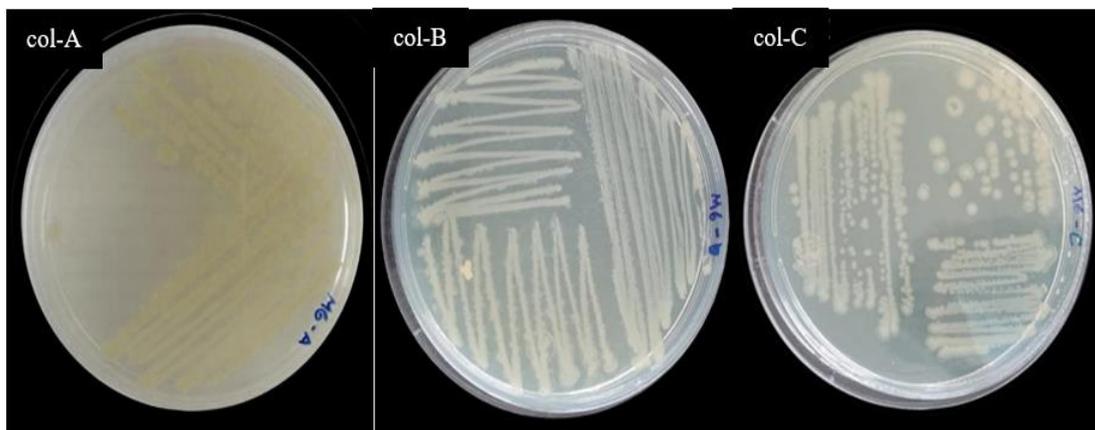
**Elaborado por:** Rueda Tatiana & Villegas Dennys

### 11.4.2. Aislamiento por el método de estrías

En el método de cultivo por estrías para aislar las colonias: col-A, col-B y col-C se observa la abundancia en el crecimiento de los microorganismos (Figura 19), ya que el cultivo se realizó en el agar nutritivo, que presenta las principales fuentes de desarrollo bacteriano (carbono, nitrógeno, vitaminas, entre otros), para un crecimiento exponencial. El color de las colonias dentro de las cajas Petri es amarillo opaco.

#### Figura 19:

*Cultivo de colonias aisladas de agar MacConkey, y cultivadas en agar nutritivo, concentración 3 %  $\frac{m}{v}$ , cultivo de 24 horas-enero*



**Elaborado por:** *Rueda Tatiana & Villegas Dennys*

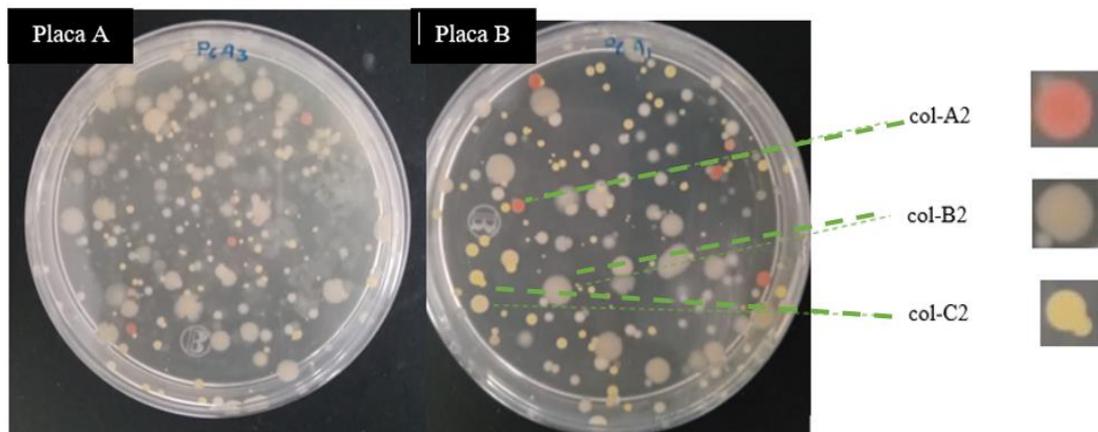
### 11.4.3. Cultivo directo del agua al agar nutritivo por el método de extensión

Al cultivar directamente el agua de la quebrada Talahuchana en el agar nutritivo por el método de extensión, se distingue innumerables colonias de diversos colores (figura 20). En este caso se escogieron tres colonias diferentes (col-A2, col-B2 y col-C2), las mismas que presentan características diferentes tanto en color, forma, borde y elevación de su colonia.

En el caso de la col A2, presenta un color rojo, con forma circular, borde ondulado y elevación convexa. Por otra parte, tenemos la col C2 que presenta un color amarillo intenso, de forma circular, con borde liso y elevación elevada. Por último, tenemos la col B2 de color pálido, forma circular, borde ondulado y elevación plana.

**Figura 20:**

*Cultivo directo de agua en agar nutritivo por extensión, concentración 3 %  $\frac{m}{v}$ , cultivo de 72 horas-marzo*



**Elaborado por:** Rueda Tatiana & Villegas Dennys

**11.4.4. Tinción de Gram**

Se observa las placas (Figura 21), donde se realizó la técnica de tinción de Gram para el mes de enero y poder ver las bacterias en el microscopio.

**Figura 21**

*Placas de tinción Gram del frotis de inóculo de microorganismos obtenidos de las*



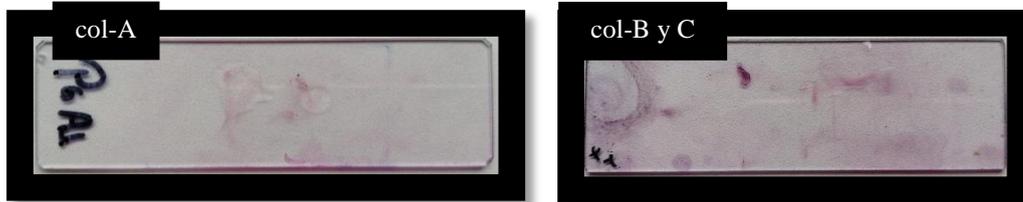
*colonias aisladas de Agar nutritivo sección 11.4.2- enero*

**Elaborado por:** Rueda Tatiana & Villegas Dennys

Se observa las placas (figura 22), donde se realizó la técnica de tinción de Gram para el mes de marzo y poder ver las bacterias en el microscopio.

## Figura 22

*Placas de tinción Gram del frotis de inóculo de microorganismos obtenidos de las colonias de Agar nutritivo- marzo*

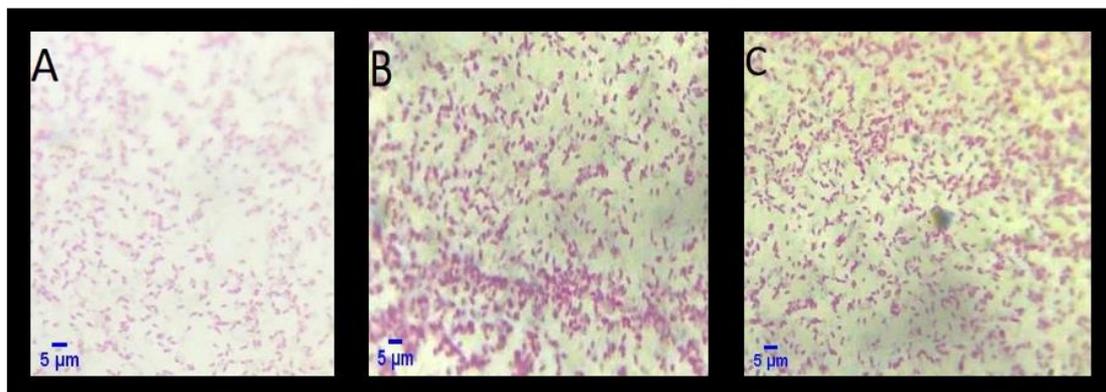


**Elaborado por:** Rueda Tatiana & Villegas Dennys

La Figura 23, representa en detalle la observación al microscopio de las placas de tinción Gram obtenidas a partir de un inóculo de los cultivos en agar nutritivo 3 %  $\frac{m}{V}$  de las colonias col A, col B y col C respectivamente. Al visualizar en el microscopio (lente S100X) las imágenes B y C de la Figura 23 se distingue bacterias pintadas de color rojizo, en cambio en la imagen A existen microorganismos teñidos de un color rosado. Es decir, las tres muestras son bacterias de tipo Gram negativo debido a su respuesta frente a la tinción Gram. Además, en la Figura 23 B y C se distingue de mejor manera la forma de las bacterias, las cuales corresponden al tipo bacilo y según la escala micrométrica dichas bacterias miden aproximadamente entre 2 a 3  $\mu m$ . Por otra parte, en la Figura 23 A se aprecia con dificultad la forma de las bacterias, pero posiblemente también podría corresponder a la forma baciliar con una medida similar.

## Figura 23:

*Tinción Gram de bacterias observadas al microscopio en lente S100X. A. Frotis de*



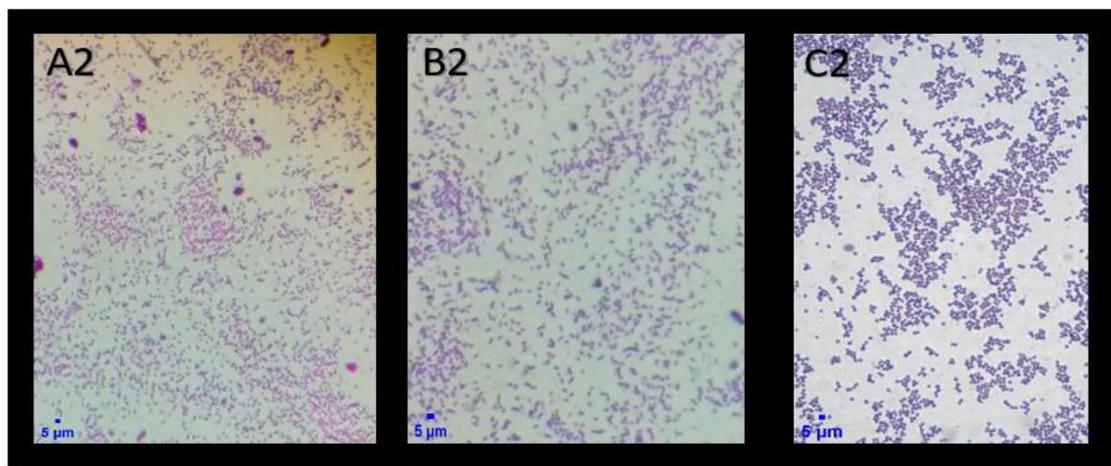
*colonia col-A. B Frotis de colonia col-B y C Frotis de colonia col-C.*

**Elaborado por:** *Rueda Tatiana & Villegas Dennys*

La Figura 24, representa detalladamente la observación al microscopio de las placas de tinción Gram, obtenidas a partir del cultivo directo de agua en agar nutritivo por extensión,  $3\% \frac{m}{v}$ , de las colonias col A2, col B2 y col C2 respectivamente. Al visualizar en el microscopio (lente S100X) la imagen A2 presenta microorganismos teñidos de un color rosado Gran negativo, en cambio las imágenes B2 y C2 se distingue bacterias pintadas de color morado, Es decir, las dos últimas muestras son bacterias de tipo Gram positivo debido a su respuesta frente a la tinción Gram. Además, en la Figura 24, A2 y B2 se distingue de mejor manera la forma de las bacterias, las cuales corresponden al tipo bacilo y según la escala micrométrica dichas bacterias miden aproximadamente entre 3 a 4  $\mu\text{m}$ . Por otra parte, se aprecia C2 con dificultad la forma de las bacterias, pero posiblemente son estafilococos.

#### **Figura 24**

*Tinción Gram de bacterias observadas al microscopio en lente S100X. A. Frotis de colonia col-A. B Frotis de colonia col-B2 y C Frotis de colonia col-C2, posiblemente*



*estafilococos Gram (+).*

**Elaborado por:** *Rueda Tatiana & Villegas Dennys*

Como se mencionó previamente la muestra madre (figura 18), tenía bacterias de tipo entérico, tras el análisis de tinción Gram se determinó que eran bacterias Gram negativas, con una medida aproximada de 2 a 3  $\mu\text{m}$  (Figura 23), estas tres observaciones nos permiten posiblemente definir a un *Escherichia* dentro de nuestros resultados.

Dicha suposición es probable porque la cepa *Escherichia* muestra una mejora significativa en la capacidad de acumulación hacia especies de As orgánicas e inorgánicas en el agua con alta selectividad y afinidad, ya que la célula presenta el potencial de eliminar especies de As orgánico, especialmente As metilado. (Yang, Liu, & Gu, 2013).

Asimismo, el cultivo directo de agua en agar nutritivo (figura 20), poseía diversidad de bacterias Gram positivo y Gram negativo como se observó en la tinción de Gram (figura 24), encontrándonos probablemente con el género *Pseudomona*, pues la bibliografía sugiere que son una especie de bacteria calcificadas, que resiste el arsénico y lo transforma a través de un proceso de oxidación. Los investigadores aprovecharon estas propiedades para crear un estanque o biorreactor donde las *Pseudomonas sp.* quedan inmovilizadas en un soporte inerte (Leighton, 2018). Por lo cual son bacterias sometidas a concentraciones letales de As, por su resistencia al compuesto, definiendo posibles futuros usos de este tipo de bacterias en la aplicación de herramientas para biorremediación. Por lo cual, aumenta la posibilidad de que la bacteria encontrada corresponde al género *Pseudomonas*, porque este género también se caracteriza por ser un bacilo Gram negativo. Planteando una nueva posibilidad que las colonias aisladas e identificadas en el presente estudio también podrían pertenecer a este género. Por lo tanto, los autores nombrados anteriormente expresan que las enterobacterias específicamente la *Escherichia* y *Pseudomonas*, resiste un hábitat con concentraciones de arsénico como en el caso de nuestra zona de estudio que presenta hasta 1,792 mg/L (mes de marzo), existiendo una mayor posibilidad que la colonia obtenida en los resultados sea posiblemente alguna cepa de *Escherichia*.

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

### **Impacto social**

La salud de las poblaciones que consumen el agua proveniente de la quebrada Talahuachana se ve afectada, debido a que dicha agua se encuentra contaminada con metales pesados entre ellos incluido el As, el mismo que es de origen natural, afectando así a la población ya que al consumir dicha agua está ingiriendo pequeñas cantidades de As, causando enfermedades crónicas y agudas. El impacto social de la investigación es

dejar un insumo para que la comunidad científica y del municipio del cantón Latacunga realicen biorremediación disminuyen de esta forma la concentración de As.

### Impacto ambiental

La contaminación del agua en el lugar es de origen natural, debido a que las aguas de la quebrada Talahuachana provienen de fuentes naturales de las faldas de los Illinizas, al ser de origen natural ha afectado negativamente no solo al ser humano sino también al ambiente, perjudicando así a la flora y fauna existente del lugar, debido a que el agua proveniente de la quebrada es utilizada para la producción de riego de cultivos de ciclo corto y largo, como también a la ingesta de varios animales, generando que algunos productos se vean interrumpidos en su crecimiento debido a la concentración de As en productos alimenticios. Mencionando también que la parroquia de Toacaso se caracteriza por ser un sector agrícola y ganadero, por lo que la población ha extendido áreas para agricultura y ganadería, afectando significativamente a la vegetación nativa del lugar, generando que el sector se vaya erosionando debido a la pérdida de cobertura vegetal.

### 13. PRESUPUESTO

Para la elaboración del trabajo de investigación se tomó en cuenta aspectos importantes, los mismos que permitirían llevar a cabo el proyecto ya establecido, teniendo en cuenta el presupuesto que se iba a utilizar durante el tiempo de duración del mismo.

**Tabla 14**

*Presupuesto del proyecto*

Recursos	PRESUPUESTO PARA LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO				
	Descripción	Cantidad	Unidades	Valor unitario	Valor total
Material de oficina	Papel Bond	2	Paquetes	3.00	6.00
	Impresiones	6		20.00	120.00
	Anillado	6		5.00	30.00
				<b>Subtotal</b>	<b>156.00</b>
Equipo de protección	Mascarillas	10	Unidades	0.25	2.50
	Mallas para el cabello	5	Unidades	0.20	1.00
	Mandil	2	Unidades	20.00	40.00
	Guantes látex	6	Pares	0.75	4.50
	Botas	2	Pares	9.00	18.00
				<b>Subtotal</b>	<b>66.00</b>

Laboratorio	pH	1	Parámetro	4.92	4.92
	Arsénico	1	Parámetro	13.58	13.58
	Manganeso	1	Parámetro	14.09	14.09
	Sulfatos	1	Parámetro	7.59	7.59
	Oxígeno disuelto	1	Parámetro	7.00	7.00
	Coliformes fecales	1	Parámetro	16.09	16.09
	Agar Nutritivo	1	Onza	9.00	9.00
	Agar MacConkey	1	Onza	14.00	14.00
	Cajas Petri	2	Unidades	9.00	9.00
	Porta y Cubre objetos	7	Unidades	14.00	14.00
	Alcohol	1	Unidad	4.80	4.80
	Agua destilada	4	Unidades	1.50	6.00
	Lugol	1	Unidad	7.00	7.00
	Safranina	1	Unidad	4.00	4.00
	Azul de metileno	1	Unidad	13.00	13.00
				<b>Subtotal</b>	<b>131.47</b>
Otros	Transporte salida de campo y laboratorio	19		120.00	120.00
	Alimentación	3		80.00	80.00
				<b>Subtotal</b>	<b>200.00</b>
				<b>TOTAL</b>	<b>553.47</b>

**Elaborado por:** Rueda Tatiana & Villegas Dennys

## 14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 14.1. Conclusiones

- La caracterización biofísica presente en la zona de estudio (3600 y 37000 m.s.n.m.) indica que la mayor fuente natural de arsénico se debe a la presencia de una geología de ceniza volcánica (11%) y abundante roca cangahua (89%). Estas características se dan principalmente debido a que existen varios volcanes cerca de dicha zona: los Ilinizas y Corazón. El clima (subhúmedo con pequeño déficit de agua, mesotérmico templado frío), la precipitación (500-750 mm) y la temperatura (8-10 °C), por su parte también determinan un papel importante en la presencia de arsénico presente en el agua de la zona de estudio, ya que de estas tres características depende que la concentración de As aumente o disminuya en la quebrada Talahuachana.

- Se evaluó la concentración de arsénico presente en el agua de la zona de estudio, encontrándose concentraciones que bordean los 0,0334 mg/L en enero y 1,792 mg/L en marzo. Estos valores comparados con la normativa en referencia indican por el Acuerdo Ministerial 097-A no supera los LMP en el primer caso, pero en el segundo análisis si sobre pasa los LMP, en cambio en la norma INEN descrita para calidad de agua de consumo supera los LMP. Sugiriendo que el agua no podría ser hábil para riego ni para consumo humano. De igual manera, según la OMS estas concentraciones son toxica para el ser humano ya que sobrepasa la tolerancia del ser humano, por lo que el consumir agua con altas concentraciones de As es capaz de generar problemas a la salud a corto y largo plazo como enfermedades cardiovasculares, neurotoxicidad, diabetes y en el peor de los casos cáncer.
- El resto de parámetros que fueron analizados (pH, sulfatos, coliformes fecales y oxígeno disuelto) presentaron concentraciones dentro de los LMP. Sin embargo, el manganeso si sobrepasan dichos límites, confirmando que el agua de la quebrada Talahuachana no debería ser consumida por el ser humano ni utilizada para la agricultura.
- La relación entre las enterobacterias y la presencia de arsénico, propone que los microorganismos aislados son tolerantes al arsénico en el agua, ya que los cultivos presentaron crecimiento. La caracterización y trazabilidad microbiológica sugiere que los cultivos aislados corresponden a Bacilos Gram negativos fermentadores de lactosa, de aproximadamente 2 a 3  $\mu\text{m}$ , por lo cual se podría suponer que las bacterias presentes en estos cultivos pertenecen al género *Escherichia*, el cual es ampliamente conocido como una enterobacteria común y recientemente se ha identificado su potencialidad como posible biorremediador en tecnologías de remoción de contaminantes en tratamiento de agua residual. Concluyendo que este hallazgo podría generar nuevas alternativas de remoción microbiana de As mediada por *Escherichia*.

#### **14.2. Recomendaciones**

- ◆ Realizar en la zona de estudio el muestreo de arsénico en diferentes épocas: lluviosa y seca, ya que la influencia de la precipitación podría alterar la concentración del compuesto en la quebrada Talahuachana.

- ♦ Se recomienda realizar monitoreos continuos debido a los parámetros físico químicos y biológicos analizados anteriormente, con el fin de verificar el estado actual sobre la calidad del agua, permitiendo así evitar el consumo de agua contaminada por el exceso de arsénico y manganeso de origen natural.
- ♦ Para futuras investigaciones se recomienda realizar nuevos ensayos de evaluación de enterobacterias en especial del género *Escherichia* como microorganismo de remoción de arsénico del agua.
- ♦ Para estudios posteriores se recomienda aislar bacterias de la zona a una elevación de 3623 m.s.n.m., ya que existe una gran diversidad y en ellas encontramos al género pseudomona que ayuda a la remoción de arsénico.

## 15. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alarcón, M. (2013). Peligros geoquímicos: arsénico de origen natural en las aguas.
- Alarcón, M., & Benavides, A. (2013). *Arsénico en Agua*. México: Centro de Investigación en Materiales Avanzados.
- Alarcón, M., Leal, L., & Benavides, A. (2013). *Arsénico en Agua Presencia, cuantificación analítica y mitigación*. Centro de Investigaciones en Materiales Avanzados, S.C. (607-8272).
- Aragón, E., & Morales, M. (2020). *Evaluación de la remoción de contaminantes del sistema de islas flotantes artificiales (ifa) con pasto guinea (panicum maximum) a través de un modelo matemático, periodo 2019 – 2020*. Latacunga.
- Arocena, R., & Conde, D. (Febrero de 1999 ). *Métodos en ecología de aguas continentales* . *montevideo*.  
<http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/6661/1/PC-000856.pdf>
- Aular, A. (1 de noviembre de 2017). *Lifeder ¿Qué son los Pisos Climáticos del Ecuador?* <https://www.lifeder.com/pisos-climaticos-ecuador/>
- Aznar, A., & Barba, Á. (2000). *Determinación de los parámetros físico-químicos de calidad de las aguas*. Universidad Carlos III. Avd. de la Universidad 30. 28911-Leganés. Madrid: <http://ocw.uc3m.es/ingenieria-quimica/ingenieria-ambiental/otros-recursos-1/OR-F-001.pdf>
- Biopharm, A. (2022). *Microbiología. Ensayo para la trazabilidad de contaminación microbiológica*: <https://food.r-biopharm.com/es/analitos/microbiologia/>
- Blazquez, P., & Montero, C. (2010). *Reutilización de agua en Bahía Blanca Plata 3ra Cuenca*. Cuenca.

- Bolaños, J., Cordero, A., & Araya, S. (2017). *Determinación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua potable como indicadores de contaminación ocasionada por el hombre, en dos cantones de Alajuela (Costa Rica)*. Alajuela-Costa Rica: SCIELO.
- Bonilla, J., & Ronquillo, R. (16 de Julio de 2014). *Repotenciación de la pequeña central hidroeléctrica para una generación de energía en la pequeña central hidroeléctrica de ulba en el cantón Baños*. Latacunga. Editorial Etece: <https://concepto.de/recursos-hidricos/>
- Cabrera, M., Pinos, D., & Pulla, M. (2010). Arsénico en el agua. *GALILEO*, 128-134.
- Campana, E., & Chicaiza, L. (2020). “*Evaluación del sistema islas flotantes artificiales (ifa) en el tratamiento de aguas contaminadas por arsénico en la captación del proyecto de riego Chilla Grande*”. Latacunga.
- Cando, Z. A., & Coro, Á. M. (2019). “*Evaluación de la eficiencia de la planta de tratamiento del agua potable y propuesta de repotenciación en la loma de alcocerces del Barrio San Martín de la parroquia Juan Montalvo del cantón Latacunga de la provincia de Cotopaxi en el período octubre 2018*”. Latacunga - Ecuador.
- Cervantes, J., & Orihuela, R. (26 de Noviembre de 2017). *Acerca del desarrollo y control de microorganismos en la fabricación de papel*. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México: <https://www.redalyc.org/journal/944/94454631001/html/#:~:text=El%20pH%20es%20un%20factor,pH%20de%208.5%20o%20mayor.>
- Cuevas, L. (2016). *Microbiología clínica*. España: Editorial Síntesis, S. A.
- Ducon, S. V., & Rincón, R. J. (2010). *Modelado e implementación de la tinción de gram*. Bogota.
- Elyex. (09 de 11 de 2020). *Pisos Climáticos del Ecuador – Flora, fauna y más.:* <https://elyex.com/pisos-climaticos-del-ecuador-flora-fauna-y-mas/#:~:text=En%20el%20Ecuador%20existen%205,fauna%20y%20condiciones%20atmosf%C3%A9ricas%20distintas.>
- Fernández, B. (Febrero de 2015). *Ecotoxicología del arsénico: movilización en suelos y aguas, relevancia clínica y métodos de eliminación*. <http://147.96.70.122/Web/TFG/TFG/Memoria/FERN%C3%81NDEZ%20SANZ,%20BEATRIZ.pdf>
- Fonseca, K., Ruiz, J., & Llugsha, N. (2020). *Isla flotante con vetiver para el tratamiento de agua contaminada con arsénico: un estudio a escala real en un enbalse altoandino*.
- Gil, M. (03 de Enero de 2019). *Lifeder*. Lifeder: <https://www.lifeder.com/agar-nutriente/>
- Gillispie, E., & Sowers, T. (2015). *Soil Pollution Due to Irrigation with Arsenic-Contaminated Groundwater: Current State of Science*. North Carolina State University: Department of Soil Science.

- Guachi, T., & Almachi, S. (2020). "Evaluación de la calidad del agua en sectores productores de brócoli (*brassica oleracea*), en la parroquia Guaytacama, del cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi. Latacunga. Obtenido de [https://www.waterboards.ca.gov/water\\_issues/programs/swamp/docs/cwt/guidance/3140sp.pdf](https://www.waterboards.ca.gov/water_issues/programs/swamp/docs/cwt/guidance/3140sp.pdf)
- IAGUA. (2022). [www.igua.es](http://www.igua.es). [www.igua.es: https://www.igua.es/respuestas/que-es-contaminacion-agua](https://www.igua.es/respuestas/que-es-contaminacion-agua)
- Imbago, C., & Oña, E. (2019). *Biorremediación de agua contaminada con arsénico proveniente de la parroquia Toacaso, Mediante el uso de pleurotus ostreatus, trichoderma harzianum y pseudomonas aeruginosa*. Quito.
- Isch, E. (2011). *Contaminacion de las aguas y politicas para enfrentarla*. Quito .
- Izquierdo, L., & Verástegui, S. (2017). *Concentración de metales pesados (as, cd, cr, hg y pb) en el agua de la cuenca baja del río jequetepeque, en relación a los estándares de calidad del agua - categoría 3, Cajamarca - 2016*. Cajamarca.
- Izurieta, C. D., & Villacrés, P. A. (2015). *Aislamiento de microorganismos para la solución de problemas en el reservorio de aguas residuales barrio 10 de Agosto, cantón Pujilí, provincia de Cotopaxi, periodo 2014 - 2015*. Latacunga – Ecuador.
- Jiménez, E., & Ramos, B. (Julio de 2019). *Evaluación de la eficiencia fitorremediadora de Lupinus pubescens, Plantago major y Scirpus californicus en suelos contaminados con arsénico*. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/17488/1/UPS-QT13975.pdf>
- Kinniburgh, D., & Smedley, P. L. (Febrero de 2001). Arsenic contamination of groundwater in bangladesh. *Department of public health Engineering*, 2, 20. Obtenido de <file:///C:/Users/pc/Downloads/Vol2Covers.pdf>
- Lenntech, B. (2022). *Manganeso- Mn. Propiedades químicas del Manganeso - Efectos del Manganeso sobre la salud - Efectos ambientales del Manganeso*: <https://www.lenntech.es/periodica/elementos/mn.htm>
- Lillo, J. (2002). *Peligros geoquímicos: arsénico de origen natural en las aguas*.
- Manahan, S. (2007). *Introducción a la Química Ambiental* (Vols. 13-15). México: Reverté UNAM.<http://siar.minam.gob.pe/puno/sites/default/files/archivos/public/docs/introduccion-a-la-quimica-ambiental-s.-e.-manahan2.pdf>
- Marín, G. R. (2003). *Fisicoquímica y microbiología de los medios acuáticos tratamiento* (Vol. 2). Madrid - España: Diaz D Santos. <https://www.editdiazdesantos.com/wwwdat/pdf/9788490522103.pdf>
- Mastromónaco, G. (2015). *Criterios para asegurar la trazabilidad y calidad de los cultivos microbianos de referencia*. Universidad Nacional de San Martín Instituto Nacional de Tecnología Industrial Instituto de la Calidad Industrial INCALIN:

<http://www.unsam.edu.ar/institutos/incalin/repositorio/Maestria/GladysMastromonaco.pdf>

- Matsuda, M., & Kuribayashi, T. (1 de Junio de 2015). *Transformation and characterization of an arsenic gene operon from urease-positive thermophilic Campylobacter (UPTC) in Escherichia coli*. NIH: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26122364/>
- Meléndez, R., Cuevas, B., Cruz, E., & Sánchez, M. (2020). *Las tnciones básicas en el Laboratorio de Microbiología: Un enfoque gráfico*. México.
- Mena, E. (2020). “*Evaluación de las tendencias de la contaminación del recurso hídrico de la parte baja de la microcuenca del río Cutuchi, en la provincia de Cotopaxi, periodo 2019-2020*”. Latacunga.
- Mondal, M., & Mohanty, B. (2006). *Laboratory based approaches for arsenic remediation from contaminated water: Recent developments*. *Journal of Hazardous Materials*, 464-479.
- Montoya, R. A., Hernández, M. L., Escareño, L. M., & Balagurusamy, N. (2015). *Impacto del arsénico en el ambiente y su transformación por microorganismos*.
- Moreno Báez, E. S. (2018). *Evaluación de la presencia de arsénico en arroz sin cáscara producido en ECUADOR*. Quito: FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA E INDUSTRIAS CARRERA DE INGENIERÍA DE ALIMENTOS.  
[http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/18471/1/70572\\_1.pdf](http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/18471/1/70572_1.pdf)
- Murillo, E., & Pullupaxi, L. S. (2019). “*Aislamiento e identificación de microorganismos fermentadores de una bebida ancestral fermentada (chicha) a partir de chonta (Bactris gasipaes H.B.K)*”. Latacunga – Ecuador.
- Navarrete, V. (2016). *Análisis de metales en el medio ambiente* . Obtenido de [http://proyectos2.iingen.unam.mx/Proyectos\\_2005\\_2006/07/7.1.3.pdf](http://proyectos2.iingen.unam.mx/Proyectos_2005_2006/07/7.1.3.pdf)
- Olivárez, R. (17 de Noviembre de 2021). *Todos los Hechos*: <https://todosloshechos.es/cuales-son-los-parametros-microbiologicos-del-agua>
- Pedrique, d. A., & Gutiérrez, d. . (2008). *cultivo de los microorganismos*.
- Poveda, R. A. (2014). “*Evaluación de especies acuáticas flotantes para la fitorremediación de aguas residuales industrial y de uso agrícola previamente caracterizadas en el cantón Ambato, provincia de Tungurahua*”. Ambato.
- Prescott, L., Harley, J., & Klein, D. (2009). *Microbiología*. Navarra.
- Prieto, B. (2016). *Los diferentes tipos de bacterias (y sus características)*. <https://medicoplus.com/medicina-general/tipos-de-bacterias>
- Prieto, J., González, C., & Román, A. (2009). *Contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales pesados provenientes de suelos y agua*. Mérida, Yucatán, México: *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, vol. 10, núm. 1, 2009, pp. 29-44.

- Pullupaxi, C. L., & Murillo, G. E. (2019). “*Aislamiento e identificación de microorganismos fermentadores de una bebida ancestral fermentada (chicha) a partir de chonta (Bactris gasipaes H.B.K)*”. Latacunga – Ecuador.
- Puruncajas, V. J. (2013). “*Identificación de bacterias benéficas mediante cultivos microbiológicos para el tratamiento de aguas residuales en el sector la calzada (humedal) del cantón Saquisilí, provincia de Cotopaxi, 2013*”. Latacunga - Ecuador.
- Ramírez, A. R., & Azcona, C. I. (dos de Abril-Junio de 2017). *Efectos tóxicos del manganeso*. <https://remq-issste.com/abstract.php?id=6>
- Ramos, B., & Jiménez, E. (Julio de 2019). *Universidad Politécnica Salesiana*. “*evaluación de la eficiencia fitorremediadora de lupinus pubescens, plantago major y scirpus californicus en suelos contaminados con arsénico*”: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/17488/1/UPS-QT13975.pdf>
- Razó, M., & Velasco, M. (2015). *Arsénico y fluoruro en agua: riesgos y perspectivas desde la sociedad civil y la academia en México* (2 ed.). México: UNAM. [https://www.geofisica.unam.mx/assets/afa\\_-arsenico-y-fluoruro-en-agua\\_libro-completo.pdf](https://www.geofisica.unam.mx/assets/afa_-arsenico-y-fluoruro-en-agua_libro-completo.pdf)
- Rodríguez, T. K., & Zambrano, M. X. (2013). *Pisos Altitudinales Del Ecuador*. Ecuador.
- Roldán, L. (23 de Febrero de 2021). *Ecología Verde*: <https://www.ecologiaverde.com/tipos-de-bacterias-2633.html>
- Ron, S. (2020). *Regiones Naturales*. Ecuador: PUCE.
- Saltikov, C., & Olson, B. (2 de Enero de 2002). *Homology of Escherichia coli R773 arsA, arsB, and arsC Genes in Arsenic-Resistant Bacteria Isolated from Raw Sewage and Arsenic- Enriched Creek Waters*. American Society for Microbiology: <https://journals.asm.org/doi/full/10.1128/AEM.68.1.280-288.2002#body-ref-R8>
- Samboni, N., Carvajal, Y., & Escobar, J. (Diciembre de 2007). *Revisión de parámetros físicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua*. Obtenido de Scielo: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-56092007000300019#:~:text=Los%20par%C3%A1metros%20f%C3%ADsico%20Dqu%C3%ADmicos%20dan,del%20contaminante%20o%20los%20contaminantes](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-56092007000300019#:~:text=Los%20par%C3%A1metros%20f%C3%ADsico%20Dqu%C3%ADmicos%20dan,del%20contaminante%20o%20los%20contaminantes)
- Santamaría, D., Torres, C., & Zafra, C. (2015). *Análisis climático de la concentración de metales pesados asociados al sedimento depositado sobre vías urbanas*. *Rev. salud pública*, 351-364. doi:<http://dx.doi.org/10.15446/rsap.v17n3.46672>
- Santambrosio, E., Ortega, M., & Garibaldi, P. (2009). “*Tinción y observación de microorganismos*.”.
- Sanz, B. (2015). *Ecotoxicología del arsénico: movilización en suelos y aguas, relevancia clínica y métodos de eliminación*.

- Tsai, L. S. (2009). *Metabolismo del arsénico por microbios en la naturaleza y el impacto en la remediación del arsénico*.
- Tulcán, R. . (2020). “*Clasificación De La Calidad De Agua De La Región De Atacapi Utilizando Análisis Multivariado, En El Periodo 2019 – 2020*”. Latacunga - Ecuador.
- Vallejo, D. (28 de enero de 2014). *Slideshare Climas Del Ecuador*. Slideshare Climas Del Ecuador: <https://es.slideshare.net/davidvallejo5249/climas-del-ecuador>
- Vélez, C. J. (06 de abril de 2015). *Medibac Laboratorio: Agar Nutritivo medio de cultivo nutritivo*. Medibac Laboratorio: Agar Nutritivo medio de cultivo nutritivo: <https://www.labmedibac.com.ec/wp-content/uploads/2015/04/AGAR-NUTRITIVO-MEDIBAC-LAB.pdf>
- Vizcarrondo, M., & Gamboa, G. S. (2001). *Morfología y tinción de los microorganismos*. laboratorio de microbiología – morfología y tinción de los microorganismos.
- Yang, T., Liu, J.-W., & Gu, C. (27 de Marzo de 2013). *Expression of arsenic regulatory protein in Escherichia coli for selective accumulation of methylated arsenic species*. NHI: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23484908/>

## 16. ANEXOS

### Anexo 1

*Reconocimiento de la zona de estudio ubicado en la quebrada Talahuachana*

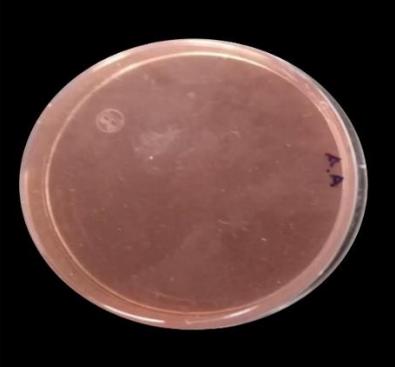
<b>RECONOCIMIENTO DEL ÁREA A MUESTREAR</b>
<b>Quebrada Talahuachana</b>

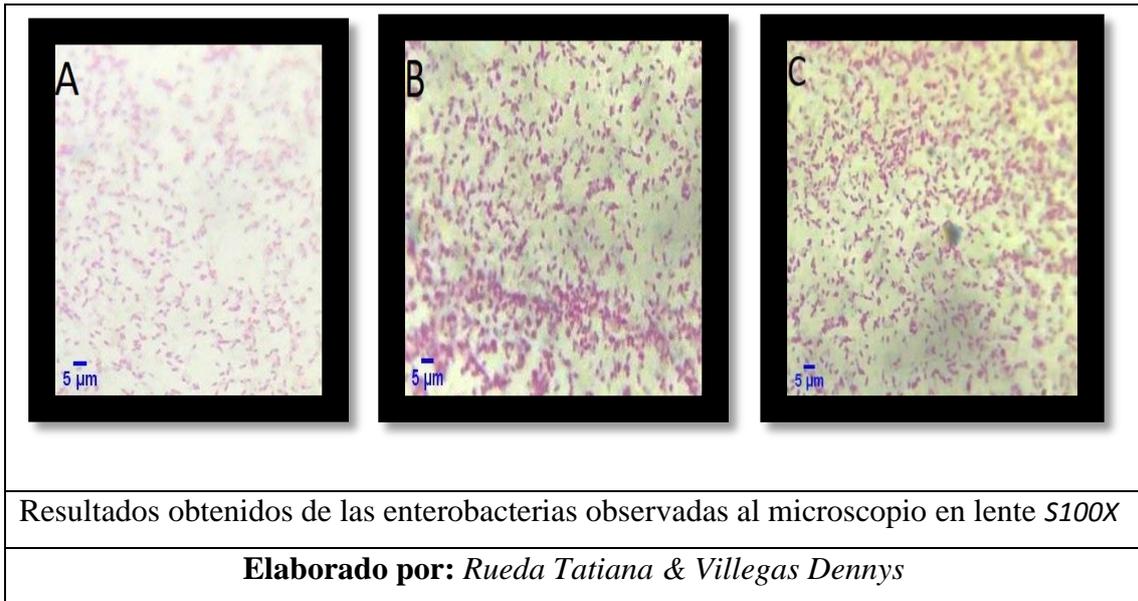
	
Identificación de la zona a muestrear	Ubicación del punto 6 para la toma de las muestras.
<b>Toma de muestras en la quebrada Talahuachana</b>	
	
Muestreo realizado de los parámetros físico-químicos y microbiológicos de la quebrada Talahuachana.	
<b>Preparación de las muestras para el traslado al laboratorio LANCAS-QUITO</b>	

	
<p>Muestra de agua correctamente etiquetada y envasada</p>	
<p><b>Traslado de las muestras al Laboratorio LANCAS</b></p>	
	
<p>Recepción de las muestras para su respectivo análisis</p>	
<p><b>Elaborado por:</b> <i>Rueda Tatiana y Villegas Paul</i></p>	

**Anexo 2:** *Recolección de la muestra de agua para el cultivo de microorganismos*

<b>Recolección de la muestra para el cultivo de microorganismos</b>	
<b>Quebrada Talahuachana</b>	
	
Recolección de la muestra	Transporte de las muestras al laboratorio
<b>Preparación de los medios de cultivo</b>	
	
Agar MacConkey a una concentración 5%	Agar Nutritivo a una concentración 3 %
	
Preparación de los medios de cultivo en las cajas Petri	

	
Muestra madre en agar MacConkey	Aislamiento por el método de estrías en agar nutritivo
	
No existe crecimiento de microorganismos en el segundo muestreo, en agar MacConkey	
	
Reactivos para la elaboración de tinción de Gram	Placas de tinción Gram de microorganismos



### Anexo 3: Parámetros a muestrear laboratorio LANCAS

	<b>OFERTA Y ACUERDOS DE SERVICIOS</b>	RC05 - 05
		Pág. 1 de 2

DATOS DE USUARIO		
USUARIO:	Geomayra Cali	OF - 22 - 003.1
PERSONA DE CONTACTO:	Geomayra Cali	
DIRECCIÓN:	Latacunga	
E-MAIL:	<a href="mailto:geomayra.cali3089@utc.edu.ec">geomayra.cali3089@utc.edu.ec</a>	TELÉFONO: 0979287957
VALIDEZ DE LA OFERTA:	60 días a partir de la fecha de emisión	
FECHA:	12/1/2022	RUC/C.I.: 050342308-9

SERVICIOS ANALITICOS									
Parámetros	Unidades	Matriz	Técnica de Análisis	Método Interno	Método de referencia	Rango de acreditación	Cant.	Costo unitario	COSTO TOTAL
pH	UpH	AN	Electrometria	PE01	Standard Methods Ed 23, 2017. 4500-H+ B	5,88 - 8,96	7	4,92	34,44
Manganeso	mg/L		Espectrofotometría de absorción atómica llama	PE30	Standard Methods Ed 23, 2017. 3111 B	0,140-1,017	7	13,58	95,06
Arsénico	ug/L	AN	Espectrofotometría de absorción atómica llama	PE04	Standard Methods Ed 23, 2017. 3114 B (modificado)	6,468-210,877	7	14,9	104,30
Sulfatos	mg/L		Espectrofotometria	PE45	HACH No 8051 12/99 7 ed	6,00-620,00	7	7,59	53,13
Oxígeno Disuelto	mg/L	AN	Volumetria	PE46	Standard Methods Ed 23, 2017. 4500-O C	1,30-8,29	7	7,00	49,00
Coliformes fecales	NMP/100 ml	AN	Microbiologicas	PEM02	Standard Methods Ed 23, 2017. 9221 E 1 (modificado)	1,8 NMP/100 ml a 1,1 E+10 NMP/100 ml	7	16,09	112,63
<b>COSTO TOTAL</b>									<b>448,56</b>
<b>IVA</b>									<b>53,83</b>
<b>COSTO TOTAL + IVA</b>									<b>502,39</b>

**NOTAS:**

Los análisis que no se realizan en el laboratorio podrán ser subcontratados a un laboratorio acreditado previo a un acuerdo con el usuario y constan como "Subcontratado" en los casilleros de método interno.

En caso de que no exista laboratorio acreditado en el parámetro solicitado se subcontrata con autorización del usuario.

Los ensayos marcados con (\*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación de LANCAS.

NA: No aplica

NR: No reporta

Para la identificación de la matriz se utilizara las siguientes abreviaturas: AN: Agua Natural AC: Agua de Consumo AR: Agua Residual

	<b>OFERTA Y ACUERDOS DE SERVICIOS</b>	RC05 - 05
		Pág. 2 de 2

### INFORMACIÓN

#### Forma y condiciones de pago

Se cancelará el 100% del valor del análisis, previo ingreso de muestras. Los análisis se iniciarán una vez entregada la copia de pago por los servicios de laboratorio.

#### Tiempo de entrega de resultado

Los informes de resultados serán entregados en 10 días laborables una vez que la muestra ingresa al laboratorio. El tiempo de entrega puede variar por acuerdos con el usuario a través de convenios de cooperación interinstitucional o contratación pública.

#### General

1. En caso de que la oferta técnico - económica sea aprobada, ésta será notificada a LANCAS personalmente o vía e - mail.
2. El alcance de acreditación de LANCAS bajo norma ISO/IEC 17025 se encuentra en el siguiente link: <http://www.acreditacion.gob.ec/programas-servicios/>
3. La suspensión de la realización del análisis se podrá solicitar hasta 1 día después de la recepción de la muestra. Pasado este tiempo los análisis serán realizados de acuerdo a lo establecido en la oferta y acuerdos con el usuario.
4. Como parte del servicio, LANCAS podrá proveer de materiales necesarios para la toma de muestras como frascos, cadenas de custodia-orden de trabajo, etiquetas, para lo cual se deberá emitir una solicitud, por lo menos 48 horas antes de la toma de muestra, esto se registrará en el RC-49 Acta de entrega para que los mismos se encuentren disponibles, una vez que se haya realizado el proceso de pago correspondiente.
5. Si se requiere un análisis urgente, LANCAS puede realizarlo en un plazo menor al establecido en la oferta, previa comunicación escrita con el usuario (aplica restricción de parámetros).

#### Confidencialidad

1. El Laboratorio Nacional de Calidad de Agua y Sedimentos, LANCAS se compromete a mantener la imparcialidad y confiabilidad absoluta reserva y confidencialidad sobre toda la información generada en la obtención de los resultados de sus usuarios. Excepto cuando la ley solicite al laboratorio revelar información confidencial, para lo
2. El Laboratorio Nacional de Calidad de Agua y Sedimentos, LANCAS no realizará declaraciones de conformidad e interpretación de resultados con una especificación o norma, por lo que no se establecerá la regla de decisión
3. De suscitarse controversias con los usuarios, se agotarán todas las instancias para una solución de mutuo acuerdo, más información sobre la gestión de controversias se

#### Recepción de las muestras

1. Las muestras serán entregadas por parte del usuario u opcionalmente por el personal del laboratorio.
2. Si las muestras se encuentran con las siguientes observaciones: fuera de condiciones adecuadas de preservación, volumen insuficiente, fuera del plazo de análisis, frascos inadecuados, o alguna otra observación que influya en el ensayo, el usuario será comunicado para que autorice o no la realización del mismo. En este caso la realización del ensayo se hará a partir de la aceptación en oferta y acuerdos de servicios.
3. Se realizará la eliminación de muestras un mes después de la entrega del informe de resultados. Si el usuario desea que las muestras sean devueltas o almacenadas por
4. Las muestras serán recibidas en el laboratorio de lunes a viernes de 8h00 a 16h30.
5. En caso de enviar la muestra al laboratorio, esta debe estar dirigida a nombre de INAMHI - LANCAS, Dirección: Nuñez de Vela N36-15 y Corea, Quito.

#### Facturación

1. Para realizar el pago de los análisis, previamente acercarse con la Oferta y Acuerdos de Servicios elaborado por LANCAS, al departamento de atención al usuario del INAMHI.

### ACEPTACION Y ACUERDOS CON EL USUARIO

PROCEDE:	SI.....	NO.....	OT.....*	TIPO DE ACEPTACIÓN
OBSERVACIONES DE LA OFERTA:				Email: <input type="text"/> Fecha: <input type="text"/>
				Firma del Usuario: <input type="text"/>

**NOTA:** Adjuntar información dada por el USUARIO

Aprobada por:   
Coordinadora del Laboratorio



Nuñez de Vela N36-15 y Corea, Telf. (02) 3971100 ext. 1201, 1202, 1203  
servicio@inamhi.gob.ec  
Quito Ecuador

## Anexo 4: Informe de resultados del laboratorio LANCAS mes de enero



### INFORME DE RESULTADOS

RC38-06

N°. 22-025

Pág. 1 de 3

<b>USUARIO:</b>			
<b>PERSONA DE CONTACTO:</b>			
<b>DIRECCIÓN:</b>	Latacunga		
<b>TELÉFONO CONVENCIONAL / CELULAR:</b>	No Reporta	0979287957	<b>Email:</b> <a href="mailto:geomayra.cali3089@utc.edu.ec">geomayra.cali3089@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-22-025	Agua Natural	Punto 6	Quebrada Talahuachana	19/1/2021	10H10	752665 9921827
<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.

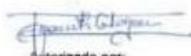
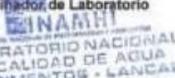
El laboratorio se hace responsable de toda la información suministrada en el informe, excepto de la información proporcionada por el usuario. (Los datos proporcionados por el usuario se muestran en gris).

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  
 Coordinador de Laboratorio  
  
 LABORATORIO NACIONAL  
 DE CALIDAD DE AGUA  
 Y SEDIMENTOS - LANCAS

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

**INFORME DE RESULTADOS**

RC38-06

N°. 22-025

Pág. 2 de 3

<b>Parámetros</b>	<b>Método Interno LANCAS</b>	<b>Método de Referencia</b>	<b>Unidades</b>	<b>Valor</b>
pH	PE01	Standard Methods Ed 23, 2017. 4500 H <sup>+</sup> B	UpH	6,97
Arsénico	PE04	Standard Methods Ed 23, 2017. 3114 B Modificado	ug/L	33,389
Manganeso	PE30	Standard Methods Ed 23, 2017. 3111 B	mg/L	0,669
Sulfatos	PE45	HACH No 8051 12/99 7 ed	mg/L	64,75
Oxígeno Disuelto	PE46	Standard Methods Ed 23, 2017. 4500-O C	mg/L	5,60 <sup>(1)</sup>
Coliformes fecales	PEM02	Standard Methods Ed 23, 2017. 9221 E 1 Modificado	NMP/100 ml	2,0

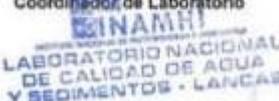
**REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:**

<sup>(N)</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**  
LABORATORIO NACIONAL  
DE CALIDAD DE AGUA  
Y SEDIMENTOS - LANCAS



INFORME DE RESULTADOS

Nº 20-025  
Pág. 3 de 3

RC36-05

VALORES DE INCERTIDUMBRE

MATRIZ	ENSAYO	INTERVALO DE TRABAJO	FACTOR DE COBERTURA	NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 4	NIVEL 5	NIVEL 6	NIVEL 7
Agua Natural, Residual y De consumo	Arsénico	0.000-2.000 mg/L	95%	0.000 mg/L ± 20.1 %	0.000 mg/L ± 1.000 %	0.017 mg/L ± 14.000 %	0.100 mg/L ± 0.000 %	0.000 mg/L ± 0.000 %	0.000 mg/L ± 0.000 %	0.000 mg/L ± 0.000 %
	Nitrato	1.00-71.00 mg/L	95%	1.00 mg/L ± 24.00 %	0.00 mg/L ± 0.00 %	15.44 mg/L ± 1.00 %	1.19 mg/L ± 1.24 %			
	Nitrito	0.243-4.000 mg/L	95%	0.243 mg/L ± 10.100 %	0.420 mg/L ± 7.470 %	1.000 mg/L ± 1.000 %	4.000 mg/L ± 1.000 %			
	Cobre	0.000-0.001 mg/L	95%	0.000 mg/L ± 16.417 %	0.71 mg/L ± 10.212 %	0.000 mg/L ± 0.000 %	1.000 mg/L ± 0.000 %	0.000 mg/L ± 0.000 %		
	Color Aparente	0-4.00 PCU	95%	44% Co ± 21%	100% Co ± 10%	200% Co ± 5%	200% Co ± 4%	400% Co ± 3%		
	Color Real	0-4.00 PCU	95%	44% Co ± 20%	100% Co ± 11%	200% Co ± 5%	200% Co ± 5%	400% Co ± 3%		
	TPH	0.00-10.00 mg/L	95%	0.00 mg/L ± 24.00 %	1.00 mg/L ± 0.00 %	0.72 mg/L ± 0.00 %	0.00 mg/L ± 0.00 %	10.00 mg/L ± 0.00 %	10.00 mg/L ± 0.00 %	
	Fierro	0.00-1.00 mg/L	95%	0.00 mg/L ± 27.00 %	0.00 mg/L ± 10.14 %	1.00 mg/L ± 0.00 %				
	Turbidez	0.00-0.00 NTU	95%	0.00 NTU ± 14.84 %	10.00 NTU ± 0.00 %	100.00 NTU ± 0.00 %	100.00 NTU ± 0.00 %	100.00 NTU ± 0.00 %	100.00 NTU ± 0.00 %	
	Oloro Libre Residual	0.00-0.00 mg/L	95%	0.00 mg/L ± 20.00 %	0.00 mg/L ± 0.24 %	0.00 mg/L ± 4.00 %	0.00 mg/L ± 1.00 %	0.00 mg/L ± 0.00 %		
	pH	6.00-8.00 UPE	95%	6.00 UPE ± 2.00 %	6.00 UPE ± 0.00 %	6.00 UPE ± 0.00 %	6.00 UPE ± 0.00 %	6.00 UPE ± 0.00 %		
	Agua Natural, Residual	Conductividad	0-3000 µS/cm	95%	7.0 µS/cm ± 0.0 %	20.0 µS/cm ± 0.0 %	110.0 µS/cm ± 0.0 %	200.0 µS/cm ± 0.0 %	200.0 µS/cm ± 0.0 %	
Fósforo Total		0.043-4.000 mg/L	95%	0.043 mg/L ± 22.647 %	0.000 mg/L ± 0.000 %	4.000 mg/L ± 0.000 %	0.000 mg/L ± 0.000 %			
Cloruro		0.04-100.00 mg/L	95%	0.04 mg/L ± 0.04 %	0.00 mg/L ± 0.00 %	100.00 mg/L ± 1.00 %	0.00 mg/L ± 0.00 %	0.00 mg/L ± 0.00 %		
Dureza Total		10.00-700.00 mg/L	95%	10.00 mg/L ± 0.04 %	41.00 mg/L ± 0.24 %	100.00 mg/L ± 0.10 %	100.00 mg/L ± 0.10 %	100.00 mg/L ± 0.10 %		
Dureza Cálcica		0.00-0.00 mg/L	95%	0.00 mg/L ± 11.00 %	0.00 mg/L ± 0.00 %	0.00 mg/L ± 0.00 %	0.00 mg/L ± 0.00 %	0.00 mg/L ± 0.00 %		
Acidez Total		10.00-100.00 mg/L	95%	10.00 mg/L ± 11.00 %	0.00 mg/L ± 0.00 %	0.00 mg/L ± 0.00 %	0.00 mg/L ± 0.00 %	0.00 mg/L ± 0.00 %		
Nitrógeno Amoniacal		0.10-1.00 mg/L	95%	0.10 mg/L ± 27.00 %	0.00 mg/L ± 0.00 %	1.00 mg/L ± 0.00 %				
Hierro		0.00-1.00 mg/L	95%	0.00 mg/L ± 20.48 %	1.00 mg/L ± 14.08 %	0.00 mg/L ± 0.00 %	0.00 mg/L ± 0.00 %	0.00 mg/L ± 0.00 %		
Sólidos totales suspendidos		0.0-100.0 mg/L	95%	0.0 mg/L ± 24.0 %	10.0 mg/L ± 11.0 %	100.0 mg/L ± 0.0 %	100.0 mg/L ± 0.0 %	100.0 mg/L ± 0.0 %		
DBO5		0.00-100.00 mg/L	95%	0.00 mg/L ± 10.00 %	0.00 mg/L ± 0.00 %	100.00 mg/L ± 0.00 %	100.00 mg/L ± 0.00 %	100.00 mg/L ± 0.00 %		
Manganeso		0.140-0.10 mg/L	95%	0.140 mg/L ± 24.000 %	0.00 mg/L ± 0.00 %	1.0 mg/L ± 0.00 %				
Cadmio		0.140-0.000 mg/L	95%	0.140 mg/L ± 27.000 %	0.00 mg/L ± 10.000 %	0.00 mg/L ± 7.000 %	1.000 mg/L ± 0.000 %			
Sólidos Totales		0.0-500.0 mg/L	95%	0.0 mg/L ± 0.0 %	100.0 mg/L ± 0.0 %	400.0 mg/L ± 0.0 %	100.0 mg/L ± 0.0 %	0.00 mg/L ± 0.0 %		
Calcio		0.01-0.01 mg/L	95%	0.01 mg/L ± 10.14 %	10.00 mg/L ± 0.00 %	40.00 mg/L ± 1.11 %	110.00 mg/L ± 1.00 %	110.00 mg/L ± 1.00 %		
Potasio		0.10-10.00 mg/L	95%	0.10 mg/L ± 11.00 %	0.00 mg/L ± 0.00 %	0.00 mg/L ± 1.00 %	0.00 mg/L ± 0.00 %	0.00 mg/L ± 0.00 %		
Magnesio		10.00-100.00 mg/L	95%	10.00 mg/L ± 20.00 %	0.00 mg/L ± 0.00 %	0.00 mg/L ± 0.00 %	0.00 mg/L ± 0.00 %	0.00 mg/L ± 0.00 %		
Sodio		0.01-100.00 mg/L	95%	0.01 mg/L ± 10.00 %	0.00 mg/L ± 0.00 %	0.00 mg/L ± 0.00 %	0.00 mg/L ± 0.00 %	0.00 mg/L ± 0.00 %		
Boro		0.00-10.00 mg/L	95%	0.00 mg/L ± 24.00 %	0.00 mg/L ± 10.00 %	0.00 mg/L ± 0.00 %	0.00 mg/L ± 0.00 %	0.00 mg/L ± 0.00 %		
Sólidos suspendidos		0-4.00 mg/L	95%	0.00 mg/L ± 20.00 %	0.00 mg/L ± 11.00 %	100.00 mg/L ± 0.00 %	0.00 mg/L ± 0.00 %	0.00 mg/L ± 0.00 %		
ODD		0.01-0.01 mg/L	95%	0.01 mg/L ± 20%	0.00 mg/L ± 11%	1.00 mg/L ± 0%	1.00 mg/L ± 0%	1.00 mg/L ± 0%		
Zinc		0.114-1.000 mg/L	95%	0.114 mg/L ± 20.00 %	0.00 mg/L ± 0.00 %	0.00 mg/L ± 0.00 %	0.00 mg/L ± 0.00 %	0.00 mg/L ± 0.00 %		
Origenes Dissueltos		0.00-0.00 mg/L	95%	0.00 mg/L ± 0.00 %	0.00 mg/L ± 0.00 %	0.00 mg/L ± 0.00 %	0.00 mg/L ± 0.00 %	0.00 mg/L ± 0.00 %		
Fosfato		0.000-0.001 mg/L	95%	0.000 mg/L ± 20.770 %	0.000 mg/L ± 14.000 %	0.000 mg/L ± 0.000 %	0.000 mg/L ± 0.000 %	0.000 mg/L ± 0.000 %		
Sulfato con reactivos HACH	0.00-0.00 mg/L	95%	0.00 mg/L ± 20.00 %	10.00 mg/L ± 0.00 %	0.00 mg/L ± 10.00 %	0.00 mg/L ± 10.00 %	0.00 mg/L ± 10.00 %			
Acidos y Gases por Gravimetría	0.0-0.00 mg/L	95%	0.00 mg/L ± 0.00 %	100.00 mg/L ± 0.00 %	0.00 mg/L ± 0.00 %	0.00 mg/L ± 0.00 %	0.00 mg/L ± 0.00 %			
Tenacidad	0.00-10.00 mg/L	95%	0.00 mg/L ± 20.00 %	0.00 mg/L ± 20.00 %	0.00 mg/L ± 0.00 %	0.00 mg/L ± 0.00 %	0.00 mg/L ± 0.00 %			
Sulfuro	0.00-0.00 mg/L	95%	0.00 mg/L ± 20.41 %	0.00 mg/L ± 0.00 %	1.00 mg/L ± 0.00 %	1.00 mg/L ± 0.00 %	1.00 mg/L ± 0.00 %			

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:  
Nitrato y Nitrito por espectroscopia UV y NOD 01 espectrofotómetro.

*Jeaneth Cartagena*  
Autorizado por:  
Dra. Jeaneth Cartagena  
Coordinadora de Laboratorio  
**INAMHI**  
LABORATORIO NACIONAL  
DE CALIDAD DE AGUA  
Y SEDIMENTOS - LANCASTER

## Anexo 4: Informe de resultados del laboratorio LANCAS mes de marzo



### INFORME DE RESULTADOS

RC38-08

N°. 22-065

Pág. 1 de 3

USUARIO:				
PERSONA DE CONTACTO:	Latacunga			
DIRECCIÓN:	Latacunga			
TELÉFONO CONVENCIONAL / CELULAR:	No Reporte	0979287957	Email:	<a href="mailto:geomayra.cel3080@ulc.edu.ec">geomayra.cel3080@ulc.edu.ec</a>
MÉTODO DE MUESTREO:	No Aplica			
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN DE LAS MUESTRAS:	23/03/2022	18H30	OT:	22-030
LUGAR DE ANÁLISIS:	LANCAS: Núñez de Vela N38-15 y Coroa			
FECHA DE ANÁLISIS:	23/03/2022	a	28/03/2022	
FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME:	28/03/2022			

#### INFORMACIÓN DE LA MUESTRA:

Código del laboratorio	Matriz	Identificación o Código	Lugar de toma de muestra	Fecha de toma de muestra	Hora de toma de muestra	Coordenadas
M-22-065	Agua Natural	PR Quebrada Telahuachana	Latacunga	23/03/2022	12H45	No Reporte
Observaciones / Condición de recepción de la muestra						
La muestra de Colgeno Disuelto no está completamente lleno en el Winkler tiene un espacio de aire.						

#### 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 Reporte

NA: No Aplica

  
 Autorizado por:  
 Dra. José María Cartagena  
 Coordinador de Laboratorio  


**INFORME DE RESULTADOS**

RC38-08

N°. 22-085

Pág. 2 de 3

Párametros	Método Interno LANCAS	Método de Referencia	Unidades	Valor
Arsénico	PE04	Standard Methods Ed 23, 2017. 3114 B Modificado	ug/L	1792,670 <sup>(*)</sup>
Manganeso	PE30	Standard Methods Ed 23, 2017. 3111 B	mg/L	0,508
Sulfatos	PE45	HACH No 8051 12/99 7 ed	mg/L	47,32
Oxígeno Disuelto	PE46	Standard Methods Ed 23, 2017. 4500-O C	mg/L	6,56 <sup>(*)</sup>
Coliformes fecales	PEM02	Standard Methods Ed 23, 2017. 9221 E 1 Modificado	NMP/100 ml	2,0

**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



LABORATORIO NACIONAL  
DE CALIDAD DE AGUA  
Y AEROSOLIOS



INFORME DE RESULTADOS

Nº 20-025  
Pág. 3 de 3

RC36-05

VALORES DE INCERTIDUMBRE

MATRIZ	EMPAJO	INTERVALO DE TRAZAJE	FACTOR DE COBERTURA	NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 4	NIVEL 5	NIVEL 6	NIVEL 7
Agua Natural, Residual y De consumo	Arsénico	0.468 ± 0.027 mg/L	90%	0.468 mg/L ± 22.13%	0.888 mg/L ± 13.02%	0.477 mg/L ± 14.30%	07.208 mg/L ± 0.289%	13.800 mg/L ± 0.020%	210.277 mg/L ± 4.225%	
	Nitrato	1.307 ± 0.181 mg/L	90%	1.091 mg/L ± 24.94%	0.670 mg/L ± 4.94%	15.444 mg/L ± 1.88%	71.194 mg/L ± 1.24%			
	Nitrito	0.243 ± 0.020 mg/L	90%	0.243 mg/L ± 10.19%	0.420 mg/L ± 7.479%	1.800 mg/L ± 1.080%	4.420 mg/L ± 1.30%			
	Cobre	0.483 ± 0.031 mg/L	90%	0.483 mg/L ± 16.417%	0.774 mg/L ± 14.212%	0.534 mg/L ± 0.808%	1.483 mg/L ± 0.613%	0.301 mg/L ± 4.184%		
	Color Aparente	94 ± 70 PCU	90%	44% Co ± 21%	107% Co ± 10%	227% Co ± 2%	227% Co ± 4%	420% Co ± 7%		
	Color Real	94 ± 40 PCU	90%	44% Co ± 20%	119% Co ± 11%	254% Co ± 9%	230% Co ± 5%	440% Co ± 9%		
	TPH	0.50 ± 0.23 mg/L	90%	0.20 mg/L ± 24.07%	1.01 mg/L ± 0.80%	2.72 mg/L ± 0.28%	4.30 mg/L ± 15.61%	10.20 mg/L ± 0.02%	152.20 mg/L ± 0.26%	
	Fierro	0.50 ± 0.40 mg/L	90%	0.20 mg/L ± 27.90%	0.20 mg/L ± 10.14%	1.40 mg/L ± 0.90%				
	Turbidez	0.20 ± 0.003 NTU	90%	0.06 NTU ± 14.84%	0.04 NTU ± 0.30%	0.020 NTU ± 0.64%	0.020 NTU ± 0.24%	0.020 NTU ± 0.24%	0.020 NTU ± 0.24%	0.020 NTU ± 0.24%
	Oloro Libre Residual	0.07 ± 0.03 mg/L	90%	0.07 mg/L ± 20.30%	0.04 mg/L ± 1.24%	0.08 mg/L ± 4.40%	0.08 mg/L ± 1.0%	0.08 mg/L ± 7.0%	0.08 mg/L ± 7.0%	0.08 mg/L ± 8.0%
Agua Natural, Residual	pH	0.00 ± 0.00 UCE	90%	0.00 UCE ± 2.00%	0.00 UCE ± 1.00%	0.00 UCE ± 0.20%	0.00 UCE ± 0.24%			
	Conductividad	0.30000 UCE	90%	7.0 uS/cm ± 0.3%	20.2 uS/cm ± 0.0%	112.0 uS/cm ± 0.1%	1184.0 uS/cm ± 0.7%	2662.0 uS/cm ± 1.2%	6000.0 uS/cm ± 1.1%	
	Fosforo Total	0.243 ± 0.020 mg/L	90%	0.243 mg/L ± 22.647%	0.288 mg/L ± 1.20%	4.810 mg/L ± 0.20%				
	Cloruro	0.84 ± 0.08 mg/L	90%	0.84 mg/L ± 0.04%	46.26 mg/L ± 1.07%	104.7 mg/L ± 1.50%	283.4 mg/L ± 0.0%	1940.0 mg/L ± 1.0%		
	Dureza Total	10.00 ± 0.50 mg/L	90%	10.00 mg/L ± 0.54%	41.00 mg/L ± 0.24%	105.01 mg/L ± 0.18%	307.00 mg/L ± 0.71%	752.00 mg/L ± 0.24%		
	Dureza Cálcica	0.50 ± 0.23 mg/L	90%	0.50 mg/L ± 11.18%	0.72 mg/L ± 0.71%	10.20 mg/L ± 1.12%	307.00 mg/L ± 1.21%	305.40 mg/L ± 0.01%		
	Acidez Total	17.30 ± 0.30 mg/L	90%	17.30 mg/L ± 11.28%	305.30 mg/L ± 1.70%					
	Nitrógeno Amoniacal	0.10 ± 0.01 mg/L	90%	0.10 mg/L ± 27.00%	0.70 mg/L ± 0.80%	1.30 mg/L ± 4.40%				
	Hierro	0.30 ± 0.40 mg/L	90%	0.20 mg/L ± 23.48%	1.00 mg/L ± 14.68%	2.00 mg/L ± 4.72%	0.30 mg/L ± 0.09%	0.40 mg/L ± 2.08%		
	Sólidos totales suspendidos	0.2 ± 0.05 mg/L	90%	0.2 mg/L ± 24.0%	100.1 mg/L ± 11.7%	512.0 mg/L ± 0.0%	780.0 mg/L ± 0.0%	1100.0 mg/L ± 0.5%		
	DBO5	10.00 ± 0.00 mg/L	90%	4.00 mg/L ± 10.00%	31.00 mg/L ± 10.00%	212.00 mg/L ± 10.00%	300.17 mg/L ± 1.00%	300.00 mg/L ± 0.00%		
	Manganeso	0.140 ± 0.01 mg/L	90%	0.140 mg/L ± 24.00%	0.00 mg/L ± 0.00%	1.0 mg/L ± 4.00%				
	Cadmio	0.140 ± 0.00 mg/L	90%	0.140 mg/L ± 27.00%	0.22 mg/L ± 10.10%	0.22 mg/L ± 7.70%	1.00 mg/L ± 4.00%			
	Sólidos Totales	0.2 ± 0.01 mg/L	90%	0.2 mg/L ± 0.1%	100.0 mg/L ± 10.0%	404.0 mg/L ± 0.0%	104.0 mg/L ± 0.1%	300.0 mg/L ± 1.4%		
	Calcio	0.210 ± 0.01 mg/L	90%	0.21 mg/L ± 10.14%	14.00 mg/L ± 0.00%	43.00 mg/L ± 1.1%	110.00 mg/L ± 1.0%	210.00 mg/L ± 1.0%		
	Potasio	0.10 ± 0.00 mg/L	90%	0.10 mg/L ± 11.00%	3.00 mg/L ± 0.20%	0.00 mg/L ± 1.00%	4.00 mg/L ± 0.70%	21.00 mg/L ± 4.70%	40.00 mg/L ± 1.1%	
	Magnesio	10.00 ± 0.00 mg/L	90%	10.00 mg/L ± 20.00%	20.00 mg/L ± 0.00%	43.00 mg/L ± 0.21%	84.00 mg/L ± 1.00%			
	Sodio	0.21 ± 0.00 mg/L	90%	0.01 mg/L ± 10.00%	20.00 mg/L ± 0.70%	43.00 mg/L ± 0.01%	10.20 mg/L ± 0.04%	212.00 mg/L ± 2.70%	572.00 mg/L ± 0.00%	
	Boro	10.00 ± 0.00 mg/L	90%	10.00 mg/L ± 24.40%	20.00 mg/L ± 12.2%	43.00 mg/L ± 0.00%	0.00 mg/L ± 0.00%	70.00 mg/L ± 3.20%		
	Sólidos suspendidos	0.4 ± 0.01 mg/L	90%	0.4 mg/L ± 20.0%	20.0 mg/L ± 11.0%	100.0 mg/L ± 0.0%	20.0 mg/L ± 1.0%	400.0 mg/L ± 2.7%		
ODD	0.01 mg/L	90%	0.01 mg/L ± 20%	4 mg/L ± 11%	10 mg/L ± 0%	10 mg/L ± 0%	10 mg/L ± 0%			
Zinc	0.114 ± 0.00 mg/L	90%	0.114 mg/L ± 20.00%	0.27 mg/L ± 0.00%	0.00 mg/L ± 0.00%	0.70 mg/L ± 0.70%	1.70 mg/L ± 0.70%			
Origenes Dissueltos	0.20 ± 0.00 mg/L	90%	1.00 mg/L ± 0.70%	0.10 mg/L ± 11.0%	0.00 mg/L ± 0.00%					
Fosfatos	0.000 ± 0.00 mg/L	90%	0.000 mg/L ± 20.770%	2.210 mg/L ± 14.04%	4.100 mg/L ± 0.000%	0.10 mg/L ± 4.70%				
Sulfato con reactivo HACH	0.30 ± 0.00 mg/L	90%	0.30 mg/L ± 20.07%	15.00 mg/L ± 0.00%	24.00 mg/L ± 12.22%	430.00 mg/L ± 1.00%				
Acidos y Gases por Gravimetría	0.0 ± 0.0 mg/L	90%	0.0 mg/L ± 0.0%	100.0 mg/L ± 10.0%	200.0 mg/L ± 10.0%	310.0 mg/L ± 10.0%				
Tenacidad	0.40 ± 0.01 mg/L	90%	0.40 mg/L ± 20.00%	0.00 mg/L ± 20.00%	0.00 mg/L ± 0.01%	0.00 mg/L ± 10.27%	1.00 mg/L ± 10.00%	1.00 mg/L ± 11.00%	20.7 mg/L ± 10.28%	
Sulfuro	10.00 ± 0.00 mg/L	90%	0.00 mg/L ± 20.410%	0.00 mg/L ± 0.10%	1.00 mg/L ± 0.070%	1.0 mg/L ± 0.070%				

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:  
Método y Muestra por duplicado como MD-1 y MD-2 respectivamente.

*Jeaneth Cartagena*  
Autorizado por:  
Dra. Jeaneth Cartagena  
Coordinadora de Laboratorio  
**INAMHI**  
LABORATORIO NACIONAL  
DE CALIDAD DE AGUA  
Y SEDIMENTOS - LANCASTER



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi

CENTRO DE IDIOMAS

## ***AVAL DE TRADUCCIÓN***

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

La traducción del resumen del proyecto de investigación al idioma Inglés cuyo título versa: **“TRAZABILIDAD MICROBIOLÓGICA DE ENTEROBACTERIAS EN SITIOS POCO MONITOREADOS Y CONTAMINADOS CON ARSÉNICO PROVENIENTE DE FUENTES NATURALES ENTRE LOS 3600 Y 3700 M.S.N.M. EN LA PARROQUIA DE TOACASO”**, presentado por **Rueda Santo Tatiana Lisseth y Villegas Pazmiño Dennys Paúl**, estudiantes de la carrera de **Medio Ambiente** perteneciente a la **Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales**, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimare conveniente.

Latacunga, 29 de marzo del 2022.

Atentamente,



Escaneado al correo electrónico por:  
**EDISON MARCELO  
PACHECO PRUNA**

.....  
**Lic. Edison Marcelo Pacheco Pruna Mg.**  
**DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS**  
**C.C. 050261735-0**



CENTRO  
DE IDIOMAS