



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

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

**“DISTRIBUCIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE ARSÉNICO EN LA
MICROCUENCA DEL RÍO BLANCO, PROVINCIA DE
COTOPAXI, PERIODO 2022”**

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

Autores:

Jiménez Castelo Jhordan Michael
Vega Herrera Felipe Sebastián

Tutora:

Ilbay Yupa Mercy Lucila

LATACUNGA – ECUADOR

Agosto 2022

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Jhordan Michael Jiménez Castelo, con cédula de ciudadanía No. 210092189-5 y Felipe Sebastián Vega Herrera, con cédula de ciudadanía No. 050429383-8, declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: “Distribución espacio-temporal de As en la microcuenca del río Blanco, provincia de Cotopaxi, periodo 2022”, siendo la Ingeniera Ph.D. Mercy Lucila Ilbay Yupa, Tutora del presente trabajo; y, eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

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

Latacunga, 27 de agosto del 2022

Jhordan Michael Jiménez Castelo
Estudiante
CC: 210092189-5

Felipe Sebastián Vega Herrera
Estudiante
CC: 050429383-8

Ing. Mercy Lucila Ilbay Yupa, Ph.D.
Docente Tutora
CC: 060414790-0

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 **JHORDAN MICHAEL JIMÉNEZ CASTELO**, identificado con cédula de ciudadanía **210092189-5** de estado civil soltero, a quien en lo sucesivo se denominará **EL CEDENTE**; y, de otra parte, el Ingeniero Ph.D. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez, en calidad de Rector, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - **EL CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Ingeniería Ambiental, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “Distribución espacio-temporal de As en la microcuenca del río Blanco, provincia de Cotopaxi, periodo 2022”, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Inicio de la carrera: Abril 2018 - Agosto 2018

Finalización de la carrera: Abril 2022 - Agosto 2022

Aprobación en Consejo Directivo: 3 de junio del 2022

Tutor: Ingeniera Ph.D. Mercy Lucila Ilbay Yupa

Tema: “Distribución espacio-temporal de Arsénico en la microcuenca del río Blanco, provincia de Cotopaxi, periodo 2022”

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 27 días del mes de agosto del 2022.

Jhordan Michael Jiménez Castelo
EL CEDENTE

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

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **FELIPE SEBASTIÁN VEGA HERRERA**, identificado con cédula de ciudadanía **050429383-8** de estado civil soltero, a quien en lo sucesivo se denominará **EL CEDENTE**; y, de otra parte, el Ingeniero Ph.D. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez, en calidad de Rector, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - **EL CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Ingeniería Ambiental, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “Distribución espacio-temporal de As en la microcuenca del río Blanco, provincia de Cotopaxi, periodo 2022”, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Inicio de la carrera: Abril 2019 - Agosto 2019

Finalización de la carrera: Abril 2022 - Agosto 2022

Aprobación en Consejo Directivo: 3 de junio del 2022

Tutor: Ingeniera Ph.D. Mercy Lucila Ilbay Yupa

Tema: “Distribución espacio-temporal de As en la microcuenca del río Blanco, provincia de Cotopaxi, periodo 2022”

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 27 días del mes de agosto del 2022.

Felipe Sebastián Vega Herrera
EL CEDENTE

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

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

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

“DISTRIBUCIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE ARSÉNICO EN LA MICROCUENCA DEL RÍO BLANCO, PROVINCIA DE COTOPAXI, PERIODO 2022”, de Jiménez Castelo Jhordan Michael y Vega Herrera Felipe Herrera, de la carrera de Ingeniería Ambiental, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del Aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la Pre defensa.

Latacunga, 27 de agosto del 2022

Ing. Mercy Lucila Ilbay Yupa, Ph.D.

DOCENTE TUTORA

CC: 060414790-0

AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, los postulantes: Jiménez Castelo Jhordan Michael y Vega Herrera Felipe Sebastián , con el título del Proyecto de Investigación: “DISTRIBUCIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE AS EN LA MICROCUENCA DEL RÍO BLANCO, PROVINCIA DE COTOPAXI, PERIODO 2022”, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

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

Latacunga, 27 de agosto del 2022

Lector 1 (Presidente)
Lcd. Jaime Lema Pillalaza, Mg.
CC: 1713759932

Lector 2
Lcda. Joseline Ruiz Depablos, Mg.
CC: 1758739062

Lector 3
Ing. Marco Rivera Moreno, Mg.
CC: 0501518955

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento en primer lugar se dirige a quien ha forjado mi camino y siempre me direccionó en mis decisiones y cada uno de mis pasos, a Dios, porque todos los días bendice mi vida al estar y gozar al lado de la gente que me ama, y a las que yo más amo, el que en todo momento está conmigo ayudándome en las circunstancias que más lo necesito, por brindarme salud, responsabilidad, fortaleza, y sabiduría e inteligencia para tomar las decisiones adecuadas en los momentos de incertidumbre, durante estos cuatro años de carrera. Agradezco a *Jehová* todo poderoso por la vida de mis padres, por haberme otorgado una familia hermosa y el permitirme llegar hasta este punto en compañía de las personas que más amo. Dios, tu amor y tu bondad no tienen fin. Eres quien guía el destino de mi vida.

Agradezco a mis extraordinarios padres *Eufemia Castelo*, *Vitelio Jiménez* y mi querida hermana *Jhoselin Jiménez*, por ser mis amigos confidentes, mis consejeros, por permitirme conocer de Dios y de su infinito amor, por haber estado conmigo incondicionalmente apoyándome en los momentos difíciles, por todo ese bello tesoro invaluable que me han entregado: su amor. Gracias a ustedes por sus oraciones, consejos y palabras de aliento ha permitido que logre llegar hasta aquí e hicieron de mí una mejor persona y un gran profesional, de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas, los amo mucho familia.

Agradezco a mis abuelitos por sus constantes consejos de alientos y ayuda que me ha proporcionado a lo largo de toda mi educación, por enseñarme el camino de la vida. En mi corazón siempre los recordaré.

Además, quiero expresar mi agradecimiento/reconocimiento muy especial, a la Ing. Ilbay Yupa Mercy Lucila por su esfuerzo, dedicación, colaboración y sabiduría para ser un profesional de éxito.

Jhordan Michael Jiménez Castelo

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por siempre escucharme y ayudarme en los momentos difíciles que se me han presentado hasta este punto de mi vida y carrera, por haberme dado la oportunidad de ser un afortunado en poder estudiar y superarme, le agradezco por iluminarme y siempre llevarme por el camino correcto gracias a eso hoy puedo cumplir una etapa de mi vida,

Agradezco con mucha gratitud a mi Familia, a mi madre Magdalena Vega por siempre cuidarme y preocuparse de mí, a mi Hermano Andrés Vega por su ayuda personal en la realización de este trabajo y sus consejos e ideas que apporto, y en especial a mi querido tío que con su manera de vivir la vida y hacer las cosas me inspira todos los días a querer ser siempre mejor que todos, y en muchas veces ser el que me ayuda a resolver todos los problemas que se presentan, gracias familia.

También quiero agradecer a mis abuelitos Rosa Herrera y Armando Vega, los pilares de mi familia la razón y el motivo de que yo me haya podido superar y mi ejemplo, les doy gracias la garra, la lucha y el compromiso que tuvieron con la familia para podernos sacar adelante y sobre todo por el amor que me brindaron cuando más lo necesite siempre los llevo en mis pensamientos y mi corazón.

A mis amigos mis compañeros de toda la vida ellos saben quiénes son, a mi novia Doménica por ser siempre un apoyo y guiarme por el camino del bien, a mi mascota mocca por ser mi inspiración y una de las cuantas razones para no dejar de trabajar por los que quiero, y a todas las personas que de manera directa o indirecta me apoyaron les agradezco de todo corazón.

Felipe Sebastián Vega Herrera

DEDICATORIA

El presente trabajo investigativo lo dedico principalmente a Dios, por ser el inspirador, mi guía, fortaleza para seguir adelante y no desalentarse en los problemas que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados en mi vida.

De igual forma, dedico a mis padres todo mi esfuerzo y trabajo puesto para la realización de esta tesis, por su incomparable amor, por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar y por el apoyo moral e incondicional en todos estos años, que han sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores, lo cual me ha ayudado a salir adelante en los momentos más difíciles. Ha sido el orgullo y el privilegio de ser su hijo, son los mejores padres, y se merecen todo.

De igual forma, dedico esta tesis a mi hermana por estar siempre presente en mis decisiones, por brindarme su apoyo incondicional durante toda la realización de mi carrera y por el apoyo moral, que me brindó a lo largo de esta etapa de mi vida.

A mis abuelos que fueron una parte esencial de mi formación, quienes desde el cielo guían mi camino, por sus enseñanzas, sabios y prominentes consejos que los mantendré conmigo el resto de mi vida, que han hecho de mí una persona perseverante e inconformista con valores y principios, sus recuerdos continúan en mi corazón.

Jhordan Michael Jiménez Castelo

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada la memoria de mis abuelitos Rosa Herrera y Armando Vega, quiénes me apoyaron siempre en el estudio, durante varios años facilitaron mi formación compartiendo su hogar conmigo, nunca estuve solo. La fuerza y la fe de los dos durante el último año de su vida me dieron una nueva apreciación del significado y la importancia de la bondad y la familia. Vivieron su vida, actuando conscientemente sobre sus creencias, ayudando a toda su familia. Se enfrentaron valientemente a todos los obstáculos que se les presento y salieron siempre adelante, gracias sin ustedes no hubiese sido posible nada de lo que eh logrado hasta el día de hoy. Su ejemplo me mantuvo soñando cuando quise rendirme.

Felipe Sebastián Vega Herrera

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TÍTULO: “DISTRIBUCIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE ARSÉNICO EN LA MICROCUENCA DEL RÍO BLANCO, PROVINCIA DE COTOPAXI, PERIODO 2022”

AUTORES:

Jiménez Castelo Jhordan Michael
Vega Herrera Felipe Sebastián

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo caracterizar la distribución espacio-temporal del arsénico (As) en la microcuenca del río Blanco, parroquia de Toacaso-Saquisilí, provincia de Cotopaxi, periodo 2022. En la microcuenca se realizó la caracterización morfométrica mediante el uso transcendental de variables de superficie, relieve y red de drenaje. En la caracterización biofísica de la zona se consideró clima, precipitación, pendiente, geología y aprovechamiento de agua. La distribución espacial del As fue evaluada en 7 puntos ubicados sobre el trayecto de la quebrada Talahuachana y río Blanco, también se analizó la distribución temporal para el periodo abril-agosto 2022. Asimismo, se realizó la determinación del nivel de exposición de la población receptora mediante el cálculo de la Dosis Diaria Vitalicia Promedio (DDVP), Coeficiente de Peligro (CP) y Cálculo del Riesgo de Cáncer (CRC). Los resultados evidencian que la microcuenca es de origen volcánico, alargada y con dos periodos de lluvia, el primer pico de lluvia va de febrero a mayo y el segundo de octubre a diciembre. La microcuenca presenta una pendiente fuertemente accidentada (20 – 35 %), con una densidad de drenaje moderada. La concentración de As en los 7 puntos sobrepasa los Límites Máximos Permisibles (LMP) recomendados por la organización mundial de la salud (OMS) y la legislación ambiental ecuatoriana (LIBRO VI Anexo 1 - TULSMA). La mayor concentración se encuentra a una altitud de 3745 m.s.n.m., y la menor concentración en la zona de Cuicuno sur de Toacaso. A nivel temporal, el mes con mayor concentración fue julio, referido a la época seca, sin embargo, todos los meses sobrepasan los LMP (época seca y lluviosa). Estas altas concentraciones se deben a su origen geológico, desde el punto de vista litológico y posición geográfica, lo que conlleva presentar una contaminación natural «precursor y predominante» de este metaloide en los afluentes superficiales de las localidades aledañas a los Ilinizas. Por otra parte, al evaluar las «dosis de exposición», se estimó valores inferiores al valor límite sugerido (<1) por la Agencia de Protección Ambiental de EE. UU. Para la valoración de riesgo de cáncer por exposición oral presentó un nivel de riesgo alto (E-4) en los dos primeros puntos y riesgo medio (E-5) en las subsiguientes zonas de muestreo. Por consiguiente, se concluye que las altas concentraciones de As en la microcuenca limitan el uso deseable del recurso hídrico, al ser no aptas para consumo humano y uso agrícola o de riego.

Palabras clave: arsénico, concentración, afluentes superficiales, exposición oral, dosis.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCE AND NATURAL RESOURCES

THEME: “SPACE-TEMPORAL DISTRIBUTION OF ARSENIC IN THE BLANCO RIVER MICROWATERSHED, COTOPAXI PROVINCE, PERIOD 2022”

AUTHORS:

Jiménez Castelo Jhordan Michael
Vega Herrera Felipe Sebastián

ABSTRACT

The present research work aims to characterize the spatio-temporal distribution of arsenic (As) in the micro-basin of the Blanco River, Toacaso parish -Saquisilí, Cotopaxi province, period 2022. In the micro-basin, morphometric characterization was carried out through the transcendental use of surface, relief and drainage network variables. In the biophysical characterization of the area, climate, precipitation, slope, geology and water use were considered. The spatial distribution of the As was evaluated at 7 points located on the path of the Talahuachana stream and Blanco River the temporal distribution for the period April-August 2022 was also analyzed. Likewise, the level of exposure of the recipient population was determined by calculating the Average Lifetime Daily Dose (ALDD). The results show that the micro-basin is of volcanic origin, elongated and with two periods of rain, the first peak of rain goes from February to May and the second from October to December. The micro-basin has a strongly rugged slope (20 – 35%), with a moderate drainage density. The concentration of As in the 7 points exceeds the Maximum Permissible Limits (PML) recommended by the World Health Organization (WHO) and Ecuadorian environmental legislation (BOOK VI Annex 1 – TULSMA) The highest concentration is at an altitude of 3745 m.a.s.l., and the lowest concentration in the area of Cuicuno south of Toacaso. At the temporary level, the month with the highest concentration was July, referring to the dry season, however, every month exceeds the LMP (dry and rainy season). These high concentrations are due to their geological origin, from the lithological point of view and geographical position, which entails presenting a natural contamination "precursor and predominant" of this metalloid in the surface tributaries of the localities surrounding the Ilinizas. On the other hand, when evaluating 'exposure doses', values lower than the limit value suggested (<1) by the US Environmental Protection Agency were estimated. For the assessment of cancer risk by oral exposure presented a high risk level (E-4) in the first two points and medium risk (E-5) in the subsequent sampling areas. Therefore, it is concluded that the high concentrations of As in the micro-basin limit the desirable use of the water resource, as they are not suitable for consumption and agricultural or irrigation use.

Keywords: Keywords: arsenic, concentration, surface tributaries, oral exposure, dose.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	iii
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	vii
AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	viii
AGRADECIMIENTO.....	ix
DEDICATORIA	xi
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT	xiv
ÍNDICE DE CONTENIDOS	xv
ÍNDICE DE TABLAS.....	xx
ÍNDICE DE FIGURAS	xxi
1. INFORMACIÓN GENERAL	1
2. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	2
3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO	5
4. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	6
5. OBJETIVOS	8
5.1 OBJETIVO GENERAL.....	8
5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	8
6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS	8
7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA.....	11
7.1 Conceptos Básicos.....	11
7.1.1 Espacio geográfico	11
7.1.2 Espacio fluvial o territorio de movilidad fluvial	11
7.1.3 Dinámica fluvial e Hidrología	12

7.1.4	Cuencas hidrográficas.....	13
7.1.5	Escorrentía superficial	13
7.1.6	Red o Sistema de Drenaje	13
7.2	Parámetros geomorfológicos de una cuenca hidrográfica	14
7.2.1	Parámetros Geo-morfométricos básicos de partida.....	15
7.2.2	Parámetros de forma.....	16
7.2.3	Parámetros de relieve.....	18
7.2.4	Características de la red de drenaje.....	21
7.3	<i>Utilización de los SIG en estudios hidrológicos</i>	22
7.4	<i>La cuenca hidrográfica como sistema de cohesión ambiental, social y productiva .</i>	22
7.5	<i>Funciones de las cuencas hidrográficas</i>	23
7.6	<i>Cuenca como unidad de planificación y evaluación del impacto</i>	24
7.7	<i>Recursos hídricos como fuente de suministro - Zona Páramo.....</i>	24
7.8	<i>Servicios Ecosistémicos Hidrológicos (SEH).....</i>	26
7.9	<i>Calidad del agua.....</i>	26
7.10	<i>Calidad del agua en el Ecuador.....</i>	27
7.11	<i>El derecho al agua como derecho fundamental</i>	28
7.12	<i>El agua y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)</i>	28
7.13	<i>Instrumentos Internacionales sobre el derecho al agua</i>	29
7.14	<i>El derecho al agua en Ecuador.....</i>	30
7.15	<i>Fuentes de contaminación: El Ciclo Hidrológico</i>	31
7.16	<i>Contaminación de los Recursos Hídricos</i>	32
7.17	<i>Metales pesados.....</i>	33
7.18	<i>As en el medio ambiente</i>	34
7.19	<i>Propiedades y Toxicidad del As.....</i>	34
7.20	<i>Efectos a la salud por la exposición a As</i>	36
7.21	<i>Relaciones socio-económicas e impactos en el medio ambiente</i>	38

7.22	<i>Contaminación del agua superficial debida a la actividad agropecuaria</i>	39
7.23	<i>Riesgos y vulnerabilidad de la población</i>	40
7.24	<i>Gestión del agua – Ecuador</i>	40
8.	MARCO LEGAL – AMBIENTAL	42
8.1	<i>Constitución de la República del Ecuador (CRE)</i>	43
8.2	<i>Código Orgánico Del Ambiente (COA)</i>	45
8.3	<i>Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía Y Descentralización (COOTAD)</i>	46
8.4	<i>Código Orgánico Integral Penal (COIP)</i>	47
8.5	<i>Ley Orgánica de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua (LORHUyAA)</i>	47
8.6	<i>Ley Orgánica de Salud</i>	51
8.7	<i>Ordenanza para la descontaminación, y protección de los ríos y afluentes hídricos del cantón Latacunga</i>	51
8.8	<i>Acuerdo Ministerial 097-A</i>	52
8.8.1	CLASIFICACIÓN	53
8.9	<i>Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108 (Sexta Revisión, 2020-04)</i>	56
9.	VALIDACIÓN DE LA PREGUNTA CIENTÍFICA	57
10.	DISEÑO METODOLÓGICO	58
10.1	Método de investigación	58
10.1.1	Método Deductivo (Indirecta)	58
10.1.2	Método Inductivo	58
10.1.3	Método No experimental – Longitudinal (Retrospectivo)	59
10.2	Tipos de investigación	59
10.2.1	Descriptiva (propositiva)	59
10.2.2	Explicativa	60
10.2.3	Empírica o de campo (o investigación directa)	60
10.3	Localización y situación del área de estudio	60

10.4	Caracterización de la zona, selección de los puntos de muestreo y toma de muestra	
–	Análisis	62
10.4.1	Parámetros dimensionales de la microcuenca del Río Blanco	62
10.4.2	Caracterización biofísica	64
10.4.3	Identificación y evaluación de los puntos de muestreo	65
10.4.4	Dispersión espacio-temporal de la concentración del As	75
10.4.5	Dispersión Temporal	75
10.4.6	Riesgo de Toxicidad	76
10.4.7	Coeficiente de Peligro (CP).....	77
10.4.8	Cálculo del Riesgo de Cáncer (CRC).....	78
11.	ANALISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	79
11.1	CARACTERIZACIÓN MORFOMÉTRICA DE LA MICROCUENCA	79
11.2	CARACTERIZACIÓN BIOFÍSICA.....	80
11.2.1	Clima	80
11.2.2	Precipitación	85
11.2.3	Pendiente	88
11.2.4	Geología	89
11.2.5	Aprovechamiento de Agua.....	91
11.3	CONCENTRACIÓN DE As Y CALIDAD DE AGUA PARA USO DOMÉSTICO	92
11.4	Concentración de As y calidad de agua para riego.....	93
11.5	DISPERCIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE LA CONCENTRACIÓN DEL As EN EL SISTEMA FLUVIAL	93
11.5.1	Dispersión espacial del As total.....	93
11.5.2	Dispersión de la concentración de As para la época seca y lluviosa.	95
11.6	Cálculo de la dosis de exposición en seres humanos	97
11.6.1	Dosis Diaria Vitalicia Promedio (DDVP)	97
11.6.2	Coeficiente de peligro (CP).....	100

11.6.3	Cálculo del Riesgo de Cáncer.....	101
12.	IMPACTOS SOCIALES Y AMBIETALES	102
13.	PRESUPUESTO.....	102
14.	CONCLUSIONES.....	103
15.	RECOMENDACIONES	104
16.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	105
17.	ANEXOS	121
17.1	Puntos de muestreo para el control y la vigilancia de la calidad del agua.....	121
17.2	Anexo No. 15. Aval del Traductor	132

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Beneficiarios del Proyecto.

Tabla 2. Objetivos y Actividades

Tabla 3. Índice de Gravelius para la evaluación de la forma.

Tabla 4. Valores interpretativos del Factor de forma - Horton.

Tabla 5. Clasificación de las Cuencas Hidrográficas de acuerdo con la Pendiente Media.

Tabla 6: Criterios de calidad de aguas que para consumo humano.

Tabla 7: Criterios de calidad de aguas para uso agrícola en riego.

Tabla 8. Requisitos físicos y químicos del agua para consumo humano.

Tabla 9. Diagrama Metodológico.

Tabla 10. Caracterización morfométrica de la microcuenca del río Blanco.

Tabla 11. Clasificación de climas quebrada Talahuachana

Tabla 12. Aprovechamiento y uso de agua

Tabla 13. Análisis de As total para consumo humano

Tabla 14. Evaluación del Riesgo de As por ingesta de agua.

Tabla 15. Determinación del coeficiente de peligro.

Tabla 16. Evaluación del Riesgo de As por ingesta de agua.

Tabla 17. Presupuesto para la elaboración del proyecto

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Modelo conceptual de la Cuenca fluvial como unidad de soporte del ciclo natural del agua.

Figura 2. Partes constitutivas de una cuenca (Área de investigación).

Figura 3. Delimitación hidrográfica y caracterización morfométrica de la cuenca.

Figura 4. Ejemplo de Perfil Longitudinal del río quebrada Talahuachana.

Figura 5. Demarcaciones hidrográficas del Ecuador y ríos principales.

Figura 6. Efectos nocivos -ostensibles comunes- en la salud por exposición al As en adultos y niños.

Figura 7. Pirámide de Kelsen aplicable en el Ecuador.

Figura 8. Área de estudio y localización de las zonas de muestreo de As.

Figura 9. Esquema metodológico para la identificación y caracterización morfométrica de la microcuenca.

Gráfico 1. Comportamiento de la Temperatura en la parroquia Toacaso, periodo 2010-2019.

Gráfico 2. Comportamiento de la Precipitación de Toacaso Periodo 2010-2019.

Gráfico 3. Regresión lineal de la precipitación y la concentración de As Total en la quebrada Talahuachana.

Gráfico 4. Gráfico de barras combinado de la Precipitación y la concentración de As Total en la quebrada Talahuachana.

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto:

“Distribución espacio-temporal de As en la microcuenca del río Blanco, provincia de Cotopaxi, periodo 2022”

Lugar de ejecución:

Quebrada Talahuachana; 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:

- Jiménez Castelo Jhordan Michael
- Vega Herrera Felipe Sebastián

LECTOR 1: Lema Pillalaza Jaime René

LECTOR 2: Ruiz Depablos Joseline Luisa

LECTOR 3: Rivera Moreno Marco Antonio

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. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

La contaminación de los recursos hídricos, suelo y aire por metales pesados y metaloides, es actualmente uno de los mayores problemas ambientales que amenazan la seguridad alimentaria y la salud pública a nivel mundial y regional (Reyes et al., 2016). Así, a causa de su fácil incorporación en la cadena trófica, e incluye al favorecimiento en su distribución de amplia concentración geográfica a causa ineludible del sistema fluvial «espacio consolidado y continuo» prepondera el potencial de afectar adversamente no únicamente la salud humana de las presentes y las futuras generaciones susceptibles de apropiación inmoral e irresponsable del entorno biofísico-natural sino, también resulta ser una gran amenaza para la diversidad biológica del planeta con respecto a todos los niveles de organización ecosistémico.

Las cuencas hidrográficas son las primeras en ser afectadas por la distribución y contaminación del As que propenden a predominar en sus corrientes fluviales y su acción inmediata sobre la salud en su más amplia y diversa aserción estructural biológica (integridad ecológica) y aspectos del ambiente físico-químico local, como resultado de la interacción impropia de los procesos naturales y antropogénicos (Σ de problemas ambientales). Por consiguiente, la justificación de este proyecto es el gran problema que supone la presencia de As en los recursos hídricos superficiales del sistema hidrográfico Nacional, debido a la alta toxicidad que representan en los sistemas socio-ecológicos.

Su disposición mayor y más común es en ambientes naturales debido a rocas volcánicas, depósitos minerales hidrotermales y las aguas geotermales, que asociadas hacen que la contaminación del agua por este metal sea un problema para la población y el ambiente (International Agency for Research, 2002), en especial la presencia de fuentes antropogénicas como principal efecto de estas actividades deriva en un incremento significativo de la concentración de especies arsenicales en los cuerpos de agua dulce, promana a elevar los efectos potencialmente nocivos sobre los diferentes sistemas ecológicos y el medio físico ambiental, los cuales son el soporte vital limitado del ser humano que en

«correspondencia mutua» con la realidad social en contexto de la irracionalidad política, acarrea serios problemas ambientales generacionales.

La calidad de agua de los ríos se ha visto seriamente impactada por las actividades humanas, siendo estas actividades constituyentes en la afectación de Servicios Ambientales Hidrológicos cuya funcionalidad es la de proveer la conservación de los ecosistemas con ella una variedad de beneficios que en complementariedad ejemplifica la importancia que tiene el recurso hídrico sobre la condición alterable a la continuidad existencial del ser humano.

La idea relativa a la dimensión del problema ambiental selecta implica una estrecha influencia nociva e impacto específico sobre la dinámica hídrica local que comprende un escenario socio-económico y cultural, por lo general directamente sobre los ecosistemas y, a su vez, al sentido del ciclo de desarrollo-vital humano. La naturaleza específica humana figura a la posibilidad de disponer la capacidad de causar alteración hídrica impropia de la calidad natural, disponibilidad y en su sistema de distribución, cuya presencia inconmensurable y recurrente de contaminantes (agentes) químicos en el componente ambiental físico, o las posibles consecuencias de la misma, han pasado en gran medida inadvertidas tanto para los gobiernos seccionales locales y la administración central como para los conservacionistas e inclusive en términos exponenciales, el desconocimiento de la dinámica natural de los sistemas fluviales, de los cauces y de las riberas, ha acarreado en las últimas décadas graves consecuencias ambientales (Ollero & Romeo, 2007).

La población humana al verse inmersa a coexistir a la incongruente e inadmisibles problemáticas ambientales globales, el As fue clasificado por la International Agency for Research on Cancer (IARC) organismo de la Organización Mundial de la Salud (OMS), como un agente carcinogénico potencial para el organismo humano debido a su alta toxicidad, que interfiere con el uso deseable del agua. Por ello la OMS establece como máxima concentración de As en agua (LMP) para uso y consumo humano un valor de 0.010 mg/L. Según un estudio en la Laguna de Papallacta las aguas geotérmicas de las provincias del Carchi, Imbabura,

Pichincha, Cotopaxi y Tungurahua mostraron niveles de 0.113 a 0.844 mg As/L, sobrepasando los límites máximos permisibles 0.01mg/L, estipulados por el Instituto Ecuatoriano de Normalización (Bundschuh et al., 2009).

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

La problemática asociada a la presencia de As en fuentes hídricas de páramo se deriva del hecho de que es un elemento químico altamente tóxico para el organismo humano y, por lo tanto, un agente cancerígeno (o carcinógeno). Los efectos sobre la salud son diversos y van desde lesiones en la piel hasta síntomas clínicos graves en el tracto gastrointestinal, la circulación periférica y el sistema nervioso. En diversos estudios epidemiológicos se ha encontrado que es un agente cancerígeno por vía de ingestión e inhalación, pues causa cáncer de piel, pulmón, hígado, vejiga, riñones y colon (M. T. A. Herrera et al., 2001).

3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

Beneficiarios Directos

El presente proyecto beneficiará a toda la población de la provincia de Cotopaxi, especialmente los cantones de Latacunga y Saquisilí que se ven directamente influenciados a la problemática ambiental, donde la información presentada contribuirá a una mejor comprensión del cambio climático y sus repercusiones socio-ambientales.

Beneficiarios Indirectos

El proyecto será de beneficio para toda la comunidad universitaria (CEASA), que integra la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales (F – CAREN), personal administrativo, docentes y estudiantes.

Tabla 1.

Beneficiarios del Proyecto.

BENEFICIARIOS DIRECTOS			
POBLACIÓN DEL CANTÓN LATACUNGA		POBLACIÓN DEL CANTÓN SAQUISILÍ	
Hombre:	82.301 hab.	Hombre:	11.957 hab.
Mujeres:	88.188 hab.	Mujeres:	13.363 hab.
Total:	170.489 hab.	Total:	25.320 hab.
BENEFICIARIOS INDIRECTOS			
ESTUDIANTES DE LA CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL			
	Hombre:		201
	Mujeres:		321
	Total:		522

Fuente: INEC - Censo de Población y Vivienda 2010; (Universidad Técnica de Cotopaxi, 2020).

4. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

El As al ser un metaloide natural muy común y generalmente abundante en la corteza terrestre se encuentra consecuentemente presente en la extensa red fluvial superficial, que confluyen para posibilitar la interacción biológica (o social), es decir, contempla la susceptibilidad del recurso a ser utilizadas para consumo humano y fines agropecuarios (actividades económicas), lo que representa un alto riesgo para la salud humana. En Ecuador, el As natural está presente principalmente en aguas, suelos y sedimentos de origen volcánico ya que nuestro país se encuentra ubicado dentro del “Cinturón de fuego del Pacífico”, por lo que provincias como Carchi, Pichincha, Cotopaxi, Imbabura y Tungurahua presentan niveles elevados de As en sus afluentes de agua tanto geotermales como de aguas superficiales de varios ríos que se localizan en estas zonas (Castelo Granizo, 2015).

La principal ruta de dispersión y contaminación del As en el ambiente por vía natural o antropogénica es el agua pluvial y su problemática se debe a su fácil movilización, su persistencia en el ambiente (carácter no biodegradable), su capacidad de bioacumulación y su alta ecotoxicidad. Este elemento químico contenido en las rocas se libera en concentraciones variables-significativas en el ambiente por procesos geológicos externos. Una vez que han entrado en los ecosistemas acuáticos, se transforman a través de procesos biogeoquímicos y se distribuyen entre varias especies con distintas características físico-químicas (Vicente Martorell, 2010).

El As se halla en las aguas naturales como especie inorgánica disuelta, generalmente en dos estados de oxidación, As trivalente As (III) y As pentavalente As (V), siendo As (III) el estado más lábil y biotóxico. Así, las formas químicas del As en el agua, —y, por tanto, su movilidad y toxicidad— están controladas fundamentalmente por las condiciones redox y el pH. Incluso sin considerar otros factores como el contenido de materia orgánica, las especies de As (V) predominan en las aguas superficiales y se encuentran más oxigenadas que

las aguas subterráneas (Lillo, 2020). Las especies arsenicales varían en su grado de toxicidad, siendo los compuestos inorgánicos más tóxicos que los orgánicos, y los compuestos trivalentes más tóxicos que los pentavalentes (Medina-Pizzali et al., 2018).

Este mineral está asociado no sólo a actividades extractivas, sino también a condiciones geológicas e hidrogeológicas (Durán, 2016). Los valores de fondo de contenido de As en ríos son relativamente bajos, en general, inferiores a 0,8 µg/L aunque pueden variar dependiendo de factores como recarga (superficial y subterránea), litología de la cuenca, drenaje de zonas mineralizadas, clima, actividad minera y disposición de residuos urbanos y/o industriales (Herrera et al., 2013).

Es imprescindible vincular la predisposición del ciclo hidrológico, la calidad de vida y/o base física-medioambiental del equilibrio socio-ecológico en correlación al principio fundamental del 'Buen Vivir' o Sumak Kawsay —la conservación del medio ambiente natural— al desarrollo socio-económico, desde la perspectiva de análisis de la realidad social humana, la antropización, al estar infaliblemente relacionada a la acción impasible, intransigente e indolente en calidad de custodio ambiental (políticas y estrategias de responsabilidad social) en cuanto al complejo de abstracción egocéntrica e inmoralidad ambiental, procede a coacer la no-maleficencia bioética, factor causal de la contaminación hídrica sobre la capacidad propia de las cuencas hidrográficas para almacenar en el sistema y producir agua dulce en calidad y cantidad. El desarrollo sustentable (insostenible) es un crecimiento económico que no atiende el deterioro ambiental y social que ocasiona (L. Fernández & Gutiérrez, 2013). Por consiguiente, adjudica un importante impacto ambiental global en generación de la multiplicidad y la exposición de As a escala intensificada y acumulativa de las actividades humanas como una situación de mayor riesgo medioambiental y social.

La exposición de las personas al As tiene una significativa afectación a la salud a través de la inhalación, absorción dérmica, en especial la ingesta de alimentos y connaturalmente el agua destinada a consumo humano. El consumo directo e

indirecto de aguas con alto nivel de As durante un tiempo prolongado expone a sufrir Hidroarsenicismo Crónico Regional Endémico (HACRE) como consecuencia de procesos/actividades intrínsecamente relacionadas de origen natural y antropogénico, siendo el As considerado como una sustancia a la que debe darse alta prioridad en el análisis sistemático de fuentes de agua de consumo.

5. OBJETIVOS

5.1 OBJETIVO GENERAL

- Determinar la distribución espacio-temporal de As en la microcuenca del río Blanco, provincia de Cotopaxi, periodo 2022.

5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar el área de investigación mediante un análisis descriptivo de los principales parámetros físicos de la morfometría de cuencas a nivel de microcuenca y aspectos biofísicos significativos.
- Establecer la dispersión espacial de la concentración de As total en la microcuenca hidrográfica del río Blanco para la época seca y lluviosa
- Evaluar la Dosis Diaria Promedio Vitalicia (DDPV), el Coeficiente de Peligro (CP) y el Cálculo de Riesgo de Cáncer (CRC) causados por la exposición al As en la microcuenca del río Blanco.

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

Tabla 2.

Objetivos y Actividades

Objetivos	Actividades	Metodología	Resultado
O.1. Caracterizar el área de	- Delimitación del espacio físico de estudio (medida	- Mediante la utilización del software libre Quantum GIS (o QGIS) 3.24 'Buenos Aires', incita la incorporación de un	- Obtención de las principales características

<p>investigación mediante un análisis descriptivo de los principales parámetros físicos de la morfometría de cuencas a nivel de microcuenca y aspectos biofísicos significativos.</p>	<p>perimetral).</p> <ul style="list-style-type: none"> - Procesamiento de la información obtenida del área de investigación (parámetros morfométricos y características biofísicas), para prever el comportamiento de la microcuenca hidrográfica en relación a la problemática del estudio. 	<p>modelo de elevación digital (DEM - satélite ALOS PALSAR), procedente del sitio web Alaska Satellite Facility (ASF) y mediante la utilización de las herramientas <i>r.water.outlet</i> y <i>r.watershed</i> en base a la desembocadura se obtuvo la delimitación automática de la cuenca hidrográfica.</p> <ul style="list-style-type: none"> - La caracterización morfométrica a nivel de microcuenca se obtuvo de forma semiautomática mediante la herramienta “calculadora de campos/geometría”. 	<p>morfométricas y biofísicas del área de Investigación, es decir, el comportamiento de la microcuenca hidrográfica en relación al problema de investigación.</p>
<p>O.2. Establecer la dispersión espacial de la concentración de As total en la</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Visitas de campo (in-situ) para la observación del fenómeno a estudiar, deriva la toma de coordenadas GPS y/o mapeados con vistas a su reconocimiento de las zonas estratégicas de muestreo, faceta sustancial a considerar previa al análisis. - Procesamiento y consolidación de los resultados analíticos obtenidos en el caudal de cada 	<ul style="list-style-type: none"> - Mediante la herramienta de geoprocésamiento con QGIS y la herramienta excel a través de tablas y combinación de gráficos, permite representar e interpretar correctamente los datos obtenidos en campo respecto a la toma de muestras de agua superficial en puntos claves de información situacional referida a la calidad del agua de la quebrada Talahuachana que desemboca al cauce principal – río Blanco – 	<ul style="list-style-type: none"> - Establecimiento de la calidad de las aguas superficiales andinas en estudio, al enfatizar los factores relacionantes a la presencia ubicua (origen) y niveles de concentración del As, objeto de comparaciones con los LMP según las normas vigentes establecidas para consumo humano y uso agrícola. - Se obtuvieron muestras (resultados) de siete puntos estratégicos

<p>microcuenca hidrográfica del río Blanco para la época seca y lluviosa.</p>	<p>punto, e interpretación-comparación con la normativa legal vigente Nacional en base al criterio de utilidad.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Elaboración de tablas de frecuencias agrupadas en intervalos, sobre la concentración de As total obtenido. - Obtención de datos meteorológicos de CRUTEM4 mediante Google Earth de la zona de estudio para el periodo de 2010 -2019 de la precipitación y temperatura. 	<ul style="list-style-type: none"> - Se utilizó el método de Distribución de frecuencia de datos agrupados para denominar por categorías las concentraciones o niveles de As. - Análisis comparativa de la Normativa Legal Vigente en relación a los LMP, según el LIBRO VI Anexo 1 del TULSMA (agua de consumo humano y de uso agrícola o de riego) y NTE INEN 1108:2020 (agua para consumo humano). 	<p>que corresponden a épocas: seca y lluviosa, para la determinación de posibles diferencias en los niveles de cuantificación espacio-temporal de la concentración total del As en estudio, por tanto, el proceso de representación de mapas (base QGIS) y gráficos sobre la dispersión geoespacial y temporal referente a los niveles de concentración del As, mediante la utilización del método de regresión lineal de Poisson.</p>
<p>0.3. Evaluar la Dosis Diaria Promedio Vitalicia (DDPV), el Coeficiente de Peligro (CP) y el Cálculo de Riesgo de Cáncer (CRC) causados por la exposición al As en la microcuenca del río Blanco.</p>	<p>Evaluación del tipo de toxicidad (riesgo toxicológico) o magnitud de los peligros existentes o potenciales para la salud humana, mediante la comparación de valores numéricos (<i>concentraciones del As y de referencia internacional</i>) respecto a las ecuaciones que en conjunción determina el comportamiento de las concentraciones ambientales del As en el organismo</p>	<ul style="list-style-type: none"> - La metodología de identificación, evaluación y valoración del riesgo de exposición al As «dosis suministrada – vía oral», confiere en la utilización de los resultados de muestreo de agua (<i>concentraciones promedio</i>), para el cálculo de la Dosis Diaria Vitalicia Promedio (DDVP), Coeficiente de Peligro (CP), y posterior la valoración del riesgo a desarrollar cáncer, a través, del Cálculo de Riesgo de Cáncer (CRC). 	<ul style="list-style-type: none"> - Determinación de áreas de alta influencia en los niveles significativos de concentración de As en el momento de la exposición ambiental por agua contaminada, derivando en riesgos potenciales que tendrían distintos tipos de sistemas socio-ecológicos al pasar de 'severa' a muy severa toxicidad, por lo general, representan mayor riesgo para la salud humana.

humano.

Elaborado por: Jiménez Jhordan & Vega Felipe.

7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA

7.1 Conceptos Básicos

7.1.1 *Espacio geográfico*

Al tratar las descripciones territoriales en términos de perspectivas sociales (etnoecológicas) y espaciales (TEP) permite integrar diferentes visiones de un mismo lugar para comprender el espacio geográfico como una combinación de factores físicos, biológicos y sociales, donde el conocimiento y comportamiento humano son esenciales a la hora de entender y explicar las dinámicas y procesos que se generan en dicho espacio, esto conlleva a definir el geosistema como un «espacio-tiempo antropizado» (Pinilla, 2004; Galochet, 2009).

La disposición de determinados hechos en un espacio geográfico, independientemente de que sea natural (estructura geológica, red hidrográfica, tipo de suelo, composición de la vegetación, etc.) o artificial (localización de los asentamientos, disposición de redes de comunicación, entre otros), se le atribuye generalmente un sentido estructurante o mayor significación para el conocimiento y utilización del territorio (Naranjo, 1998).

El sistema fluvial dentro del ciclo hidrológico

Los sistemas fluviales cumplen las funciones de recibir, almacenar y devolver agua en ciclos hidrológicos basados en características geográficas topográficas, litológicas y fitogeográficas, dependiendo de cómo estas características se correspondan con el clima (Volonté, 2017).

7.1.2 *Espacio fluvial o territorio de movilidad fluvial*

El espacio fluvial es el territorio perteneciente al escurrimiento natural medio superficial, y para su correcto funcionamiento debe ser protegido tanto para mantener su régimen de corrientes como para "adaptar" sus avenidas periódicas y

extraordinarias a su circulación y formas inusuales, con el fin último de preservar el orden existente y mantener un buen estado ecológico (Hernández V., 2018).

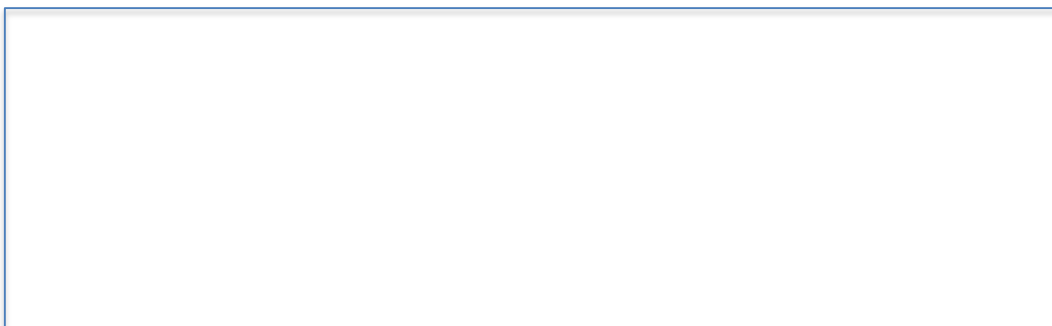
7.1.3 *Dinámica fluvial e Hidrología*

Esta escorrentía o elemento hídrico, tanto en su régimen normal como en condiciones extremas (crecidas y estiajes), es el elemento activo del sistema, la entrada de energía al mismo, el motor de la dinámica fluvial. Sin embargo, el elemento activo está precedido por otros elementos resistivos o filtrantes que condicionan la dinámica fluvial espacial considerada: la geomorfología del valle, su pendiente y nivel de base, las características de los sedimentos arrastrados por la corriente, la presencia o ausencia y caracteres de la vegetación en las riberas y el comportamiento humano sobre el cauce y el espacio ribereño: infraestructuras (presas, puentes...), trabajos de defensa (diques longitudinales para evitar la inundación, defensas de margen para evitar la socavación, encauzamientos, dragados...), usos del suelo en la llanura de inundación, etc. (Ojeda, 2002).



Figura 1.

Modelo conceptual de la Cuenca fluvial como unidad de soporte del ciclo natural del agua.



Nota. La cuenca hidrográfica concebida como un sistema geográfico natural complejamente integral, conformada por las interrelaciones dinámicas en espacio-temporal entre diferentes subsistemas: físico, biológico, social-demográfico y económico. Imagen cortesía de Conservation Ontario. **Fuente:** (Musalem et al., 2014)

7.1.4 Cuenca hidrográficas

Las cuencas hidrográficas son espacios territoriales delimitados por un parteaguas donde se concentran todos los escurrimientos (arroyos y/o ríos) que confluyen y desembocan en un punto común, que puede ser un lago (cuenca endorreica) o el mar (cuenca exorreica). En estos territorios hay una interrelación e interdependencia espacial y temporal entre el medio biofísico (suelo, ecosistemas acuáticos y terrestres, estructura geomorfológica y geológica), los modos de apropiación (tecnología y/o mercados) y las instituciones (organización social, cultura, reglas y/o leyes) (Ávalos, 2020).

7.1.5 Escorrentía superficial

Los ríos son ecosistemas dinámicos, complejos e integradores, con múltiples conexiones con otros ecosistemas: longitudinales (conexión río arriba - río abajo), laterales (conexión con la cuenca hidrográfica y vegetación de la ribera) y verticales (conexión con las aguas subterráneas y la precipitación) (Encalada, 2010).

Curso superior

Se caracteriza por presentar pequeños caudales provenientes del deshielo, manantiales o corrientes de agua natural. Las propiedades físico-químicas de los cuerpos de agua captados por los cauces naturales de los ríos, se encuentran en general en condiciones físico-químicas favorables al no existir fuentes de contaminación ya sean puntuales o difusas (Araque Arellano et al., 2019).

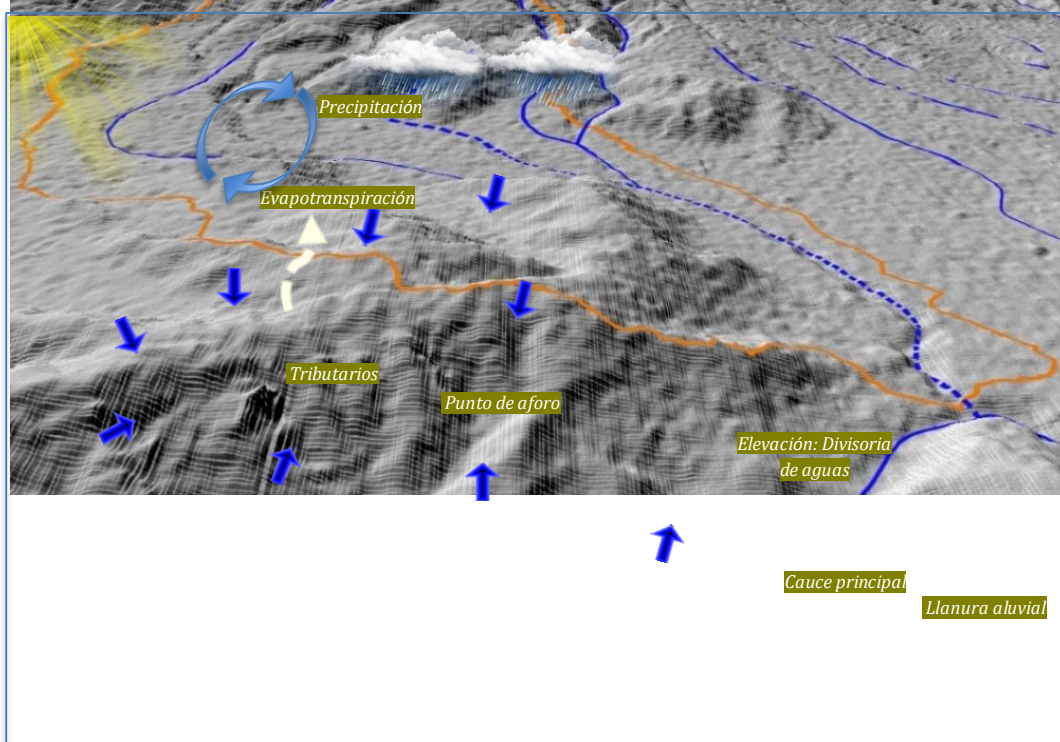
7.1.6 Red o Sistema de Drenaje

Una característica importante de cualquier cuenca que afecta significativamente la escorrentía es la red de drenaje o sistema de drenaje, que consiste en el nivel de

flujo y trayectoria de la escorrentía, y su importancia radica en la eficiencia del drenaje de la cuenca, además la morfología del drenaje de drenaje es un indicador de las condiciones del suelo y de la superficie del sistema (Gamez Morales, 2010).

Figura 2.

Partes constitutivas de una cuenca (Área de investigación)



Fuente: Hecho con programa geográfico Quantum Gis.

El impacto de los afluentes a la corriente principal aumenta dramáticamente durante la temporada de lluvias, aumentando las corrientes oceánicas y reduciendo la calidad del agua superficial al transportar contaminantes desde las zonas rurales y urbanas (Mancilla-Villa et al., 2022).

7.2 Parámetros geomorfológicos de una cuenca hidrográfica

La caracterización físico-natural distintiva de una cuenca hidrográfica es considerada una de las primeras etapas, previas a un proyecto de estudio hidrológico superficial con enfatización ambiental de la población destinataria.

Como parte inicial del proceso de investigación, se realizó un estudio morfométrico recomendado por Sellers et al. (2016), ponderada a los parámetros morfométricos de mayor significancia para el análisis hídrico que resultan orientadores y fundamentales para la elaboración estratégica de interés del objeto de estudio. Estos parámetros físicos son:

7.2.1 Parámetros Geo-morfométricos básicos de partida

7.2.1.1 Área (A)

La cuenca hidrográfica es un área intrínseco de captación de aguas o la superficie de red natural de drenaje tipificado, supeditado a un sistema de escorrentía superficial producto de una precipitación intensa generalizada muy variable e irregular, retribuye al espacio geográfico natural (generalmente, un área específica de estudio en conocimiento amplio concebido de la realidad socio-ambiental e histórica) delimitado por la longitud del parteaguas-línea poligonal o curva perimetral (P), cuyo sistema integral de regiones hidrográficas o sistema de drenaje dendrítico común e interdependiente, confluyen conexamente a los subsiguientes sistemas fluviales hasta un régimen final de desembocadura.

La relación del Área de una cuenca con la Longitud de la misma es proporcional y está inversamente relacionada a aspectos como la densidad de drenaje (Garay & Agüero, 2018).

7.2.1.2 Perímetro (P)

El perímetro y su forma están íntimamente relacionados con la litología y edad de la cuenca de drenaje (Porqueras, 1985). Para esta microcuenca con la ayuda de un SIG, se midió un perímetro igual a 34,84 Km, siguiendo la línea divisoria de aguas, que en correspondencia o conexión a múltiples parámetros físicos nos permite inferir sobre la forma y/o comportamiento del sistema (ver figura nº3).

7.2.1.3 Longitud de la cuenca (L_b)

La longitud L de la cuenca (ver figura nº3) viene definida por la longitud de su cauce principal, siendo la distancia equivalente que recorre el río entre el punto de

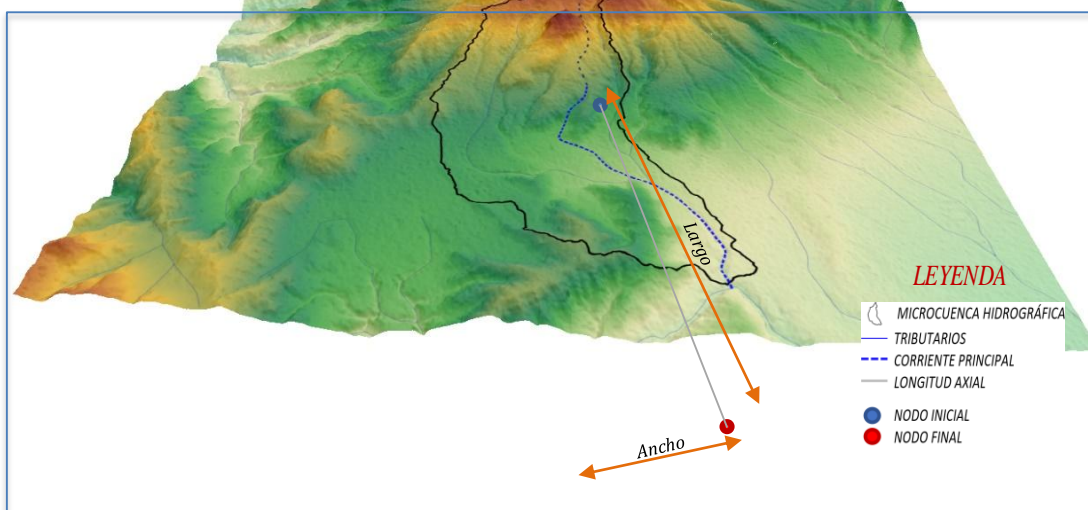
desagüe aguas abajo y el punto situado a mayor distancia topográfica aguas arriba (Ibañez Asensio et al., 2011).

7.2.1.4 Ancho de la cuenca (W_x)

La amplitud de la cuenca de drenaje, que en inglés se denomina *Width of watershed* y que viene simbolizada por la letra W, nos informa de la superficie de la cuenca por unidad de longitud de la misma (Porqueras, 1985).

Figura 3.

Delimitación hidrográfica y caracterización morfométrica de la cuenca.



Nota: En el gráfico se puede observar la forma de la microcuenca del río Blanco.

Fuente: Elaboración propia.

7.2.2 Parámetros de forma

7.2.2.1 Índice de Gravelius (Kc)

Este factor, también conocido como Coeficiente de Compacidad, relaciona el perímetro de la cuenca a un perímetro de cuenca circular teórico de igual área. Por lo tanto, estima la relación entre el ancho promedio del área de captación y la longitud de la cuenca (longitud desde la desembocadura hasta el punto más distante de ésta) (Ibañez Asensio et al., 2011).

$$Kc = 0,282 \frac{P}{\sqrt{A}} \quad (1)$$

Donde: P es el perímetro de la cuenca en km y A es el área de drenaje en km²

Cuanto mayor sea la irregularidad de la cuenca mayor será su coeficiente de compacidad (Kc), esta expresión es siempre mayor que la unidad, a partir de esta particularidad define la forma (factor influyente en la respuesta hidrológica sobre las características de relieve-localización geográfica) de una cuenca tomando como criterio los rangos que se muestran a continuación.

Tabla 3.

Índice de Gravelius para la evaluación de la forma.

Kc	Clasificación
1,00 - 1,25	<i>Casi redonda a oval - redonda</i>
1,26 - 1,50	<i>Oval redonda a oval - oblonga</i>
1,51 - 1,75	<i>Oval oblonga a rectangular oblonga</i>
> 1,75	<i>Rectangular</i>

Fuente: Gaspari et al. (2012).

7.2.2.2 Factor de forma (Kf) – Horton

El factor de forma de Horton describe la relación existente entre la superficie de captación de la cuenca (A) y la longitud máxima o longitud axial de la misma (Lb) al cuadrado (Rivas et al., 2015).

$$W_{\bar{x}} = \frac{A}{L_b} \xrightarrow{Ff} \frac{W}{L_b} \xrightarrow{\dots\dots\dots} Kf = \frac{A}{L_b^2} \quad (2)$$

Donde: W_{x̄} es el ancho promedio de la cuenca.

Donde: A es el área de drenaje en km² y L_b es la longitud de máximo recorrido (L_a) en km.

La longitud axial se mide siguiendo el desarrollo longitudinal del cauce principal, hasta llegar a la divisoria de la cuenca en dirección hacia el punto más alejado (ver figura n°3) (Arango, 2001).

La clasificación de cuencas de acuerdo con este parámetro según (FAO, 1985):

$F > 1$: Cuenca achatada --- \rightarrow tendencia a ocurrencia de avenidas.

$F < 1$: Cuenca alargada --- \rightarrow baja susceptibilidad a las avenidas.

Por otra parte, en la siguiente tabla se muestra de manera breve la forma que puede adoptar una cuenca de análisis, según rangos ya preestablecidos del Factor de Forma (K_f).

Tabla 4.

Valores interpretativos del Factor de forma - Horton.

Kf	Forma de la Cuenca
< 0.22	Muy alargada
0.23 - 0.30	Alargada
0.31 - 0.37	Ligeramente alargada
0.38 - 0.45	Ni alargada ni ensanchada
0.46 - 0.60	Ligeramente ensanchada
0.61 - 0.80	Ensanchada
0.81 - 1.20	Muy ensanchada
> 1.20	Rodeando el desagüe

Fuente: (Horton, 1932)

Este factor refleja la tendencia de la cuenca a crecidas: cuando el factor forma (R_f) es cercano a 1, se representa como una cuenca de forma redondeada (ver tabla n°4); la cuenca con R_f bajo, se caracteriza por ser una cuenca alargada, con un colector de mayor longitud que la totalidad de los tributarios, sujeta a la ocurrencia de flujos crecientes de menor magnitud; o una cuenca de forma triangular, con dos vértices en las cabeceras, afluentes de similar longitud y afluentes sincronizados en la llegada, producirá inundaciones más severas (Sellers et al., 2017).

7.2.3 Parámetros de relieve

7.2.3.1 Pendiente media de la cuenca ($S_{\bar{x}b}$)

La pendiente es la variación de la inclinación de una cuenca, su determinación es muy importante para definir el comportamiento del sistema en respuesta al movimiento de las capas de suelo (erosión o sedimentación). Esto se debe a que las zonas con pendientes elevadas tienden a tener mayor problema recurrente de

erosión; mientras que, en las zonas planas predominan los problemas de drenaje y sedimentación (Sánchez Angulo, 2014).

La clasificación de los diferentes tipos de relieve presentes en una cuenca hidrográfica se llega a determinar con la pendiente media (S_{mb}) [%], esta clasificación se describe en la siguiente tabla.

Tabla 5.

Clasificación de las Cuencas Hidrográficas de acuerdo con la Pendiente Media.

S_{mb} %	TIPO DE RELIEVE	SÍMBOLO
0 – 3	<i>Plano</i>	P1
3 – 7	<i>Suave</i>	P2
7 – 12	<i>Medianamente accidentado</i>	P3
12 – 20	<i>Accidentado</i>	P4
20 – 35	<i>Fuertemente accidentado</i>	P5
35 – 50	<i>Muy fuertemente accidentado</i>	P6
50 – 75	<i>Escarpado</i>	P7
> 75	<i>Muy escarpado</i>	P8

Fuente: (Sánchez Angulo, 2014)

Altitud (relieve)

Es uno de los parámetros más determinantes del abastecimiento y movimiento del agua en toda la cuenca. La cobertura vegetal, los biomas, el clima, el tipo y uso del suelo y otras características geomorfológicas del territorio son altamente dependientes del factor altitudinal (Tingo Cali, 2016).

7.2.3.2 Altura de elevación máxima (H_M) de la cuenca

Es la mayor altitud a la cual se encuentra la línea divisoria de aguas o límite de la cuenca (m.s.n.m.).

7.2.3.3 Altura de elevación mínima (H_m) de la cuenca

Es la cota sobre la cual la cuenca aprovisiona sus aguas pluviales a un cauce principal, desde su nacimiento hasta su desembocadura (m.s.n.m.).

7.2.3.4 *Altura media ($H_{\bar{x}}$)*

Promedio entre la cota máxima y mínima, es decir, la altitud promedio de la superficie de la cuenca. Obtenida a partir de la media ponderada de las superficies planimetradas entre curvas de nivel consecutivas y dividiendo ésta por la superficie total (Díaz & Bermúdez, 1987).

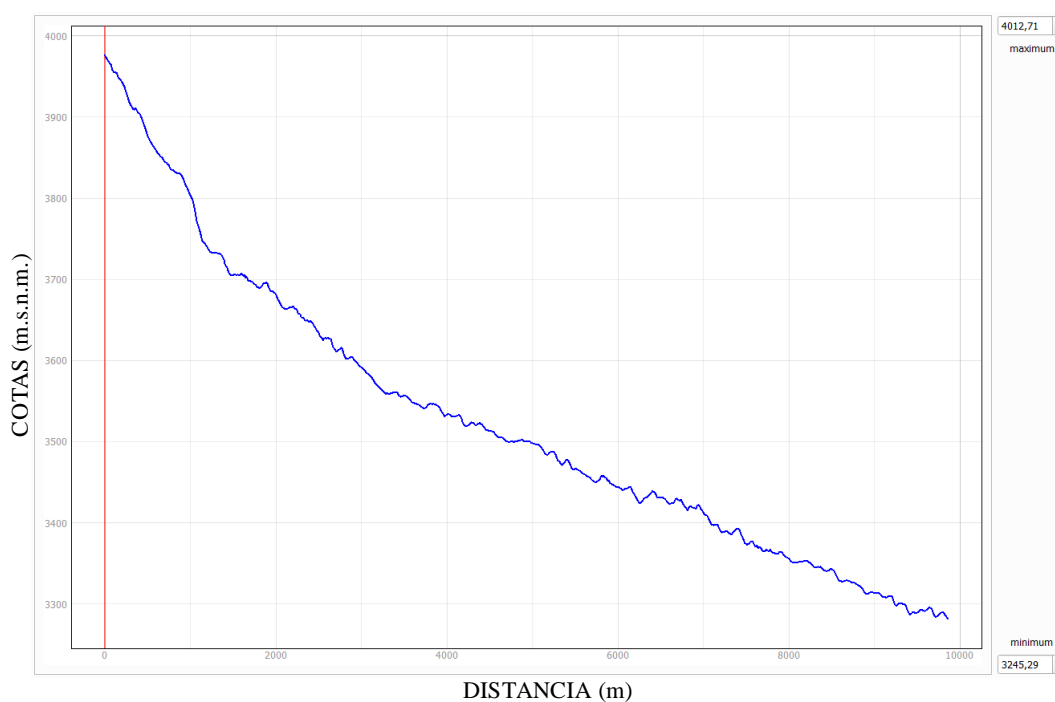
En cuanto a las características físicas, químicas y biológicas de las aguas, estas también varían en función de la altura media de la cuenca, debido, principalmente, a la relación que existe entre la temperatura del agua y la altura, y a la importante interdependencia que hay entre la temperatura, y las principales características físico-químicas y biológicas del agua (Arango, 2001).

7.2.3.5 *Perfil longitudinal del cauce*

El perfil longitudinal de un río es la línea obtenida al representar las diferentes alturas desde su nacimiento a su desembocadura (ver figura nº4). El análisis de las secciones transversales de los ríos a través de la topografía del cauce, derivada de modelos digitales de elevación, es particularmente útil para obtener indicadores geomorfológicos (Capó & Garcia, 2014).

Figura 4.

Ejemplo de Perfil Longitudinal del río quebrada Talahuachana.



Fuente: Elaboración propia a través del Sistema de Información Geográfica – QGIS.

7.2.4 Características de la red de drenaje

7.2.4.1 Longitud del cauce principal (L_n) / (L_v)

Existen dos posibilidades específicas para medir la longitud del curso principal. La primera y más utilizada es la medida de dicho cauce en toda su longitud, y se simboliza por L_n (*length of main channel*), incluyendo así toda su curvatura. La otra posibilidad es la medida de la longitud del eje del curso principal, entendiéndose por eje la línea que pasa por el centro de la planicie de inundación y que se denota por L_v (*down valley distance*) (Porqueras, 1985).

7.2.4.2 Longitud total de la red hídrica

Definida por la sumatoria de las longitudes de todos los cursos de agua (red fluvial) que conforma una cuenca hidrográfica, drenan regularmente a un cauce común siendo finalmente vertidas o depositadas en la longitud de la corriente principal, expresada en km.

7.2.4.3 *Densidad de la red de drenaje (D_d)*

Este índice proporciona una mejor comprensión de la complejidad y evolución de los sistemas de drenaje en las cuencas hidrográficas. En general, las densidades de descarga más altas indican redes fluviales más estructuradas o más propensas a ser erosionadas (Ibañez Asensio et al., 2011).

$$D_d = \frac{Lt_c}{A} \quad (4)$$

Donde: Lt_c es la longitud total de los cursos de agua en km y A es el área de drenaje en km^2 .

7.3 *Utilización de los SIG en estudios hidrológicos*

Genéricamente, los estudios medioambientales pueden ser definidos como “aquellos estudios encaminados al conocimiento de las características, generales o específicas, dependiendo del caso y el objetivo concreto de los mismos, de un territorio determinado, con el fin de evaluar en base a ello sus aptitudes, su vulnerabilidad y su capacidad de reacción frente a las diversas actividades antrópicas” (Piñeiro, 2018).

7.4 *La cuenca hidrográfica como sistema de cohesión ambiental, social y productiva*

En la cuenca existen claras dependencias e influencias entre los subsistemas y flujos de materia y energía, donde cada uno cumple una función determinada necesaria para el equilibrio (Sanz Scovino, 2015).

Las cuencas hidrológicas sustentan la vida y el bienestar de las comunidades asentadas en el territorio. Sin embargo, la interacción entre factores como la pobreza, el crecimiento acelerado de la población, los patrones de desarrollo, las ambiciones económicas, la falta o insuficiencia de políticas y regulaciones, los intereses sectoriales, la falta de conocimiento, el empoderamiento y la capacidad de gestión exponen a los países a problemas y desafíos de la degradación acelerada de los recursos naturales y pérdidas ecológicas o impactos en los servicios ecosistémicos del sistema (Jiménez-Otárola & Benegas-Negri, 2019).

Por lo tanto, la protección de los recursos naturales de una cuenca es esencial para mantener la salud y el bienestar generacional de todos los seres vivos.

7.5 Funciones de las cuencas hidrográficas

Las funciones que una unidad hidrográfica posee son las siguientes (Araque Arellano et al., 2019):

Función ambiental

Las funciones ambientales de una cuenca hidrográfica se pueden identificar por las siguientes acciones:

- › Constituyen sumideros de CO₂.
- › Alberga bancos de germoplasma.
- › Regula la recarga hídrica.
- › Conserva la biodiversidad.
- › Mantiene la diversidad de los suelos.

Función ecológica

Las funciones ecológicas de una cuenca hidrográfica se pueden identificar por las siguientes acciones:

- › Provee hábitat para la fauna.
- › Provee hábitat para la flora.
- › Tiene influencia sobre la calidad física y química del agua.

Función hidrológica

Las funciones hidrológicas de una cuenca hidrográfica se pueden identificar por las siguientes acciones:

- › Drena el agua de la precipitación.

- › Recarga las fuentes de agua subterránea.
- › Recarga las fuentes de agua superficial.

Función socioeconómica

Las funciones económicas de una cuenca hidrográfica se pueden identificar por las siguientes acciones:

- › Suministra recursos naturales renovables.
- › Suministra recursos naturales no renovables.
- › Provee espacio para el desarrollo social.
- › Provee espacio para el desarrollo cultural.

7.6 Cuenca como unidad de planificación y evaluación del impacto

Una cuenca como unidad geográfica conforma un entorno biofísico y socioeconómico ideal para caracterizar, diagnosticar, planificar y evaluar el impacto global del uso de los recursos, las prácticas ambientales, así como las unidades productivas, las instituciones, las organizaciones, los marcos normativos, etc., permitiendo implementar la gestión de los recursos, en función tendencial de la cuenca y la dinámica de los sistemas productivos en su entorno ecológico y socioeconómico. La integración de todas las unidades de intervención bien gestionadas permitirá una gestión integrada de la cuenca (Jiménez Otárola, 2005).

7.7 Recursos hídricos como fuente de suministro - Zona Páramo

El agua, al mismo tiempo que constituye ser el recurso natural más abundante e importante en la superficie del planeta Tierra, y su presencia en la hidrosfera está en constante circulación y transformación gracias al llamado "ciclo hidrológico". La calidad limitada de los recursos hídricos y el importante crecimiento demográfico local están ejerciendo una fuerte presión sobre las zonas altas de los páramos de donde se originan las fuentes de agua primarias, lo que ha resultado la sobreexplotación de los recursos y la degradación de la cubierta vegetal natural en las áreas de recarga (Jácome & Moretta, 2018).

Los páramos son grandes reguladores hídricos; Su vegetación y suelo acumulan grandes cantidades de agua provenientes de las precipitaciones verticales y horizontales. Esto permite que el agua acumulada en verano se incorpore paulatinamente a los caudales de los sistemas de drenaje, que allí se forman como consecuencia de las escorrentías (Moreno Álvarez & Ortiz Encalada, 2015).

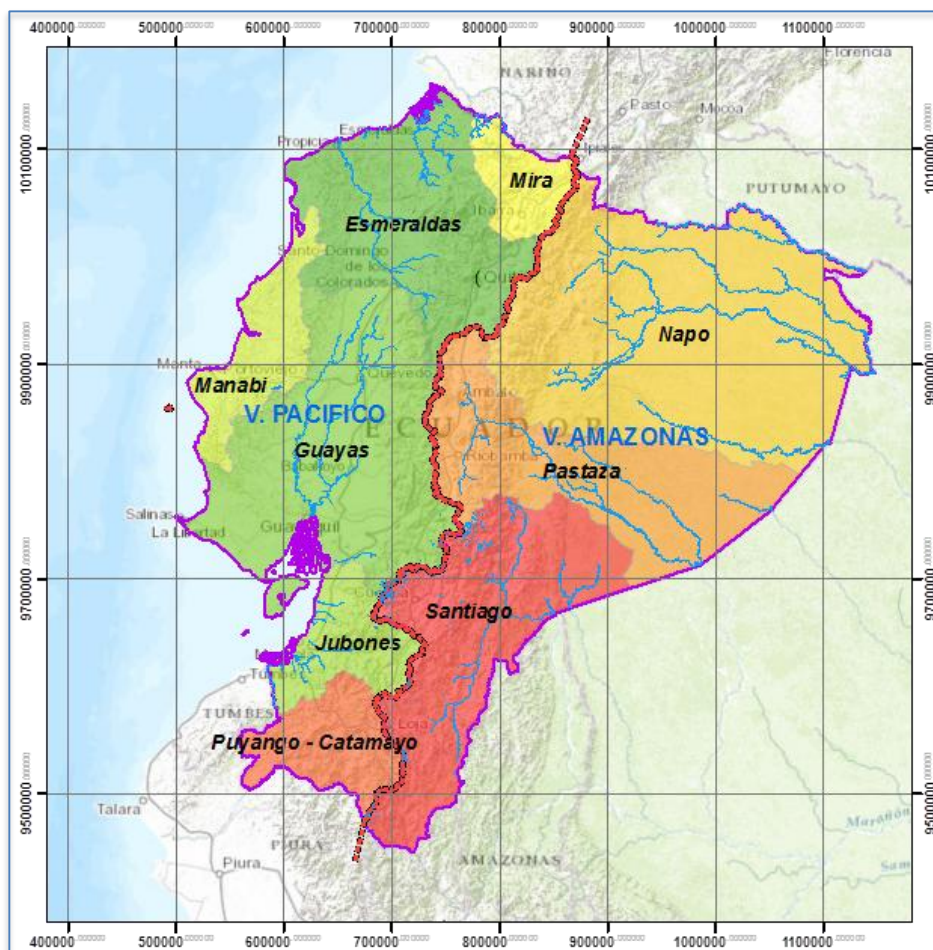
La amplia variedad de climas encontrados en la región genera una gran variedad espacial de regímenes hídricos. Como resultado, la región muestra una distribución muy desigual de la precipitación, de recursos hídricos y de sus condiciones de uso. Estas características climáticas de la región también generan fuertes diferencias interestacionales e interanuales en su hidrología (Arroyo et al., 2015).

El sistema hidrográfico del Ecuador, presenta una importante red hidrográfica en lo que respecta una amplia gama de cuencas hidrográficas, que en su mayoría son originadas a partir de una inmensa cadena montañosa conocida como la cordillera de los Andes y otros sistemas montañosos, muchos de sus afluentes presentan fuertes impactos antrópicos. Los ríos de Ecuador se pueden dividir en ríos que desembocan en el Océano Pacífico (*oeste de los Andes*) y ríos que desembocan en el Amazonas (*este de los Andes*). Alrededor del 88% de la población del país se asienta en el área de la cuenca del Pacífico, pero tiene solo el 11.5% del potencial hídrico. Esta disparidad genera regiones con estrés hídrico, especialmente en la estación seca, aunque parece que el país en general tiene suficientes recursos hídricos, ya que la precipitación promedio anual es de 2274 mm (Senagua, 2017).

Para la gestión de los recursos hídricos relacionados con el control, uso, manejo, planificación y construcción de infraestructura hidráulica, el país se encuentra dividido en nueve sistemas hidrográficos denominados demarcaciones hidrográficas (ver figura nº5) (Campos et al., 2016). El territorio del cantón Latacunga forma parte de la cuenca alta del río Pastaza, donde más del 87% de dicho territorio forma parte de esta cuenca; particularmente de la subcuenca del río Patate. Las zonas altas de las parroquias Toacaso y Pastocalle se asientan sobre la demarcación hídrica del río Esmeraldas (Gavilánez Muñoz et al., 2013).

Figura 5.

Demarcaciones hidrográficas del Ecuador y ríos principales.



Fuente: Secretaría Nacional del Agua del Agua (SENAGUA).

7.8 Servicios Ecosistémicos Hidrológicos (SEH)

Los Servicios Ambientales Hidrológicos (SAH) comprenden los beneficios sociales y ambientales que prestan los ecosistemas de una cuenca hidrográfica, en términos de regulación de los flujos pluviales y potabilización del agua (Maza Hernández, 2009).

7.9 Calidad del agua

El concepto de calidad del agua es complejo y difícil de definir. Sin embargo, puede evaluarse identificando y midiendo sus propiedades específicas, determinadas por la cuantificación química, física y biológica para identificarlo.

Al estudiar la calidad del agua, se pueden inferir los contaminantes y los procesos que los afectan, se puede concluir que el valor máximo permisible de contaminantes se determina en concentraciones que no causen estrés a los organismos acuáticos y permitan a las personas utilizar el agua para diversos fines. Estos procesos son un conjunto de intercambios entre componentes de un mismo sistema hídrico, transiciones biogeoquímicas que modifican el hábitat (Aranda Cirerol, 2004).

Dado que muchas actividades económicas están vinculadas indirectamente a los ecosistemas acuáticos, por lo que la contaminación en los cuerpos de agua río arriba puede extenderse río abajo, por lo que las actividades que dependen de la alta calidad del agua pueden reducir su potencial productivo, entre ellas diversas manufacturas, turismo, pesca, acuicultura y algunas recreativas (Aguilar Ibarra, 2010).

7.10 Calidad del agua en el Ecuador

Los ríos constituyen la mayor fuente de agua dulce superficial del Ecuador, es decir, es un país rico en cantidad de agua más no en calidad. La calidad del agua de Ecuador se ha ido deteriorando constantemente, especialmente durante las últimas dos décadas. Se destacan sobre todo dos tipos de afecciones: la primera, resultante de la presencia de sedimentos en la mayoría de los cursos de agua; la otra, de carácter más puntual y de composición e intensidad variable, que se hace evidente en ciertos tramos de los cursos de agua y en las cercanías de los principales recolectores de aguas residuales de centros poblados e industriales, áreas de explotación y procesamiento de hidrocarburos y productos mineros, así como de grandes zonas agrícolas (Ros, 1995). Es por ello, que es necesario la utilización de índices de calidad de agua para la evaluación de calidad, además que, la calidad de agua está amparada bajo lineamientos técnicos legales como son las normativas de calidad de agua según su uso, en Ecuador el TULSMA, Anexo 1 demarca los límites permisibles de calidad de agua para preservación de vida acuática, agua de riego, uso recreativo etc. (Yáñez Flores, 2018)

7.11 El derecho al agua como derecho fundamental

En 2010, la Asamblea General de las Naciones Unidas mediante la Resolución Nro. 64—292 procedió a reconocer explícitamente «el derecho humano al agua y al saneamiento, como un derecho esencial e indispensable para la línea de desarrollo socioambiental y el pleno goce de todos los derechos humanos, el cual reconoce la importancia del acceso universal, uso equitativo (eficiente) y sustentable de los recursos hídricos».

El agua es un recurso natural limitado y vital para la humanidad, lo que explica que, con el paso del tiempo, las personas busquen con mayor fuerza su protección, no sólo en el ordenamiento jurídico internacional, sino también en el nacional. De ahí el interés en realizar una revisión normativa y especialmente jurisprudencial que permita evidenciar la evolución del derecho al agua, sus matices y sus múltiples formas de protección, desarrollando sus dimensiones individuales. (Sutorius & Rodríguez, 2015). El derecho al agua está en proceso de desarrollo y está integrado en el Derecho Internacional de los Derechos Humanos (DIDH). En este sentido, la comunidad internacional ha reconocido la importancia de los recursos y avanza hacia la formulación de la existencia del derecho humano al agua, con el objetivo de exigir a los Estados que prueben el agua y el saneamiento (Guevara Gil & Verona Badajoz, 2014).

El derecho humano fundamental al agua podría servir como banco de pruebas para la creación de nuevos instrumentos internacionales que superen, como corresponde a este ultra tecnológico, global y prometedor S. XXI, las deficiencias endémicas de los mecanismos jurídicos de protección de los derechos económicos, sociales y culturales (Sánchez, 2008).

7.12 El agua y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)

El factor de disponibilidad depende directamente de la salud del recurso hídrico. De hecho, el Objetivo 6 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible en la resolución de la ONU de 2015 “Transformar nuestro mundo: La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible” confirma esta dependencia. Este objetivo afirma la

necesidad de garantizar el acceso y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos (Ribeiro do Nascimento, 2018).

7.13 Instrumentos Internacionales sobre el derecho al agua

A nivel internacional el derecho al agua no tiene un reconocimiento como derecho humano, pero si conceptualizan obligaciones determinantes para el acceso de agua potable, es decir los estados deben propiciar al acceso de agua potable a sus habitantes para que puedan satisfacer necesidades básicas para el uso personal como su consumo, preparación de alimentos, higiene personal y servicios que permitan el saneamiento como factor determinante para la dignidad humana (Jiménez Espín, 2021).

El reconocimiento del derecho humano al agua es el punto de partida para que el Estado se haga responsable de su cumplimiento, no obstante, se hace necesario articular la política pública nacional del agua con los instrumentos internacionales para hacer efectivo el cumplimiento integral de las obligaciones del Estado (Arenas Mercado & Quintana Pimienta, 2012). Para incursionar en esta racionalidad, los estados, las instituciones y los organismos internacionales que trabajan en el diseño de la gestión del agua consideran a la burocracia una aliada para sus fines. Sin embargo, muchas veces la burocracia se desvincula de los macro objetivos y termina volviéndose un elemento de irracionalidad (Vargas, 2006).

Es evidente que el reconocimiento, en las constituciones nacionales de algunos Estados, y en los más relevantes organismos internacionales, supone un notable avance en la efectivación del derecho humano al agua, y en la eliminación de las injusticias a que la falta de acceso y saneamiento condena a millones de personas diariamente (Bravo, 2014).

Por lo tanto, sorprende que los tratados internacionales de derechos humanos a menudo no incluyen el derecho fundamental al agua como sí lo hace. en pie de igualdad con otros derechos económicos, sociales y culturales como el derecho a la salud o a la vivienda, dotado de alcance universal y especificidad jurídica. una referencia clara en el derecho internacional al acceso al agua como un derecho

humano o un elemento esencial de la dignidad humana, han aparecido en tres contextos normativos. En otro sentido, refleja un tratamiento legal fragmentado o idiosincrático en general. Se encuentran:

- a) Como parte de otros derechos humanos reconocidos que protegen a ciertos grupos particularmente vulnerables;
- b) Más específicamente, pero en el momento y contexto político en que se amparan, excepcionalmente en el derecho de los conflictos armados;
- c) Y en algunos escenarios regionales, por la cantidad de países asociados y las limitaciones de su alcance (Sánchez, 2008)

7.14 El derecho al agua en Ecuador

Uno de los problemas que enfrenta el agua en el Ecuador es su contaminación. En este sentido, la Constitución establece mandatos expresos respecto del agua como derecho humano y como elemento de la naturaleza no susceptible de acaparamiento o privatización de este recurso (Constitución de Ecuador, arts. 282 y 318). La clara constitución prohíbe la gestión del agua como recurso natural (dimensión de almacenamiento) y como propiedad pública del sector privado para la prestación del servicio de provisión de agua potable (dimensión de inalienabilidad) (Varela, 2021).

Cuando se violaron los derechos humanos en materia de agua y saneamiento en ciertos sectores de los asentamientos ecuatorianos, las autoridades competentes hicieron caso omiso de sus demandas y por ello sintieron que se veían reforzadas por declaraciones y acuerdos internacionales como el ODS (Valdivieso Barrezueta, 2016).

En tal sentido, es necesario que en la Constitución vigente se incluyan ciertas reformas y modifiquen normativas a fin de que el Estado pueda garantizar el acceso universal y equitativo, Los ciudadanos tienen acceso a agua limpia y saneamiento, que además cumple con las condiciones ya establecidas: creación de una agencia única de gestión del agua, administración especial estatal y local, la

participación de las personas, pueblos y nacionalidades en la formulación, ejecución, evaluación y control de políticas y servicios públicos; indicadores que dan cuenta de las condiciones de vida de la población. Todo esto significa un retiro total del sector privado de la gestión del agua, pero principalmente una ruptura con las ideas neoliberales que impulsan las reformas institucionales que debilitaron la capacidad del Estado (N. Fernández & Buitrón Cisneros, 2011).

En un contexto global de creciente escasez de agua, el Ecuador presenta innegables ventajas, ya que es uno de los países mejor dotados de agua en el mundo. Sin embargo, la desigualdad de su distribución, así como la contaminación debida a actividades productivas y ante todo a la falta de tratamiento de las aguas servidas, ponen en peligro los derechos humanos al agua, a la salud, y de la naturaleza. Ante esta situación acompañada, además, de una creciente demanda de agua, así como de las perturbaciones debidas al cambio climático, urge aprovechar la actual reforma del sistema legal en materia de recursos hídricos para revisar los modos de gestión y buscar alternativas que permitan un mejor uso y aprovechamiento del agua desde un enfoque de igualdad y equidad, sustentabilidad y responsabilidad (Acosta & Alcaín Martínez, 2010).

Contaminación e Impacto Ambiental

7.15 Fuentes de contaminación: El Ciclo Hidrológico

La presencia de elementos tóxicos 'no deseados', y cambios en la concentración de constituyentes comunes, tiene su origen en el denominado ciclo del agua (ver figura nº1). En algún lugar de este ciclo, en el cual confluyen diversos compartimentos ambientales y actividades humanas, por tanto, se consolida la contaminación del agua, o, mejor dicho, la alteración de su calidad. Según este ciclo, la principal vía de entrada de contaminantes al medio acuático son las aguas residuales, tanto urbanas como industriales, y las de origen agrícola o ganadero.

La ocurrencia de uno u otro depende en gran medida del tipo de contaminación involucrada y el nivel de tratamiento o atenuación natural (si presenta) (Barceló, s. f.).

7.16 Contaminación de los Recursos Hídricos

La contaminación del agua significa la introducción de ciertas sustancias en el agua, cambiando su calidad y composición química. Según la Organización Mundial de la Salud, el agua se contamina “cuando su composición cambia a un nivel que no requiere prevención en su estado natural” (Guadarrama-Tejas et al., 2016).

Intervenciones humanas en la cuenca, diferentes usos de los servicios ecosistémicos y heterogeneidad de actores e intereses en la cuenca generan diferentes tipos de Trade-offs o contraprestaciones entre servicios ecosistémicos. La hidrología es un reto importante para la gestión ambiental del territorio (Tique Cardozo, 2021).

Los efectos o riesgos para la salud socio-ambiental que la contaminación química —compuestos orgánicos e inorgánicos— disueltos o dispersos en los sistemas hidrográficos, representan en el sistema ambiental natural; entre los más importantes cabe destacar:

- Destrucción de hábitats naturales, disminución de la diversidad biológica y alteraciones en la estabilidad de los ecosistemas — procesos ecológicos— (pérdida o disminución de la calidad de los servicios ambientales) que contribuyen al bienestar humano y la restauración de la calidad e integridad de los sistemas ecológicos de la Tierra.
- Alteraciones en el clima local—global (Afectación tanto a la calidad como a la cantidad de agua disponible para los seres humanos y el medio ambiente producto de la variabilidad del ciclo hidrológico).
- Contaminación de la cadena alimentaria (Acción tóxica-cancerígena y/o Enfermedades crónico —Degenerativas).

- Escasez de agua potable (Ingesta de agua o alimentos contaminados — Propagación de enfermedades infecciosas).
- Aumento del costo de producción de agua potable y saneamiento condicionan la productividad y competitividad de los agentes económicos (Restricción en el uso del agua y su incidencia sobre la producción de alimentos).
- Pérdida de belleza escénica y del uso turístico o fines recreativos.

7.17 Metales pesados

Los metales pesados son los contaminantes inorgánicos preferidos, y su acumulación y distribución en los cuerpos de agua dulce pueden hacerlo peligrosos y tóxicos cuando alcanzan los organismos que forman la cadena alimentaria (Salas-Mercado et al., 2020).

Estas sustancias se ven afectadas naturalmente por ciclos biogeoquímicos que determinan su presencia y concentración en el medio ambiente: suelo, agua, aire y organismos. La intervención humana puede cambiar significativamente la concentración de metales y metaloides en estos espacios y facilitar su difusión desde las reservas naturales de estos elementos (Peña Fernández, 2011).

En función de las fuentes de contaminación puntual asociadas a actividades de origen antrópico desarrolladas aguas arriba en la cuenca vertiente, los sedimentos movilizados desde la fuente y transportados por los cursos de agua superficiales pueden contener metales pesados u otros elementos en concentraciones suficientemente elevadas como para presentar un potencial riesgo para el hombre y los seres vivos de estos ecosistemas que acogen importantes hábitats para determinadas especies de flora y fauna, que en un gran número de casos se pueden considerar “hábitats específicos”, debido a sus características particulares (García-Ordiales et al., 2015).

7.18 As en el medio ambiente

El As es un elemento ampliamente distribuido en la naturaleza, constituyendo aproximadamente un 5×10^{-4} % de la corteza terrestre. El As presente en el medioambiente, a menudo se deriva de fuentes naturales asociadas con procesos geológicos como la meteorización de las rocas parentales y las emisiones volcánicas. También puede provenir de actividades humanas como la minería, la fundición de metales y el uso de pesticidas y conservantes de madera. Los niveles ambientales de As varían porque el As puede unirse a partículas y cambiar su estado de oxidación al reaccionar con el oxígeno y otras moléculas en el aire, el agua, el suelo o por acción microbiana. De aquí surge un deseo especial de existir en muchos entornos espaciales, incluida la atmósfera. El As está presente en aguas naturales, por lo general se encuentra en forma oxidada altamente tóxica. La toxicidad depende de las especies químicas, incluidas las especies orgánicas. Se cree que el As (III) es aproximadamente 60 veces más tóxico que el As(V). En el agua, las concentraciones de As son generalmente más bajas que en las aguas superficiales (mar, ríos, lagos) y más altas que en las aguas subterráneas, especialmente en áreas ricas en depósitos minerales y rocas volcánicas. Una fuente natural o antropogénica de contaminación (Bundschuh et al., 2008).

La concentración total de As disuelto en agua depende de la composición geológica y geoquímica de las áreas naturales de drenaje. Las especies más exuberantes en aguas de río superficial y aguas subterráneas son las especies inorgánicas As (III) y As (V). A través de la actividad biológica, el As inorgánico puede ser parcialmente detoxificado y transformado en compuestos orgánicos metilados como, por ejemplo, monometilAs (MMAs) y dimetilAs (DMAs) entre otros. En aguas de río las concentraciones de estas dos especies metiladas se encuentran en niveles de ultra-traza y en algunos casos pueden no ser detectadas (Blanes et al., 2006).

7.19 Propiedades y Toxicidad del As

La presencia de As en aguas es tóxica y acumulativa trayendo consigo consecuencias severas para el ser humano particularmente grave en estas zonas

donde el abastecimiento de agua es provisto por fuentes puntuales cuyo análisis sistemático está fuera del alcance de los organismos controladores (Clido et al., 2003). El As es un compuesto tóxico con propiedades mutagénicas y cancerígenas, que posee la capacidad de formar variados compuestos orgánicos e inorgánicos como, arsenito (As (III)) y arseniato (As (V)) (León Lemus, 2017).

El As es un metaloide exponencialmente tóxico estable en cuatro estados de oxidación (+5, +3, 0 y -3) que pueden coexistir en sistemas acuáticos con una variedad de formas orgánicas e inorgánicas. La forma predominante en los sistemas de agua dulce y marina es el arseniato (Rivas Altez, 2018). Se han documentado los efectos tóxicos del As que dependen de la concentración de As en el momento de la exposición, la frecuencia de la exposición, la duración de la exposición, y el tipo de As presente durante la exposición (Garrido Hoyos et al., 2017).

Los diferentes compuestos que contienen As pueden variar considerablemente. De manera que, podemos encontrar un orden de toxicidad generalmente decreciente:

- Compuestos inorgánicos trivalentes,
- Compuestos orgánicos trivalentes,
- Compuestos inorgánicos pentavalentes,
- Compuestos orgánicos pentavalentes y
- As elemental. (Gorby, 1988)

El As y sus componentes tienen capacidad de entrar en el organismo por tres principales vías de exposición involuntaria: la inhalación, la ingestión y/o absorción dérmica. El perfil toxicocinético del As es tal que los arseniatos y arsenitos se absorben principalmente por dos vías, a saber, la oral y la inhalación. (“ATSDR - Toxicological Profile,” 2014). Por otra parte, las formas de As que se absorben más rápidamente tienden a ser más tóxicas y las formas que se eliminan más fácilmente son menos tóxicas. El arsenito y el arseniato son altamente solubles en agua.

7.20 Efectos a la salud por la exposición a As

Entre los principales problemas ambientales para la salud humana, se encuentran los asociados con la exposición al As. El As al ser un elemento químico ubicuo en el medio ambiente acrecienta las rutas de exposición al As, ya que se encuentra regularmente en el agua y alimentos que atañe a la población local al estar intrínsecamente entrelazadas con el estilo de vida habitual de las personas. El agua contaminada es la principal vía importante de entrada de As. La presencia de este elemento debajo del límite establecido por la OMS ($10 \mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$) es frecuentemente subestimado debido a que se requieren altas concentraciones para los síntomas agudos o una exposición prolongada para patologías graves (Navarro Espinoza, 2019). En estos hogares, el tratamiento del agua se realiza principalmente mediante cloración para reducir el contenido bacteriano, pero generalmente no se utilizan procesos que tiendan a controlar la presencia de sustancias inorgánicas dañinas para la salud, como el As. Por lo tanto, la falta de suministro de agua potable de la red pública en la región es otro factor que incide en el impacto ambiental del As (López Steinmetz & Diaz, 2018).

De acuerdo a los estudios toxicológicos y epidemiológicos de los especialistas uno de los elementos minerales de gran impacto en la salud pública es el As, e indican que la ingestión crónica de As en el agua de bebida genera lesiones en la piel, la hiperpigmentación e hiperqueratosis palmoplantar; desórdenes del sistema nervioso; diabetes mellitus; anemia; alteraciones del hígado; enfermedades vasculares, cáncer de piel, pulmón y vejiga (Meoño et al., 2015).

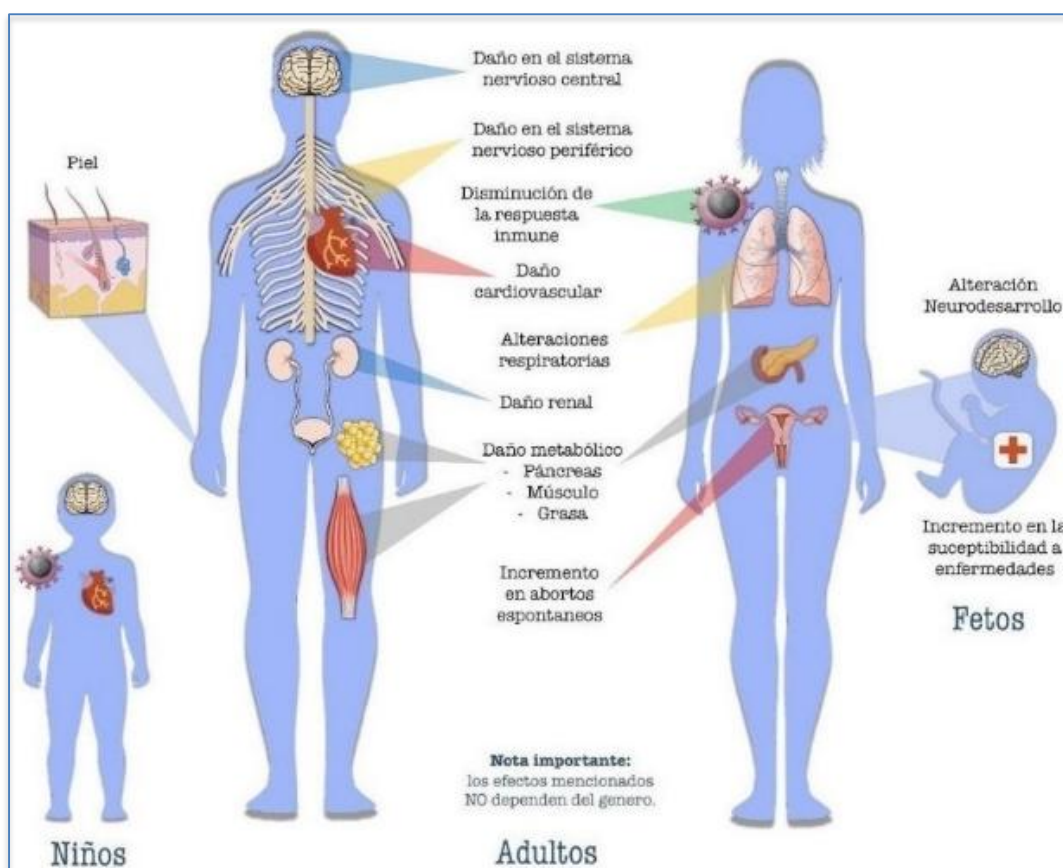
La evidencia epidemiológica y experimental demuestra que este metaloide altera el funcionamiento del sistema inmunológico innato y adaptativo; además altera la diferenciación, activación o proliferación de macrófagos humanos, células dendríticas y linfocitos T. También contribuye a los efectos deletéreos sistémicos asociados con enfermedades crónicas por exposiciones ambientales. En particular, la inmunosupresión inducida por As, se vincula con algunas patologías como el cáncer de la piel y alteraciones en órganos, por ejemplo: hígado, riñón, vejiga o

pulmones; así mismo puede favorecer el desarrollo de enfermedades infecciosas y cánceres (ver figura nº6) (Morales-Barba et al., 2021).

Los primeros síntomas de exposición prolongada a largo plazo a altos niveles de As inorgánico, causados por consumo de agua o alimentos contaminados, se observan comúnmente en la piel e incluyen cambios en la pigmentación, lesiones cutáneas, induración y callosidades en las palmas de las manos y las plantas de los pies (hiperqueratosis). Estos efectos ocurren alrededor de cinco años después de una exposición mínima y pueden ser precursores del cáncer de piel (Fernández Rodríguez, 2020).

Figura 6.

Efectos nocivos -ostensibles comunes- en la salud por exposición al As en adultos y niños.



Fuente: (Del Razo et al., 2021)

Los síntomas y signos asociados a elevados niveles de exposición prolongada al As inorgánico difieren entre las personas, los grupos de población y las zonas

geográficas. No existe pues una definición universal de las enfermedades causadas por el As, lo que complica la evaluación de su carga para la salud. De modo análogo, no existe tampoco un método para distinguir los casos de cáncer causados por As de los inducidos por otros factores, por lo que se carece de una estimación fiable de la magnitud del problema a nivel mundial (Egusquiza Soria, 2018).

Los efectos fisiológicos (relación causa-efecto entre los factores ambientales y las enfermedades) que causa el As sobre la salud del organismo humano, lo podemos clasificar como:

- **Efectos a corto plazo:** La ingesta de dosis elevadas de As puede derivar en síntomas agudos como el síndrome gastrointestinal, seguido de fallas multiorgánicas incluyendo falla renal, respiratoria, función cardiovascular y cerebral, y muerte posterior.
- **Efectos a largo plazo:** Los efectos de la exposición prolongada a bajas concentraciones de As, tanto de manera ocupacional como por consumo a través de la comida y agua de bebida, ha sido analizada y demostrada. Estos efectos crónicos incluyen cáncer de varios órganos, en particular la piel, vejiga y pulmones. En varias partes del mundo las enfermedades producidas por As constituyen un problema de salud pública (WHO, 2011).

7.21 Relaciones socio-económicas e impactos en el medio ambiente

Las interacciones entre los subsistemas sociales y ecológicos (o Sistemas Socio-Ecológicos), asocia a la vulnerabilidad de experimentar daños significativos e irreversibles por su limitada capacidad adaptativa frente a los cambios o impactos ambientales del cambio climático global, que tendrá en nuestro medio natural. Desde esta perspectiva, se puede hablar de que los riesgos socionaturales son procesos generadores de situaciones latentes de daño y/o alteración en la estabilidad y en la cotidianidad de la vida de las personas, relacionados con condiciones de degradación e impacto ambiental, que magnifican o potencializan

los procesos naturales de la dinámica terrestre, en combinación con situaciones estructurales de vulnerabilidad social, política o económica (Campos-Vargas et al., 2015).

7.22 Contaminación del agua superficial debida a la actividad agropecuaria

Las prácticas de cultivo que usan pesticidas en gran medida pueden contaminar el suelo, y si la infiltración de aguas pluviales es considerable, los compuestos de tales prácticas pueden llegar a los acuíferos. Cuando los cultivos se riegan artificialmente, habrá más agua disponible para lixiviar (“lavar”) sales, nutrientes y plaguicidas que pueden filtrarse a las aguas subterráneas. Además, el vertido de aguas residuales de la ganadería intensiva (*feed-lot*), tambos, granjas avícolas, depósitos de agroquímicos, entre otros, provoca una contaminación orgánica o inorgánica muy importante a nivel local en las aguas subterráneas (Blarasin et al., 2014).

Los pesticidas aplicados a las tierras agrícolas siguen varias rutas. Una parte es absorbida por los vegetales, otra se libera directa o indirectamente a la atmósfera y otra llega a la superficie del suelo. Entonces estos tienen diferentes alternativas. Son transportados lateralmente a cuerpos de agua por escorrentía y/o sedimentos, absorbidos por la vegetación, arrastrados en profundidad y/o degradados bióticos o abióticos. Se ha observado que en cuencas expuestas a fuertes lluvias y escurrimientos, los plaguicidas asociados a minerales del suelo o matrices orgánicas tienden a migrar horizontalmente, mientras que el resto tiende a migrar verticalmente (Chagas & Behrends Kraemer, 2018). Como se puede inferir de lo anterior, la contaminación de las aguas superficiales por actividades agropecuarias es altamente dependiente del clima, topografía, vegetación y características del uso del suelo de la cuenca en la que se desarrolla esta actividad, siendo la escorrentía superficial el eje que permite articular entre sí a todas estas variables (Chagas et al., 2006).

7.23 Riesgos y vulnerabilidad de la población

La presencia de agentes contaminantes químicos implicados en las fuentes fluviales destinadas al consumo público, es un problema ambiental grave, ya que este recurso natural, renovable, finito y necesario para la vida, presenta elementos químicos que pone en riesgo la salud de quienes se encuentran expuestos, como es el As (Campodónico Huamanchumo, 2019).

La vulnerabilidad y la seguridad hídrica son dos conceptos íntimamente relacionados. La vulnerabilidad mide los riesgos y daños que los procesos biofísicos y sociales pueden causar a las poblaciones y ecosistemas. La seguridad hídrica se refiere a la capacidad de la sociedad para satisfacer sus necesidades básicas de agua, la conservación y el uso sostenible de los ecosistemas acuáticos y terrestres, y la capacidad de producir alimentos sin comprometer la calidad y cantidad de los recursos hídricos disponibles, así como de reducir y gestionar conflictos por el agua o mecanismos sociales y regulación de disputas (García, 2008).

Según Caguana & Naranjo (2020) el ecocentrismo, por su parte, es el conjunto de fundamentos éticos y políticos que justifican la preservación de los ecosistemas utilizando modelos de sostenibilidad ecológica que permitan mantener y restaurar los ciclos naturales y la permanencia de las especies —humanas y no humanas— que habitan en un ecosistema. Ambos enfoques son fundamentales a la hora de comprender y gestionar los conflictos socio-ecológicos que se presentan en los territorios.

7.24 Gestión del agua – Ecuador

En cuanto a la gestión de los recursos hídricos en el Ecuador, se lleva a cabo por los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales (GAD municipales), quienes son los responsables de la coordinación, planificación y control del uso y aprovechamiento del agua con el fin de lograr una gestión integral, para brindar acceso y saneamiento al agua en los cantones conforme su jurisdicción. Además, los GAD municipales, deben establecer actividades de colaboración y complementariedad entre los diferentes niveles de gobierno y sistemas

comunitarios amparados en la Constitución y legislación nacional (Cuenca et al., 2021).

El Estado garantiza la protección, restauración, y gestión integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y de los caudales ecológicos en relación íntegra al ciclo hidrológico. Además, establece la necesidad de regular las actividades que pueden afectar la calidad, la cantidad y el equilibrio de los ecosistemas, dando un enfoque ecosistémico al recurso. A su vez, el artículo 318 de la misma Constitución considera al agua como patrimonio nacional estratégico de uso público, y respectivamente corresponde al Estado, por intermedio exclusivo de la autoridad única del agua, quien es el responsable de la planificación y gestión de los recursos hídricos que se destinarán en este orden asignado de prelación:

- a) consumo humano;
- b) riego que garantice la soberanía alimentaria;
- c) caudal ecológico; y,
- d) actividades productivas. (Arias, 2012)

Para implementar las disposiciones de LORHUyA, la SENAGUA establece dos niveles de Consejos de Cuenca: 9 Consejos de cuenca con ámbito de Demarcación Hidrográfica (ver figura nº5), y 37 Consejos de cuenca con ámbito de UPHL (Unidad de Planificación Hidrográfica Local). Siendo los Consejos de Cuenca en el Ecuador una de varias iniciativas del Estado ecuatoriano para incorporar la participación ciudadana en la gestión de los recursos hídricos del país para aportar a la generación de soluciones a la problemática existente alrededor del recurso hídrico en cada unidad hidrográfica (Lapuerta Jaramillo, 2022).

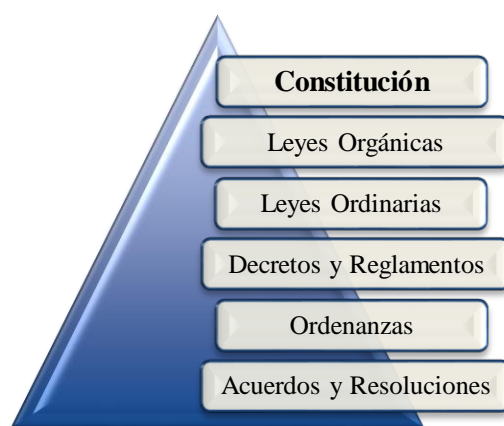
En relación a la demanda de una gestión compartida, en lugar de plantearse una alianza público – comunitaria para la gestión de los sistemas de riego y agua de consumo, en la nueva ley el concepto se reduce a una delegación desde las respectivas instancias de los gobiernos autónomos descentralizados (provinciales y municipales) hacia las organizaciones de usuarios del agua. En este sentido se plantean como relaciones de subordinación y no de confluencia de voluntades y capacidades (Arroyo Castillo, 2015).

8. MARCO LEGAL – AMBIENTAL

Para una mejor apreciación de la base o instrumento legal en materia ambiental aplicable del presente estudio, se ha empleado la pirámide de Kelsen (ver figura nº7) que se basa en el orden jerárquico del sistema jurídico vigente del Estado (modelo de justicia constitucional) en el contexto de aplicabilidad —*exequibles jurídicamente*— sobre los conflictos socio-ambientales según lo establece la Constitución de la República del Ecuador como norma suprema en su **Art. 425**.

Figura 7.

Pirámide de Kelsen aplicable en el Ecuador.



Fuente: Elaboración propia.

El humano a través de las leyes ha logrado regular garantías con el fin de dar un uso correcto al agua, y es el Estado el que deberá perseguir tales fines, las disposiciones otorgan a los ciudadanos de herramientas para en caso de riesgo o vulneración a los derechos estipulados, estos se reivindicuen (Muñoz Moreno, 2020).

Se tomaron como referencia para la presente investigación, las normas previstas en la Constitución de la República del Ecuador (CRE), el Código Orgánico Ambiental (COA), el Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía Y Descentralización (COOTAD), el Código Orgánico Integral Penal (COIP), la Ley Orgánica de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua (LORHUyAA), la Ley Orgánica de Salud, la Ordenanza para la descontaminación, y protección de los ríos y afluentes hídricos del cantón Latacunga, el AM 097-A, INEN 1108.

8.1 Constitución de la República del Ecuador (CRE)

Dentro de los principios constitucionales de derechos en materia de equidad y justicia omnicomprendiva e intergeneracional del fenómeno ambiental (cambio climático), la presente investigación tiene sustento en el **Art. 14** de la CRE (2008) donde se reconoce que las personas tienen derecho a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado que garantice la sustentabilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*. Además, el **Art. 411** del mismo cuerpo legal dispone que el Estado garantizará la protección, restauración y manejo integral de los recursos hídricos, las cuencas hidrográficas y los caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico. Además, contempla la potestad de regular toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad del agua, y el equilibrio de los ecosistemas, en especial en las fuentes y zonas de recarga hídrica. En el marco normativo de la actual Constitución Política de la República del Ecuador enfatiza la obligación de respeto, garantía jurídica, protección, conservación y restauración del patrimonio natural y cultural nacional, al incluir a la naturaleza o Pachamama como un nuevo sujeto atribuible de derechos que le reconozca la Constitución (Arts. 10 y 71).

La Constitución de la República del Ecuador desde el 2008, plantea varios principios alrededor de los derechos de la naturaleza y de los derechos humanos, uno de ellos es el **Art. 12** que reconoce “el derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable” declarándolo como “patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida”.

En el **Art. 3**, numeral 7, de la Constitución de la República del Ecuador establece que el deber primordial del Estado es “proteger el patrimonio natural y cultural del país”. Además, en el **Art. 276**, numeral 4, de la Constitución, establece que uno de los objetivos del régimen de desarrollo será preservar, restaurar y gestionar de manera sostenible los ecosistemas, de manera que permita mantener un ambiente sano que garantice a cualquier persona, colectividad o grupo humano el derecho al acceso seguro-equitativo, permanente y de calidad ambiental del patrimonio natural-cultural referentes al aire, agua y suelo, y a los beneficios de los recursos del subsuelo al obrar en forma eficiente.

En lo referente al **Art. 57**, el reconocimiento y garantía de los Derechos Colectivos a las comunas, comunidades, pueblos y nacionalidades indígenas como el derecho de participar en el uso, usufructo, administración y conservación de los recursos naturales renovables que se hallen en sus tierras, el Estado establecerá e implementará programas para asegurar la conservación y el uso sostenible de la biodiversidad, con la participación de las comunidades locales.

Cabe resaltar lo estipulado en el **Art. 318**, en el cual se establece que el Estado, a través de la autoridad única del agua quien es directamente responsable de planificar y gestionar los recursos hídricos destinados al consumo humano, riego garantizante en la soberanía alimentaria, caudal ecológico y actividades productivas, en este orden de prelación. Así mismo, se requerirá autorización del Estado para el aprovechamiento del agua con fines productivos por parte de los sectores público, privado y de la economía popular y solidaria, de acuerdo con la ley.

El Estado Constitucional tiene decisión y control exclusivo del sector estratégico del agua a través de la Autoridad Única del Agua (Art. 5 LORHUyAA; Art. 313 CRE). De tal modo que el Estado en el presente articulado de la Constitución de la República del Ecuador con alguna relación directa o indirecta con el desarrollo social que promueve el crecimiento económico y políticas de gestión ambiental con gobernanza sostenible orientada al desarrollo sustentable local en dirección a la protección estricta de los ecosistemas naturales de interés por el bien común global como las zonas de páramo, al ser fundamentales para la resiliencia de la biodiversidad y de la sociedad frente a los impactos del cambio climático, que en conformidad de lo expuesto en su **Art. 406** establece lo siguiente: “El Estado regulará la conservación, manejo y uso sustentable, recuperación, y limitaciones de dominio de los ecosistemas frágiles y amenazados; entre otros, los páramos, humedales, bosques nublados, bosques tropicales secos y húmedos y manglares, ecosistemas marinos y marinos-costeros”.

8.2 Código Orgánico Del Ambiente (COA)

En Ecuador, los principios jurídicos de derecho internacional en materia ambiental se contemplan en la Constitución y se incorporarán criterios de control legal ambiental en el Código Orgánico del Ambiente y su Reglamento, teniendo por objeto garantizar el derecho de la población humana a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, por lo tanto, significa reconocer que la calidad del ambiente es parte de la calidad de la vida, induciendo a la protección de los derechos de la naturaleza. El COA se promulgó en el Registro Oficial Suplemento No. 983 del 12 de abril de 2017.

En el **Art. 26**, numeral 8, inscrito en el marco legal del Capítulo II 'de las facultades ambientales de los gobiernos autónomos descentralizados', establece que los Gobiernos Autónomos Descentralizados Provinciales ejercerán en concordancia exclusiva políticas y normas emitidas por la Autoridad Ambiental dentro su circunscripción territorial (áreas rurales) la facultad de controlar el cumplimiento de los parámetros ambientales y la aplicación de normas técnicas para los componentes de agua, suelo, aire y ruido.

Cabe resaltar uno de los objetivos del Estado relativos a la biodiversidad estipulado en el **Art. 30**, numeral 7, del Título I 'de la conservación de la Biodiversidad', en el cual establece que, en coordinación con la Autoridad Única del Agua, adoptar un enfoque integral y sistémico que considere los aspectos sociales, económicos y ambientales relacionados con la conservación y el uso sostenible de las cuencas hidrográficas y de los recursos hídricos. Asimismo, diagnostica el cumplimiento de los objetivos de las áreas naturales al ser incorporadas al Sistema Nacional de Áreas Protegidas, resaltándose un objetivo que adhiere a la importancia de la especificidad territorial respecto al problema de investigación consolidada de conformidad con en el **Art. 38**, numeral 5, donde establece: “mantener la dinámica hidrológica de las cuencas hidrográficas y proteger los cuerpos de aguas superficiales y subterráneas”.

8.3 Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía Y Descentralización (COOTAD)

Concordando con lo establecido en la Constitución de la República del Ecuador (Arts. 262 y 263), el **Art. 132** contenido en el Capítulo IV, 'del Ejercicio de las Competencias Constitucionales' en la gestión de cuencas hidrográficas, donde establece que la administración del orden de las cuencas, equivalente a un gobierno autónomo descentralizado constitucional, incluye también la aplicación de las políticas, ordenanzas locales, planificación hídrica participativa, especialmente de las autoridades de agua potable y riego, subordinadas y de cumplimiento reiterado. Los programas y proyectos con otros gobiernos autónomos descentralizados se coordinan con una autoridad única de aguas dentro de su jurisdicción y se ejecutan de acuerdo con los planes, reglamentos técnicos y controles establecidos por esta autoridad.

En este sentido, el **Art. 136**, referido al ejercicio de las competencias de gestión ambiental, establece que los gobiernos autónomos descentralizados regionales y provinciales, en colaboración con los consejos de cuencas hidrográficas podrán para establecer tarifas relacionadas con el acceso a los recursos para proteger las cuencas hidrológicas y gestionar el medio ambiente; qué recursos se utilizarán con la participación de las administraciones parroquiales descentralizadas autónomas y comunidades rurales, para la preservación y recuperación de los ecosistemas en los que se encuentran las fuentes y cursos de agua. Asimismo, dentro de los controles al ejercicio de las Competencias Constitucionales, un artículo (**Art. 137**) importante que tomar en cuenta, donde señala que los gobiernos autónomos descentralizados municipales planificarán y asegurarán la gestión integral de los servicios públicos de agua potable en sus respectivos territorios, y cooperarán con los gobiernos autónomos descentralizados regional y provincial el mantenimiento de las cuencas hidrográficas que suministran el agua para consumo humano. Adicionalmente, pueden establecer convenios de mancomunidad con las autoridades de otros cantones y provincias en cuyos territorios se encuentren las cuencas hidrográficas que proveen el líquido vital para consumo humano.

8.4 Código Orgánico Integral Penal (COIP)

En el Código Orgánico Integral Penal ecuatoriano, prevé sanciones, multas y penas de prisión por la contaminación de ríos y vertientes, las cuales deben ser cumplidas para evitar inconvenientes futuros. En el artículo 251. Delitos contra el agua, donde estipula que los infractores de la normativa vigente son sancionados con pena privativa de libertad de tres a cinco años, por acciones injustificables como contaminar o alterar la calidad de los cuerpos de agua, manantiales, caudales ecológicos, aguas naturales superficiales o subterráneos y recursos hídricos en general. Se impondrá el máximo de la pena constitucional si la infracción es perpetrada en un espacio del Sistema Nacional de Áreas Protegidas o si la infracción es perpetrada con ánimo de lucro o con métodos, instrumentos o medios que resulten en daños significativos y permanentes. Según el tipo de delito o infracción se aplica las penas, las áreas protegidas pertenecen al Estado es prohibido cometer daños ambientales. Este Código Orgánico Integral Penal contempla los delitos contra el medio ambiente (naturaleza o Pachamama), comprendidos en los artículos del 245 al 267. La tipificación de delitos ambientales plantea dos cuestiones de particular relevancia: la aplicación del principio non bis in idem y el principio de legalidad con referencia a la ley penal en blanco (Tello & Sánchez, 2019).

8.5 Ley Orgánica de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua (LORHUyAA)

La presente Ley Orgánica establece las normas que regulan el aprovechamiento sostenible de los recursos hídricos, sustentable de los ecosistemas y del consumo humano ya que son parte del patrimonio natural del Estado y serán de su competencia exclusiva, al ser criterios prioritarios para el uso y el aprovechamiento del agua, la misma que se ejercerá concurrentemente entre el Gobierno Central y los Gobiernos Autónomos Descentralizados, de gestión ambiental en conformidad con la Ley. (Art. 1. LORHUyAA)

En el **Art. 13**, referido a las formas de conservación y de protección de fuentes de agua establece que se han de establecer zonas de conservación de agua para

proteger los cuerpos de agua que circulan por los cauces y los ecosistemas asociados. Cualquier uso que se pretenda desarrollar fuera del cauce (que se determinará reglamentariamente), deberá ser objeto de autorización por la Autoridad Única del Agua, sin perjuicio de las demás aprobaciones que correspondan. Asimismo, en el **Art. 57**, del Capítulo I 'Derecho Humano al Agua' donde define el derecho humano al agua como: “el derecho de todas las personas a disponer de agua limpia, suficiente en cantidad, calidad, accesible y asequible para el desarrollo humano. En este sentido, el acceso a instalaciones de saneamiento que aseguren la dignidad humana y la salud, eviten la contaminación y aseguren la calidad de los recursos hídricos para el consumo humano son parte de este derecho. Es decir, del presente artículo expuesto tiene por propósito garantizar al individuo o colectividades el derecho a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, así como la reciprocidad referente al derecho humano a un medio ambiente saludable se encuentra dentro del alcance de la protección de los derechos de la naturaleza.

Capítulo II: Institucionalidad y gestión de los recursos hídricos

Art. 36.- *Deberes estatales en la gestión integrada.* El Estado y sus instituciones, dentro de sus mandatos, son los responsables de la gestión integrada de los recursos hídricos emplazadas por cuencas hidrográficas. En consecuencia, son los obligados a: Promover y garantizar el derecho humano al agua; regular los usos, el aprovechamiento del agua y las acciones para preservarla en cantidad y calidad mediante un manejo sustentable a partir de normas técnicas y parámetros de calidad; conservar y manejar sustentablemente los ecosistemas marino costeros, altoandinos y amazónicos, en especial páramos, humedales y todos los ecosistemas que almacenan agua; promover y fortalecer la participación en la gestión del agua de las organizaciones de usuarios, consumidores de los sistemas públicos y comunitarios del agua, a través de los consejos de cuenca hidrográfica y del Consejo Intercultural y Plurinacional del Agua; y, recuperar y promover los saberes ancestrales, la investigación y el conocimiento científico del ciclo hidrológico.

Capítulo III: Derechos de la naturaleza

En el **Art. 64**, referente a la *Conservación del agua*. En Ecuador, la Naturaleza o Pachamama, su existencia debe ser plenamente respetada. Por lo tanto, tiene derecho a la preservación, restauración y gestión integral de los recursos hídricos como soporte esencial para todas las formas de vida.

En la conservación del agua, la naturaleza tiene derecho a: La protección de sus fuentes, áreas de captación (recarga-regulación), afloramiento y cauces naturales de agua, en particular, nevados, glaciares, *páramos*, humedales y manglares; El mantenimiento de caudales ecosistémicos que aseguren la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad; La preservación del ciclo integrado del agua o de la dinámica natural del ciclo hidrológico; La protección de las cuencas hidrográficas y los ecosistemas de cualquier contaminación; y, La restauración y recuperación de ecosistemas debido a los desequilibrios causados por la contaminación del agua y la erosión del suelo.

Capítulo V: Derechos colectivos de comunas, comunidades, pueblos y nacionalidades

Capítulo VI: Garantías preventivas

En el **Art. 76**, referente al *caudal ecológico*. Para efectos de esta legislación, el escurrimiento ecológico es la cantidad de agua representada por la intensidad, duración, época y frecuencia de un determinado caudal y la calidad del agua expresada como la cantidad, frecuencia y duración de un conjunto de parámetros necesarios para mantener un nivel adecuado de salud del ecosistema.

Art. 78.- Áreas de protección hídrica. Se entiende por áreas de protección hídrica a los territorios donde sus recursos hídricos son declarados de interés público para mantenerlos, conservarlos y protegerlos, proveer al consumo humano o asegurar la soberanía alimentaria, y son designadas por el Estado para formar parte del sistema de áreas protegidas.

En el **Art. 79**, de la presente Ley garantiza y norma el ejercicio de los derechos humanos y su relación con el medioambiente y los recursos naturales básicos mediante los *Objetivos de prevención y conservación del agua*, lo que implica a la Autoridad Única del Agua, la Agencia Nacional del Medio Ambiente y un gobierno autónomo descentralizado trabajan en conjunto para lograr los siguientes objetivos: a) Garantizar el derecho humano al agua para el buen vivir o *sumak kawsay*, los derechos reconocidos a la naturaleza y la preservación de todas las formas de vida, en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado y libre de contaminación; b) Preservar la cantidad del agua y mejorar su calidad; c) Controlar y prevenir la acumulación en suelo y subsuelo de sustancias tóxicas, desechos, vertidos y otros elementos capaces de contaminar las aguas superficiales o subterráneas; d) Controlar las actividades que puedan causar la degradación del agua y de los ecosistemas acuáticos y terrestres con ella relacionados y cuando estén degradados disponer su restauración; e) Prohibir, prevenir, controlar y sancionar la contaminación de las aguas mediante vertidos o depósito de desechos sólidos, líquidos y gaseosos; compuestos orgánicos, inorgánicos o cualquier otra sustancia tóxica que alteren la calidad del agua o afecten la salud humana, la fauna, flora y el equilibrio de la vida; f) Garantizar la conservación integral y cuidado de las fuentes de agua delimitadas y el equilibrio del ciclo hidrológico; y, g) Evitar la degradación de los ecosistemas relacionados al ciclo hidrológico.

En el Art. 82, respecta la *Participación y veeduría ciudadana*, donde cualquier persona, colectividad o grupo humano, podrán implementar procedimientos de vigilancia, estaciones de observación y otros mecanismos de control social, planes y programas de prevención y control de la calidad del agua y de la contaminación, de conformidad con la ley.

Capítulo VII: Obligaciones del estado para el derecho humano al agua

Art. 83.- *Políticas en relación con el agua.* El Estado es responsable de formular y promulgar políticas públicas dirigidas a: Fortalecer la gestión sostenible de los recursos hídricos y los ecosistemas asociados al ciclo hidrológico; Mejorar la

infraestructura, la calidad del agua y la cobertura de los sistemas de agua de consumo humano y riego; Establecer políticas y medidas para limitar la invasión de la frontera agrícola en áreas de protección hídrica; Fortalecer la participación de las comunas, comunidades, pueblos y nacionalidades en torno a la gestión del agua; Adoptar y promover medidas con respecto de adaptación y mitigación al cambio climático para proteger a la población en riesgo; Fomentar e incentivar el uso y aprovechamiento eficientes del agua, mediante la aplicación de tecnologías adecuadas en los sistemas de riego; y, Promover alianzas públicas para mejorar los servicios y optimizar los sistemas de agua.

8.6 Ley Orgánica de Salud

En su Capítulo III de los 'Derechos y deberes de las personas y del Estado en relación con la salud', el **Art. 7** respecta a que toda persona sin disyunción alguna el Estado transfiere la accesibilidad universal e igualitaria a la salud como derecho a la igualdad ante la ley, se estipula textualmente el literal (c): “Vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado y libre de contaminación”. Por su parte, en el Capítulo I relativo 'del agua para consumo humano', en el marco del **Art. 96** establece que toda persona natural o jurídica tiene el deber de proteger los acuíferos, arroyos y cuencas hidrográficas utilizados para el abastecimiento de agua para consumo humano. Queda terminantemente prohibido realizar actividades que pongan en peligro las fuentes de captación de agua. La autoridad sanitaria nacional, en colaboración con otras autoridades competentes, tomarán medidas para prevenir, controlar, mitigar, remediar y sancionar la contaminación de las fuentes de agua para consumo humano.

Gaceta Municipal

8.7 Ordenanza para la descontaminación, y protección de los ríos y afluentes hídricos del cantón Latacunga

Capítulo I: Objeto y ámbito de la aplicación

Art. 1. La presente ordenanza tiene por objeto establecer acciones para la descontaminación, protección, conservación, restauración y revalorización de los

ríos Cutuchi, Pumacunchi, Cunuyacu, Yanayacu y demás afluentes superficiales o subterráneos pertenecientes del cantón Latacunga.

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

Art. 4. Para proteger los derechos ambientales individuales o colectivos, todas las obras, proyectos públicos y privados, a nivel de servicios e industriales deberán aplicar buenas prácticas ambientales e implementar plantas de tratamiento de aguas negras, residuales, descargas industriales, domésticas y otras que alteren o amenacen las condiciones físico, químicas y biológicas del agua, y atenten su calidad.

Capítulo VIII: Facultad sancionadora y valores recaudados

Art. 21. El Gobierno Municipal de Latacunga podrá expropiar áreas consideradas de importancia como fuentes de regulación hídrica, en el cauce del Río Cutuchi, los ríos, Pumacunchi, Cunuyacu, Yanayacu y demás afluentes superficiales y subterráneos que forman parte del sistema hidrográfico cantonal, que se encuentren en proceso de decadencia-degradación, declarándolas como áreas de bien público, conforme al COOTAD.

8.8 Acuerdo Ministerial 097-A

Anexo 1 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua).

La presente norma técnica ambiental revisada y actualizada se emite al 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, de conformidad con lo dispuesto en la presente Ley, tiene carácter obligatorio y es aplicable en todo el territorio nacional (Acuerdo Ministerial 097-A, 2015).

Esta especificación técnica legislativa define o establece: Principios básicos y enfoques generales para abordar el control de la contaminación del agua; Definir

términos clave y competencias de los diferentes actores; Criterios de calidad del agua para sus distintos usos; Los límites permisibles, reglamentaciones y prohibiciones para las descargas en cuerpos de aguas o sistemas de alcantarillado; Permisos de descarga; Los parámetros de seguimiento de las descargas de industrias de importancia.

OBJETO

El objetivo principal de la presente norma es proteger la calidad de los recursos hídricos para salvaguardar y preservar los usos que se les asignan, la integridad de las personas, de los ecosistemas y sus interrelaciones y del ambiente en general (Acuerdo Ministerial 097-A, 2015).

8.8.1 CLASIFICACIÓN

Criterios de calidad de las aguas para distintos usos, inferido para el presente estudio:

- ④ Estándares de calidad para aguas destinadas al consumo humano y uso doméstico, previo a su potabilización.
- ④ Normas de calidad para aguas de uso agrícola o de riego.

La norma establece criterios básicos de calidad de agua aplicable a diferentes usos de acuerdo las fuentes propias de abastecimiento de agua (superficiales, subterráneas y pluviales) con la cantidad y calidad requerida, sin embargo, en la presente investigación se considerarán los criterios de calidad en fuentes naturales superficiales destinadas al consumo humano y uso doméstico, previo a su potabilización y para uso agrícola o de riego.

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

Se entiende por agua para consumo humano y uso doméstico aquella que se emplea en actividades como: Bebida y preparación de alimentos para consumo; Satisfacción de necesidades domésticas, individuales o colectivas, tales como higiene personal y limpieza de elementos, materiales o utensilios; Fabricación o procesamiento de alimentos en general.

Esta Norma aplica a la selección de aguas para consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieran tratamiento convencional, para lo cual se deben cumplir con los estándares propuestos en la **Tabla 6** (Acuerdo Ministerial 097-A, 2015).

Tabla 6: Criterios de calidad de aguas que para consumo humano.

Parámetro	Expresado como	Unidad	Criterio de calidad
Aceites y Grasas	Película visible		Ausencia
Aluminio total	Al	mg/l	0,2
Amoníaco	N	mg/l	0,5
As	As	mg/l	0,1
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100 ml	2000
Coliformes Totales	NMP	NMP/100 ml	20000
Bario	Ba	mg/l	1,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,01
Cianuro	CN ⁻	mg/l	0,2
Cinc	Zn	mg/l	5,0
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Color	Color real	Unidades de Platino-Cobalto	75,0
Compuesto Fenólicos	Fenol	mg/l	0,001
Cromo	Cr ⁺⁶	mg/l	0,05
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	<2mg/l
Hierro total	Fe	mg/l	1,0
Difeniles Policlorinados	Concentración de agente activo		No detectable
Materia Flotante	Visible		Ausencia
Mercurio	Hg	mg/l	0,002
Nitratos	N	mg/l	10,0
Nitritos	N	mg/l	1,0
Olor y sabor			Es permitido removible por tratamiento convencional
Oxígeno Disuelto	OD	mg/l	>60% del OD Sat.
pH	Ph		6-9
Plata	Ag	mg/l	0,05
Plomo	Pb	mg/l	0,05
Selenio	Se	mg/l	0,01
Sulfatos	SO ₄ ⁻²	mg/l	250,0
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Turbiedad		UTN	100,0

Fuente: (Acuerdo Ministerial 097-A, 2015)

8.8.1.2 Criterios de calidad de aguas de uso agrícola o de riego

Se entiende por agua de uso agrícola aquella empleada para la irrigación de cultivos y otras actividades complementarias conexas que establezcan los organismos competentes. Los criterios de calidad admisibles para las aguas destinadas a uso agrícola se presentan en la **Tabla 7**.

Tabla 7: Criterios de calidad de aguas para uso agrícola en riego.			
Parámetro	Expresado como	Unidad	Criterio de calidad
Aluminio	Al	mg/l	5,0
As	As	mg/l	0,1
Berilio	Be	mg/l	0,1
Boro	B	mg/l	0,75
Cadmio	Cd	mg/l	0,05
Cinc	Zn	mg/l	2,0
Cobalto	Co	mg/l	0,01
Cobre	Cu	mg/l	0,2
Cromo	Cr ⁺⁶	mg/l	0,1
Flúor	F	mg/l	1,0
Hierro	Fe	mg/l	5,0
Litio	Li	mg/l	2,5
Mercurio	Hg	mg/l	0,001
Manganeso	Mn	mg/l	0,2
Molibdeno	Mo	mg/l	0,01
Níquel	Ni	mg/l	0,2
pH	pH		6-9
Plomo	Pb	mg/l	5,0
Selenio	Se	mg/l	0,02
Vanadio	V	mg/l	0,1
Coliformes fecales	NMP	NMP/100ml	1000
Huevos de parásitos			Ausencia
Aceites y grasas	Película Visible		Ausencia
Materia flotante	Visible		Ausencia

Fuente: (Acuerdo Ministerial 097-A, 2015)

Métodos de prueba

Para determinar los valores y concentraciones de los parámetros especificados en esta Norma Oficial Ecuatoriana, por tanto, se deberán aplicar los métodos establecidos en el manual “*Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*”, en su versión más reciente. Adicionalmente, se deben considerar 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.

8.9 Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108 (Sexta Revisión, 2020-04)

Esta norma establece los requisitos para el agua destinada para consumo humano y se aplica a los sistemas de suministro de agua proporcionados por los sistemas de distribución de agua.

Tabla 8. Requisitos físicos y químicos del agua para consumo humano.

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

^a Se conoce también como *Turbidez*.

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

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

Fuente: (Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108 Sexta Revisión)

9. VALIDACIÓN DE LA PREGUNTA CIENTÍFICA

¿Es posible establecer la distribución espacio-temporal de As en la microcuenca del río Blanco, provincia de Cotopaxi, periodo 2022?

Si es posible, porque se utilizó una serie de procesos que llevaron al cumplimiento de cada uno de los objetivos planteados, como en la caracterización biofísica de la zona de estudio, además de la determinación de la concentración de As en sitios poco monitoreados como lo es la quebrada Talahuachana en base a los resultados de los análisis de laboratorio obtenido del muestreo de agua, se pudo determinar la concentración de As con valores radicales de origen volcánico, con respecto a las zonas de muestreo se obtuvieron los siguientes resultados: As en agua superficial en los meses de abril con valores de 0,18 mg/L a 2,25 mg/L, mayo de 0,24 mg/L a 1,58 mg/L (época seca), junio de 0,17 mg/L a 2,19 mg/L, julio de 0,28 mg/L a 3,76 mg/L y agosto de 0,16 mg/L a 1,89 mg/L (época lluviosa), los cuales incumplen las regulaciones establecidas por OMS y la legislación ambiental ecuatoriana (LIBRO VI Anexo 1 - TULSMA), resultando ser no aptas para consumo humano y uso agrícola o de riego al superar los LMP. Finalmente se estableció la relación entre variables meteorológicas y geológicas para responder la presencia y distribución geo-espacial de los altos niveles As recurrentes en la microcuenca, a la cual están expuestos los habitantes de estas zonas.

¿Es posible evaluar el riesgo a la salud por exposición al As en la microcuenca del río Blanco??

Si es posible, ya que mediante el cálculo de la Dosis Diaria Promedio Vitalicia (DDPV), que en respuesta es referida al cálculo del Coeficiente de Peligro (CP) establecidas en las distintas zonas de estudio evaluadas, deduciendo valores inferiores al valor límite (<1) recomendado por la Agencia de Protección Ambiental de EE. UU, que se interpreta como ausencia de riesgo ambiental para las personas residentes del área de investigación y mediante el Cálculo de Riesgo de Cáncer (CRC), presentó un nivel de riesgo alto (E-4) en la parte alta de la microcuenca referente a los dos primeros puntos y riesgo medio (E-5) en las subsiguientes zonas de muestreo.

10. DISEÑO METODOLÓGICO

10.1 Método de investigación

La investigación científica de calidad en el dominio activa de su respectivo campo disciplinar o profesional, converge en un procedimiento riguroso-ordenado y sistemático, la cual aplica un diseño investigativo que permita dar soluciones prácticas a problemas específicos. Por lo tanto, los métodos científicos a consideración en el presente proyecto fueron: de nivel teórico, empírico-no experimental longitudinal (retrospectivo) y estadístico-matemático desde la lógica o razonamiento deductivo. Es decir, la investigación tiene un enfoque cuantitativo de alcance descriptivo (comparativo) explicativo y de nivel propositivo para dar cumplimiento con los objetivos planteados.

10.1.1 Método Deductivo (Indirecta)

Mediante la deducción de datos resaltantes de investigaciones preliminares enmarcadas en relación al área de investigación de emplazamiento regional o condiciones geográficas de la zona como causa directa en la manifestación de la problemática ambiental implantada a la afirmación universal, al evidenciar la realidad del medio físico natural nacional de los afluentes andinos, suscita la corroboración de la particularidad a través de la recopilación de datos e información en campo mediante puntos de muestreo temporarios-estratégicos, que permitirá compendiar la veracidad e interpretación de la variación (dispersión) en los niveles de las concentraciones actuales de As, obtenidos en las muestras de carácter recurrente e incremental y previsible que responden su presencia a factores naturales de origen geológico (actividad volcánica) por la relación directa de la Cordillera de los Andes sobre el comportamiento del sistema fluvial Andino.

10.1.2 Método Inductivo

Los métodos inductivos están generalmente asociados con la investigación cualitativa mientras que el método deductivo está asociado frecuentemente con la investigación cuantitativa (Pita Fernández & Pértegas Díaz, 2002). La utilización de un paradigma que combine lo cuantitativo y lo cualitativo nos permitirá superar

perspectivas simplistas y mejorar nuestra comprensión de los problemas sociales que afectan a millones de personas en todo el mundo (del Rio, 2007).

Mediante este método se analizan casos particulares (concentración de As) mediante la experiencia en campo los fenómenos concurrentes en las zonas de los puntos de muestreo selectos, la cual nos permite analizar y comparar la información recolectada y así determinar el estado en la que se encuentra los afluentes del área de investigación de los cuales se extraen conclusiones de carácter general y/o comparativo.

10.1.3 Método No experimental – Longitudinal (Retrospectivo)

En la investigación se aplicó el método No experimental con enfoque cuantitativo, es decir, se basa fundamentalmente en la observación del fenómeno (dispersión de los niveles de As) tal y como se presenta en su contexto natural, sin intervenir o manipular deliberadamente las variables independientes (causas naturales y/o antrópicas), al presenciar un efecto en el presente conlleva a encontrar las causas en el pasado objeto de análisis al ser motivos de estudio. De esta manera, se tiende a priorizar el análisis de causalidad, lo que implica el uso ineludible de dos tipos de variables: Variable Independiente (*Causa*) y Variable Dependiente (*Efecto*).

De esta forma, la experimentación implica incidir sobre las variables independientes, para analizar la forma en que ello afecta o impacta el desenvolvimiento del fenómeno estudiado (Solís, 2019).

10.2 Tipos de investigación

10.2.1 Descriptiva (propositiva)

El estudio es de tipo descriptivo, orientado a los procesos vinculados a la contaminación hídrica como agente generacional antagónico en los compartimentos ambientales, ya que permite analizar e interpretar los resultados que atribuye la presencia protagónica del As en los cuerpos de agua dulce, para luego correlacionar los datos y los hallazgos obtenidos en campo durante el proceso de investigación, es decir, se trabaja sobre la realidad de los hechos o fenómenos geográficos (socio-ambiental) en su correcta deducción, la cual

permitirá describir en primera instancia la caracterización sobre la condición hidro-bio-geomorfológica del área de investigación y que a su vez comprender cómo la ocurrencia o presencia en significancia espacio-temporal del evento varía en función de las características geográficas y/o antrópico, lo cual permite adoptar una mirada contemplativa al riesgo existencial potencial que significaría sobre los sistemas socio-ecológicos, centrándose en resolver el problema planteado.

10.2.2 *Explicativa*

La metodología a contemplar nos permite tener una relación causal, es decir, no sólo permite describir la eventualidad natural del fenómeno, sino que intenta encontrar y responder las causas por las cuales se da la contaminación e implica los propósitos al analizar aspectos concretos en profundidad a partir de una idea general, que incluyen búsquedas bibliográficas.

10.2.3 *Empírica o de campo (o investigación directa)*

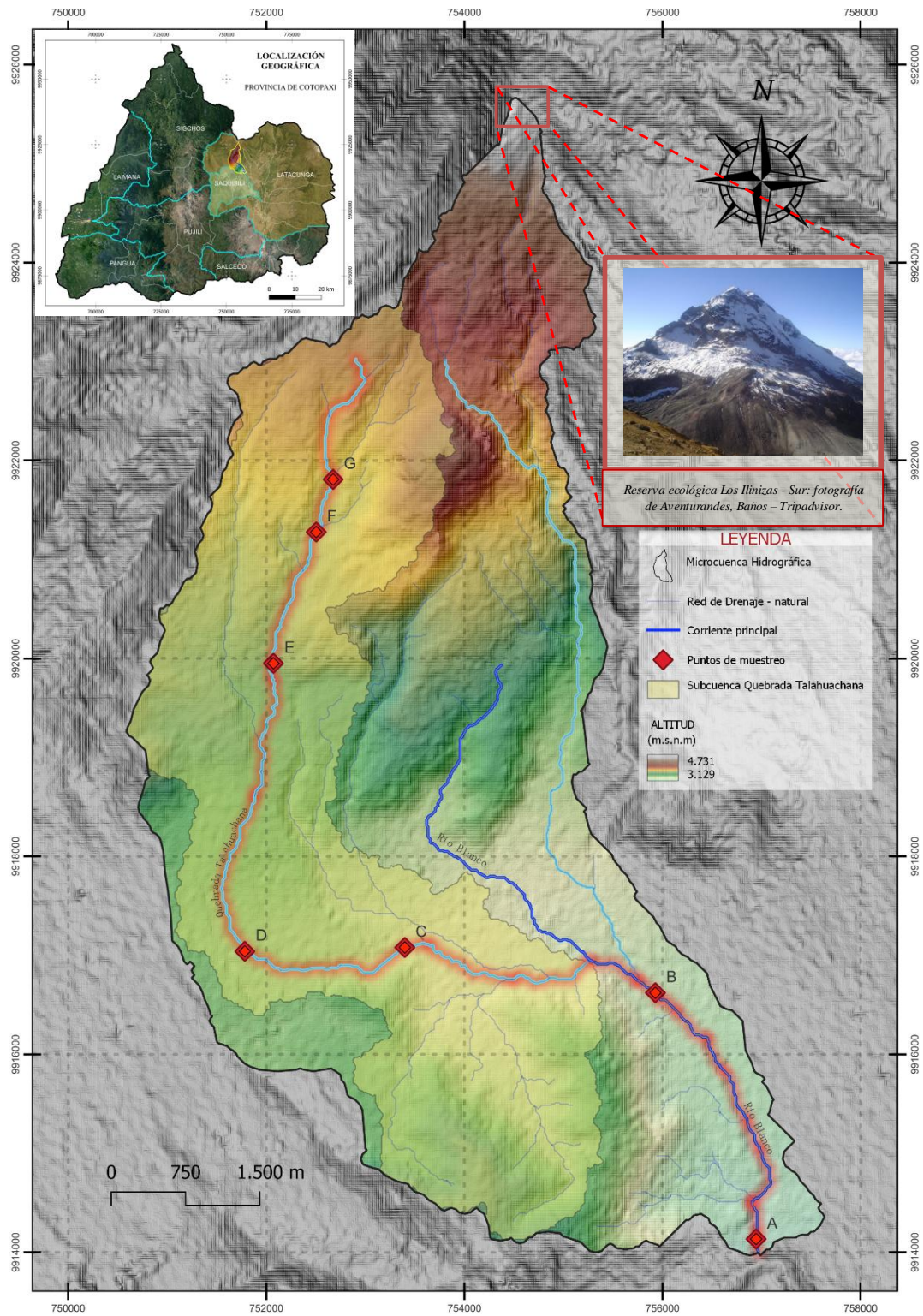
Se usará esta investigación al pretender ejecutar la extracción de información por razón de la recolección de datos u observación directa del fenómeno de estudio, mediante los respectivos puntos de muestreo de agua en relación a la accesibilidad, representatividad y seguridad se procede definir las actividades que permitan la validación en los resultados para determinar las causas que derivan en su presencia e incremento en los niveles de As, es decir zonas con alta concentración-exposición a este elemento químico natural.

10.3 Localización y situación del área de estudio

El presente proyecto de investigación pretende medir los niveles de As total recurrente en la zona geográfica Andina de la quebrada Talahuachana y afluentes de sus alrededores (alteración natural de la calidad y cantidad del recurso hídrico en su distribución espacio-temporal), que afluyen a los subsiguientes subsistemas interrelacionados y que finalmente deriva al curso principal del sistema. La microcuenca del río Blanco presenta temperaturas promedio en general oscilan entre los 4 °C a 12 °C, su altitud va desde los 3 245 m.s.n.m. hasta los 4 015 m.s.n.m. La precipitación promedio anual oscila entre los 500 a 750 mm/año.

Figura 8.

Área de estudio y localización de las zonas de muestreo de As.



Elaborado por: Jiménez Jhordan & Vega Felipe.

Dicha área delimitada hidrográficamente como base de estudio técnico, la caracterización física del sistema hidrográfico constituye un componente fundamental para el análisis y evaluación del comportamiento hídrico existente del área de investigación, se encuentra localizada en la provincia de Cotopaxi, al Noroeste (NO) del Cantón Latacunga, perteneciente a la parroquia de Toacaso. Cubre el área total de drenaje de aproximadamente 41.39 km² (ver figura nº8).

La corriente fluvial en estudio, exterioriza un significativo impacto ambiental natural la presencia de As, en lo que respecta la calidad de sus aguas a la totalidad de la microcuenca, se propone un origen geológico en predominancia a altos niveles en la variación gradual-temporal de la concentración del As en sus cuerpos de agua dulce, al encontrarse situado en preponderancia volcánica o conocido como “*Cinturón de Fuego del Pacífico*”. En algunas zonas, el As del agua de consumo afectará significativamente a la salud, interfiriendo el uso deseable del agua.

El nacimiento del río Blanco se encuentra en el extremo «Noreste» de la provincia de Cotopaxi, localizada en una de las vertientes del estratovolcán Los Ilinizas Sur, y en consubstancial confluencia a la microcuenca del río Cutuchi (*subcuenca del río Patate*), en la cual su red de cauces fluviales en extensión receptora converge sus aguas a la vertiente del Amazonas. La quebrada Talahuachana se ubica al Nortenoroeste (NNO) de la microcuenca del río Blanco, cuya longitud representativa de 9,86 km desemboca al cauce principal en dirección Sur-sudeste (SSE) de la misma, se unen y corren paralelos en dirección Sur - zonas rurales y suburbanas.

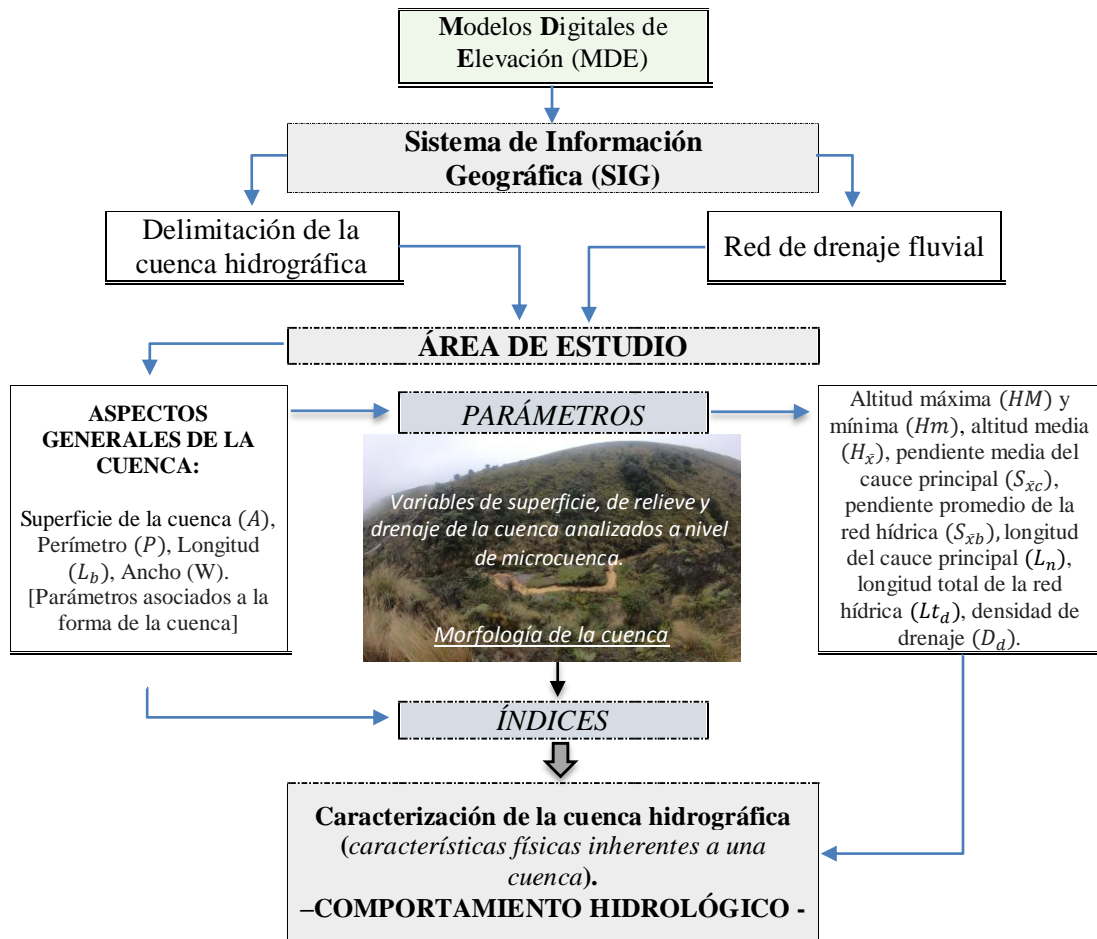
10.4 Caracterización de la zona, selección de los puntos de muestreo y toma de muestra – Análisis

10.4.1 Parámetros dimensionales de la microcuenca del Río Blanco

El procedimiento metodológico que se presenta para este estudio de caso asociados a la generalización científica, se inició con la caracterización física de la microcuenca del río Blanco por medio del análisis de los parámetros morfométricos de medición básica relacionadas con la forma, el relieve y la red hídrica de la cuenca como punto de interacción entre sus diferentes aspectos de manera previa e integral, que anexan al problema ambiental en estudio (Figura 9).

Figura 9.

Esquema metodológico para la identificación y caracterización morfométrica de la microcuenca.



Nota: La morfometría fluvial estudia diversas variables que caracterizan la forma de una cuenca de drenaje. *Fuente:* Elaboración propia.

Los índices geomorfológicos utilizados en este trabajo están basados en un análisis morfométrico: parámetros de tamaño-forma, relieve e intensidad fluvial; que permiten a través de un enfoque matemático estimado conocer la morfodinámica de la cuenca y su influencia en el comportamiento hidrológico (García et al., 2021).

Fue posible caracterizar cuantitativamente la microcuenca del río Blanco mediante el uso de la aplicación integrada de parámetros físicos morfométricos.

10.4.2 Caracterización biofísica

Se buscó que el área de estudio contemplara un modelo representativo, que mantuviera en lo posible la mayor uniformidad en la caracterización de sus condiciones físicas y ambientales, al igual que tener un buen acceso a los datos y a su vez, que sea posible verificar y comprobar con diferentes estudios precedentes. Para este conjunto de elementos se describieron sus características principales y su relación de susceptibilidad respecto a fenómenos de amenaza.

El área de investigación (páramo Andino – faldas del Iliniza Sur), corresponde a la parte alta de la subcuenca del Río Patate en correspondencia a la cuenca del Río Pastaza. La superficie del país ofrece una gran diversidad geomorfológica que integran conjuntos paisajísticos (mayor configuración natural - diferencial), presentando la repartición del relieve en una extensa red de drenaje, que requieren a la sensibilidad ambiental de ecosistemas de riqueza natural excepcional (frágiles, vulnerables y amenazados) considerados como un espacio del Sistema Nacional de Áreas Protegidas SNAP al contemplar la realidad e importancia biofísica con base a la determinación de la información topográfica, geológica y climatológica.

Los registros se crearon utilizando SIG - Software Qgis versión 3.26 Buenos Aires y la aplicación Google Earth Desktop tomando en cuenta las coordenadas recopiladas previamente levantas en el área de estudio y utilizando formatos ESRI Shapefile (SHP) en base a la información geográfica generada y obtenida de bases de datos, se crearon mapas de Fisiografía, clima, precipitación, Fisiográficos (altitud y pendiente), mapas Geológico, mapa de uso de Agua mediante el manejo de base de datos de Concesiones de agua. Los datos se obtuvieron en campo y de la base de datos del SNI (Sistema Nacional de Información), INHAMI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología), MAGAP (Ministerio de Agricultura Ganadería Acuicultura y Pesca) y El repositorio “Sistemas de Información Geográfica para Aplicaciones Agropecuarias en el Ordenamiento de Territorio y Manejo Integral de Cuencas” Repositorio de la Universidad del Azuay.

10.4.3 Identificación y evaluación de los puntos de muestreo

Proceso de la toma de muestras

Para efectuar el análisis e interpretación de calidad de agua en los resultados obtenidos luego de compilados los datos, que en contemplativa a los lineamientos del laboratorio analítico-ambiental especializado LANCAS – INAMHI, permitirá justificar el planteamiento final del problema ambiental, en lo referente a la presencia y comportamiento en los niveles o concentraciones de As, procedentes de la estricta observancia directa. La norma técnica utilizada para el muestreo del agua tratada en la quebrada Talahuachana y río Blanco (cauce principal), se realizó en base a las directrices establecidas en las Normas Técnicas Ecuatorianas: NTE INEN 2176:2013 Agua. Calidad del agua. Muestreo. Técnicas de muestreo y NTE INEN 2169-2013 Agua. Calidad del agua. Muestreo. Manejo y conservación de muestras.

10.4.3.1 Identificación de los Puntos de Muestreo (evaluación periódica)

Fase de Campo

Para la representatividad espacial del sistema de coordenadas de los puntos que muestran los sitios específicos de muestreo obtenidos en campo (In-Situ), se utilizó la herramienta SIG (del software QGIS), mediante la utilización de mapas base (Quick Map Services: Google Maps), defiere a verificar la disponibilidad de vías de acceso (conexión de vías de primer y segundo orden – movilización), seguridad y la presencia poblacional e infraestructuras existentes en el sector (tomando como referencia una estructura perimetral – puente), de esta manera se atribuye a la selección de 7 zonas de muestreo más representativas del recurso hídrico (reconocimiento de fuentes de contaminación e impacto ambiental) en estudio: aguas arriba y aguas abajo, es decir, a lo largo del afluente de la quebrada Talahuachana-río Blanco, lo que conlleva a contemplar el proceso de identificación y localización satelital definitivo de cada sitio de monitoreo, con una distancia significativa entre cada punto clave, y en orden descendente fue situado los puntos (A-G), corresponde los primeros puntos al sector de Planchaloma, y el punto final (desemboque) próximo a Cuicuno Sur de Toacaso.

10.4.3.1.1 Puntos de muestreo en la quebrada Talahuachana

Punto A

Breve descripción:

Este punto se encuentra ubicado en las siguientes coordenadas geográficas: X: 752675; Y: 9921808 a una altura de 3745 m.s.n.m. Es una de las quebradas de agua de los Ilinizas que presenta mayor accesibilidad en su punto más alto en el sector de la comuna. En el sitio de muestreo no se evidencia descargas residuales directas o acumulación de desechos a simple vista, en cierto sentido es intervenido por construcciones de tomas de agua, muros de contención y tanques de reservorios. En los alrededores se logra presenciar vías de tercer orden. Además, se presencia vegetación autóctona de páramo y actividad pecuaria, varios ojos de agua, es decir, puntos de carga de agua subterránea que desembocan y se unen al cause principal. La temperatura y pH promedio del agua en el punto de muestreo fue de 10,3 °C y 5,71 «ácido», respectivamente. Presenta turbidez escasa o en normalidad. No hay presencia de vida acuática, cómo se observa en la *Fotografía 1*.

Fotografía 1.

Diagnóstico de la calidad ambiental actual del punto de muestreo de agua (A).



Fuente: Trabajo de campo.

Punto B

Breve descripción:

Este punto se encuentra ubicado en las siguientes coordenadas geográficas: X: 752504; Y: 9921277 a una altura de 3700 m.s.n.m., correspondientemente a 0,56 km del punto G siguiendo la dirección del cauce. En este punto de muestreo no presenta descargas residuales directas, en cierto sentido presenta acumulación de sedimentos arrastrados por la corriente con vegetación, a simple vista se ve intervenido al evidenciarse construcciones grandes de reservorios de agua y división de aguas para diferenciar su uso. En los alrededores hay presencia de vegetación autóctona de paramo, en las riberas de los afluentes no hay presencia de cultivos, ganado ni caminos secundarios. La temperatura y pH promedio del agua en el punto de muestreo fue de 10 °C y 6,54 «neutro», respectivamente. La Turbidez que representa el caudal de este punto es escasa, poca presencia de rocas grandes, los sedimentos del cauce del río presentan coloraciones naranja-amarillentos, el color del agua es anaranjado. A simple vista no existe presencia de vida acuática, cómo se observa en la *Fotografía 2*.

Fotografía 2.

Diagnóstico de la calidad ambiental actual del punto de muestreo de agua (B).



Fuente: Trabajo de campo.

Punto C

Breve descripción:

Este punto se encuentra ubicado en las siguientes coordenadas geográficas: X: 752072; Y: 9919950 a una altura de 3585 m.s.n.m. El punto de muestreo se encuentra a 1,4 km del anterior punto siguiendo su desembocadura común. El sitio no presenta descargas residuales directas o acumulación de desechos en las riberas, además se puede observar que en la parte superior del punto circulan tuberías de agua. En los alrededores existe presencia de caminos de segundo orden transitados por vehículos, personas y animales, no existen cultivos, presencia de bosque y vegetación autóctona de paramo. La temperatura y pH promedio del agua en el punto de muestreo fue de 12,1 °C y 7,7 «neutro», respectivamente. La turbidez en esta escorrentía del cauce es más notable en este punto, aunque las rocas y sedimentos de este punto tienen coloraciones más claras y menos naranja-amarillentas, el color del agua tiende al turquesa. A simple vista no existe presencia de vida acuática, cómo se observa en la *Fotografía 3*.

Fotografía 3.

Diagnóstico de la calidad ambiental actual del punto de muestreo de agua (C).



Fuente: Trabajo de campo.

Punto D: Ruta Qhapaq Ñan**Breve descripción:**

Este punto se encuentra ubicado en las siguientes coordenadas geográficas: X: 751783; Y: 9917040 a una altura de 3440 m.s.n.m. El punto de muestreo se encuentra ubicado a una distancia de 2,9 km al anterior punto siguiendo la desembocadura de la quebrada Talahuachana. El sitio de muestreo presenta descargas residuales directas e indirectas producto de las actividades agropecuarias, por lo que conlleva la acumulación temporal de basura producto de las laderas de los cauces secundarios que confluyen al cauce principal. En los alrededores distanciados existe no sólo la presencia de escasas viviendas con caminos de primer y segundo orden que se usan según la temporalidad del cauce del río y se presencia cultivos familiares con sistemas de regadíos, también bosques y terrenos de vegetación autóctonos. La temperatura y pH promedio del agua en el punto de muestreo fue de 11,2 °C y 7,84 «neutro», respectivamente. Presenta una turbidez media, la rocas y sedimentos en este punto son más dispersas, presentan coloraciones naturales en las rocas y el color del agua es un poco turquesa más claro, cómo se observa en la *Fotografía 4*.

Fotografía 4.

Diagnóstico de la calidad ambiental actual del punto de muestreo de agua (D).



Fuente: Trabajo de campo.

Punto E

Breve descripción:

Este punto se encuentra ubicado en las siguientes coordenadas geográficas: X: 753399; Y: 9917079 a una altura de 3365 m.s.n.m. El sitio de muestreo presenta descargas residuales directas de tuberías y acumulación de escombros y basura en las riberas del cauce, existe una intervención de construcciones de muros de contención que están colapsadas. En los alrededores existe la presencia de caminos de primer y segundo orden, poca cantidad de cultivos familiares, se anexan bosques y vegetación autóctona del sector. Se puede diferenciar el cauce del río ojos de agua que se suman al cauce natural, el mismo presenta sedimentos anaranjados-amarillentos y sedimentos con presencia de residuos tipo hidro carburados. La temperatura y pH promedio del agua en el punto de muestreo fue de 12,1 °C y 7,65 «neutro», respectivamente. Además, presenta una gran turbidez, no existe mucha presencia de roca y sedimentos, la coloración de los mismos es natural en el cauce principal mientras que el color del agua es Turquesa opaco a Oscuro debido al contenido de sedimentos, cómo se observa en la *Fotografía 5*.

Fotografía 5.

Diagnóstico de la calidad ambiental actual del punto de muestreo de agua (E).



Fuente: Trabajo de campo.

10.4.3.1.2 Puntos de muestreo en la corriente principal – río Blanco

Punto F

Breve descripción:

Este punto se encuentra ubicado en las siguientes coordenadas geográficas: X: 755929; Y: 9916621 a una altura de 3260 m.s.n.m., se encuentra ubicado a una distancia de 2,6 km. Este punto se localiza dentro del sector de Canchagua. El sitio de muestreo a simple vista no presenta descargas residuales directas o acumulación de desechos en las riberas del cauce, se observa no intervenido, pero en la parte alta presenta construcción de divisoria de agua y canales de concreto. En los alrededores existe la presencia de escasas viviendas con caminos de tercer orden y en las riberas de la quebrada cultivos agrícolas familiares, poca presencia de ganado y también escasa cantidad de bosques y vegetación autóctona. La temperatura y pH promedio del agua en el punto de muestreo fue de 13,9 °C y 7,65 «neutro», respectivamente. El flujo continuo del río denota una turbidez alta y no existe mucha presencia de rocas y sedimentos, la coloración de los mismo es natural en el cauce principal mientras que color del agua es amarillento claro a café oscuro debido al contenido de sedimentos, cómo se observa en la *Fotografía 6*.

Fotografía 6.

Diagnóstico de la calidad ambiental actual del punto de muestreo de agua (F).



Fuente: Trabajo de campo.

Punto G

Breve descripción:

Este punto se encuentra ubicado en las siguientes coordenadas geográficas: X: 756947; Y: 9914133 a una altura de 3130 m.s.n.m. con una distancia significativa desde el anterior punto de 2,7 km. El sitio de muestreo no presenta descargas residuales directas a simple vista ni presencia de desechos en las riberas del cauce se supondría en primera instancia ser una zona no intervenida. En los alrededores no existe la presencia de viviendas ni cultivos familiares, en base a la conexión entre comunidades resilientes existe presencia de caminos de segundo orden y vegetación autóctona en las riberas. La temperatura y pH promedio del agua en el punto de muestreo fue de 12,8 °C y 8,46 «alcalino», respectivamente. Presenta en su caudal mayor turbidez al no existir en gran número la presencia de rocas grandes y sedimentos, la coloración de los mismo es natural en el cauce principal mientras que color del agua es café oscuro debido al contenido de sedimentos. No existe presencia de vida acuática, cómo se observa en la *Fotografía 7*.

Fotografía 7.

Diagnóstico de la calidad ambiental actual del punto de muestreo de agua (G).



Fuente: Trabajo de campo.

10.4.3.1.3 Recolección de muestras mensuales

El muestreo es el primer paso para la determinación de la calidad del agua de una fuente hídrica o cauce, siendo que la persona que recoge una o varias muestras representativas del caudal de cada punto o zona de muestreo y en posterioridad las lleva al laboratorio, implica ser corresponsable de la validez de los resultados.

La recolección de las muestras representativas se centró en un periodo mensual, llevándose a cabo en la época seca y lluviosa durante el periodo comprendido de abril-agosto de 2022, se tomaron las muestras a partir de la última semana del mes en los meses contemplados en horario diurno, en el lugar de toma de la muestra, para finalmente ser comparadas con los LMP según la normativa técnica ambiental nacional vigente (LIBRO VI Anexo 1 – TULSMA y NTE INEN 1108), de manera que, permite definir zonas de altas concentraciones o grandes volúmenes prevalecientes de As, ya que en 'concentraciones superiores' a la permitida es tóxico para la salud humana y ambiental.

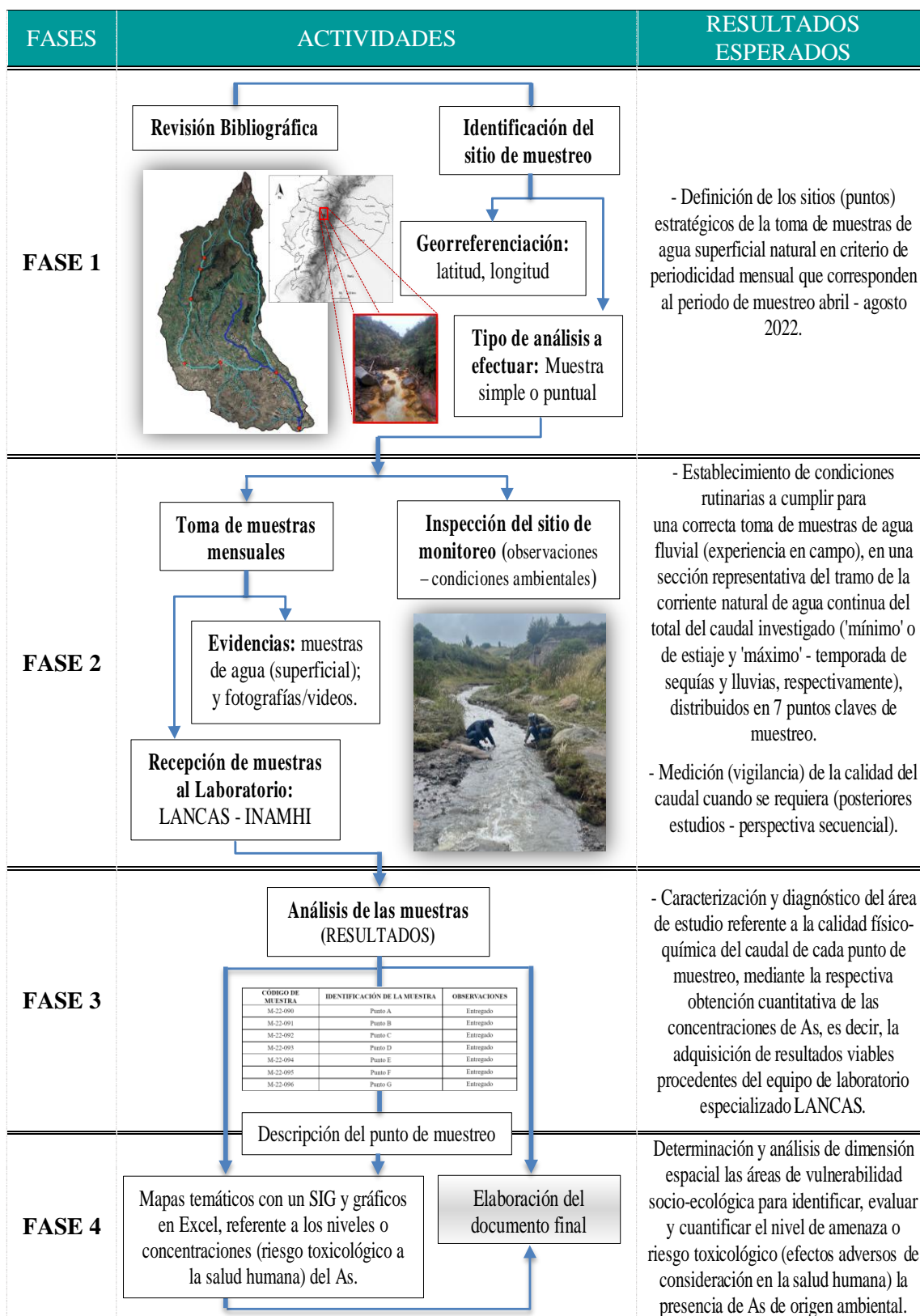
10.4.3.1.4 Método de Preservación

Las muestras se preservaron siguiendo los lineamientos propuestos por el laboratorio acreditado LANCAS, al incorporar 5 gotas de Ácido Nítrico (HNO_3) concentrado libre de trazas por cada muestra recolectada. En la fase de recepción de muestras se procura mantener conservadas a congelación, en un lugar oscuro (cooler) para conservarlas durante su envío y traslado al laboratorio dentro de los límites de tiempo aceptables, como indica el protocolo de conservación para mediciones de As.

10.4.3.1.5 Transporte y Almacenamiento

Una vez recolectado las muestras de agua con el respectivo preservante, se procede al etiquetado e identificación con los respectivos parámetros solicitados por parte del laboratorio (lugar, fecha y hora de muestreo, tipo de muestra, responsabilidad, y otras observaciones adicionales). Además, se almacenan en un cooler proporcionado por la institución pública para el respectivo análisis de aguas, hasta su entrega correspondiente en un corto período de tiempo.

Tabla 9. Diagrama Metodológico.



Fuente: Elaboración propia.

10.4.4 Dispersión espacio-temporal de la concentración del As

10.4.4.1 Dispersión Espacial

Para evaluar la dispersión espacial de la concentración total de As en la quebrada Talahuachana se utilizaron los resultados de los análisis de laboratorio de los 7 puntos de muestreo en los meses de abril, mayo, junio, julio y agosto, y que, mediante el cálculo de las medidas de tendencia central de nuestros datos, se procede a realizar una tabla de frecuencias agrupadas en intervalos de las concentraciones de As, a esto permitirá detallar el comportamiento del valor representativo de la concentración total de todos los meses para cada punto. A posteriori, los datos obtenidos son representados en un mapa de calor de un radio de 2 km en unidades del mapa y valor máximo automático mediante la herramienta de simbología y categorización, esto representa la concentración y el alcance de cada punto de muestreo en la zona de estudio.

10.4.5 Dispersión Temporal

Para calcular la dispersión temporal de la concentración total de As en la quebrada Talahuachana, siendo que, el suministro de los resultados de los análisis de laboratorio referente a los 7 puntos de muestreo, asumidos en los meses contemplados anteriormente, y con respecto a los datos de CRUTEM4 (Climatic Research Unit) disponible en la página: <https://crudata.uea.ac.uk/> del conjunto de datos de las estaciones meteorológicas de todos los continentes de la tierra, se procede la utilización de datos adjuntos equivalentes a un periodo de 10 años (2010-2019), del cuadrante correspondiente a las parroquias de Toacaso y Saquisilí en lo que compete al área de investigación, para determinar la comparación en relación a la dimensión espacial de las reacciones de precipitación en los afluentes que derivan en los cauces principales con correspondencia al comportamiento ambiental del As en el contexto de las temporadas secas y lluviosas, y que mediante el coeficiente de correlación lineal de Pearson (r) como la técnica estadística utilizada para investigar la relación entre la precipitación y la concentración de As, se realizó diagramas de dispersión o nube de puntos para identificar el tipo de relación existente y detectar posibles valores atípicos o extremos.

10.4.6 Riesgo de Toxicidad

10.4.6.1 Dosis diaria promedio vitalicia (DDPV)

En el caso de riesgo a cáncer relacionado con la dosis interna absorbida por vía oral, se tuvo en cuenta la metodología recomendada por la EPA, equivalente a la Dosis Diaria Promedio Vitalicia (DDPV) para la evaluación de la cantidad de tóxico ingerido (exposición al contaminante o de concentraciones límite), que permite identificar a través de los niveles de la concentración promedio de As presentes en las zonas en estudio, condesciende a estimar la dosis diaria promedio (dosis suministrada) o la ingesta en mg/kg de peso corporal por día.

$$DDPV_{\text{oral}} = \frac{CT \times Tc \times B \times Texp}{Wc \times Tv} \quad (1)$$

En donde:

CT = Concentración promedio del tóxico durante un periodo específico de exposición (mg/L).

Tc = Tasa de contacto (L/día) — Volumen de consumo o ingesta diaria. Habitualmente es de 2 litros por día, valor recomendado por la EPA.

B = Biodisponibilidad del toxico % — 0.7 (significa que el 70% de lo que se ingiere se absorbe).

Texp = Tiempo de exposición (día/año) — Recomendado por la EPA 70 años.

Wc = Masa corporal media del organismo humano durante la exposición (Kg) — Recomendado por la EPA 70 Kg.

Tv = Tiempo de vida (días) — Recomendado por la EPA 70 años.

Los criterios para evaluar el riesgo de los contaminantes se relacionan con los efectos cancerígenos y no cancerígenos. El riesgo cancerígeno se estima como el aumento gradual de la probabilidad de desarrollar cáncer a lo largo de la vida como resultado de la exposición a contaminantes potencialmente cancerígenos.

Este riesgo es proporcional a una baja exposición acumulada que puede ser muy baja (Echeverry et al., 2015).

10.4.7 Coeficiente de Peligro (CP)

La proporción estimada (riesgo tolerable para carcinógenos-genotóxicos por ingesta) entre la exposición a una sustancia química en un sitio en específico durante un período concreto para determinar el nivel considerable de exposición diaria al cual probablemente no produce efectos adversos apreciables en el organismo humano, al identificar cuantitativamente si la exposición al As no supera la Dosis tolerable o de referencia (DRf) del As (3×10^{-4} mg/kg*día), con este dato deriva el valor del coeficiente de riesgo tóxico o peligro (CP).

$$CP_{\text{oral}} = \frac{DDPV}{DRf} \quad (2)$$

En donde:

DDPV= Dosis diaria promedio vitalicia mg/kg/día

DRf= Dosis oral de referencia mg/kg/día

Los riesgos no cancerígenos de las sustancias tóxicas incluyen efectos de exposición que excluyen el cáncer y se evalúan utilizando dosis de referencia, es decir, la exposición permisible o una estimación de la exposición diaria en humanos, la cual no suele generar un riesgo apreciable de efectos perjudiciales durante el tiempo de vida del individuo (Echeverry et al., 2015).

Mediante el cálculo del Coeficiente de Peligro de las distintas zonas de estudio, a través del valor límite tolerable recomendado por la EPA (<1), se puede establecer la existencia de riesgo toxicológico —latente— de los peligros de exposición de mayor relevancia en la salud pública.

10.4.8 Cálculo del Riesgo de Cáncer (CRC)

Mediante la valoración del riesgo cancerígeno, permite obtener la información cualitativa y cuantitativa sobre los distintos tipos de efectos adversos a la salud que produce a la exposición por vía oral al As, a las que se ha determinado que la población está expuesta o pudiera llegar a estar expuesta.

$$CRC_{\text{oral}} = DDPV \times SF \quad (3)$$

En donde:

DDPV= Dosis diaria promedio vitalicia mg/kg/día

SF= Factor de pendiente del cáncer o factor de Potencia Carcinogénica (1,5 mg/Kg*día), derivado por la U.S. EPA.

Concentraciones de agua de consumo en los niveles de riesgo especificados o la probabilidad de desarrollar cáncer como resultado de la exposición a un contaminante (o riesgo carcinogénico), según el criterio de valoración se define el riesgo para la salud:

Risk Level	Consideration
E-4 (1 in 10,000)	High
E-5 (1 in 100,000)	Medium
E-6 (1 in 100,000)	Low

Fuente: (Marrugo Negrete & Hernández Cogollo, 2016)

Este método de extrapolación entre el coeficiente de peligro (CP) y el cálculo del riesgo por dosis suministrada (DDPV), valora dependiendo con los resultados el riesgo por exposición en la escala alto, medio y bajo (Marrugo Negrete & Hernández Cogollo, 2016).

11. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

11.1 CARACTERIZACIÓN MORFOMÉTRICA DE LA MICROCUENCA

La forma de la cuenca es el resultado de un largo proceso geomorfológico, un parámetro indicativo de las condiciones físicas de la cuenca (ver tabla nº10).

Tabla 10. Caracterización morfométrica de la microcuenca del río Blanco.

VARIABLE	PARÁMETRO (SIGLA) [UNIDAD]	EXPRESIÓN O HERRAMIENTA DE CÁLCULO	VALOR	DESCRIPCIÓN E INTERPRETACIÓN
MEDICIONES BÁSICAS	Área de captación (A) [km ²]	SIG	41.39	El área de la cuenca tiene gran importancia, por constituir el criterio de la magnitud del caudal. En condiciones normales, los caudales promedios, promedios mínimos y máximos instantáneos, crecen a medida que crece el área de la cuenca (Arango, 2001).
	Perímetro (P) [Km]	SIG	34.85	El Perímetro, delimitada por la dirección de sus cursos de agua (área de captación) en relación al relieve (cotas máximas), proporciona una idea sobre la forma de la microcuenca.
	Longitud (La) [km]	SIG	10.86	Longitud máxima de la cuenca (distancia existente entre la desembocadura y el punto más lejano de la cuenca).
	Ancho promedio de la cuenca (W) [km]	SIG	3.81	Es la relación entre la superficie (A) de la cuenca por su longitud axial (La).
PARÁMETRO DE RELIEVE	Altitud mínima (Hm) (msnm)	SIG	3 115	Es el valor de la cota más baja de la cuenca. Esta microcuenca hidrográfica forma parte del gran e importante sistema fluvial Pastaza, afluente del río Marañón, donde convergen sus corrientes fluviales al Río Amazonas (ver figura nº5).
	Altitud máxima (HM) (msnm)	SIG	4 731	Es el valor de la cota más elevada de la cuenca.
	Altitud media (Hmed) (msnm)	SIG	3 595.65	Parámetro muy importante por la influencia general que tiene en el régimen hidrológico, como consecuencia de su relación con la temperatura, la evaporación y la cantidad de precipitación y sus formas.
	Pendiente media de la cuenca (Sm) [%]	SIG	20.48	Mediante la clasificación de los diferentes tipos de relieve presentes en una cuenca hidrográfica se determinó que el tipo de relieve que presenta la microcuenca del río Blanco es fuertemente accidentado (P5) (ver tabla nº5). Las cuencas de mayor pendiente tienden a responder con mayor celeridad ante las precipitaciones al aumentar los caudales (Camino et al., 2018).
PARÁMETROS DE FORMA	Coeficiente de compacidad – Gravelius (Kc)	$Kc = 0,282 \frac{P}{\sqrt{A}}$ <i>P = Perímetro de la cuenca [km]</i> <i>A = Área de la cuenca [km²]</i>	1.53	La morfometría de la cuenca presenta una forma Oval oblonga a rectangular oblonga, con una peligrosidad media hacia las crecidas. (ver tabla nº3). A medida que el coeficiente de compacidad tiende a la unidad, aumenta la torrencialidad de la cuenca, debido a que las distancias relativas de los puntos de la divisoria, con respecto a uno central, no presentan diferencias mayores, y el tiempo de concentración se hace menor; por lo tanto, mayor será la posibilidad de que las ondas de crecida sean continuas. Nunca los valores de este coeficiente serán inferiores a uno (Arango, 2001).
	Factor o Coeficiente de forma – Horton (Kf)	$Kf = \frac{A}{L_a^2}$ <i>A = Área de la cuenca [km²]</i> <i>L_a = Longitud de la cuenca [km]</i>	0,35	En la microcuenca del río Blanco, su factor de forma confirma el alargamiento ya que el ancho promedio del área drenada es poco en relación con la longitud de la Cuenca. Una cuenca alargada tendrá menor probabilidad de recibir lluvias intensas y simultáneas sobre la totalidad de su superficie y, consecuentemente, estará sujeta a crecientes de menor magnitud que un área de igual tamaño con un factor de forma mayor (Heno Sarmiento, 1988).
PARÁMETROS DEL SISTEMA DE DRENAJE	Longitud del cauce principal (Lcp) [km]	SIG	8.61	Es la longitud del río desde el punto más distante de la cuenca, siendo la distancia equivalente que recorre éste desde su origen en aguas arriba hasta su desembocadura.
	Longitud Total de los cauces (Ltc) [km]	SIG	72.11	Es la longitud definida por la sumatoria de las longitudes de todos los cursos fluviales que drenan por la microcuenca del río Blanco.
	Densidad de Drenaje [km]	$D_d = \frac{L_{tc}}{A}$ <i>L_{tc} = Longitud total de los cauces [km]</i> <i>A = Área de la cuenca [km²]</i>	1.74	Posee una densidad de drenaje moderada, con un considerable tiempo de retención de las precipitaciones o escorrentía superficial. La densidad en la parte alta de la cuenca es medianamente alta debido a que en la zona noreste de la microcuenca es de relieve muy escarpado y montañoso. Los valores altos de la densidad de drenaje reflejan, generalmente, áreas con suelos fácilmente erosionables o relativamente impermeables, con pendientes fuertes, y escasa cobertura vegetal (Arango, 2001). La escorrentía y el caudal máximo aumentan considerablemente con la densidad del drenaje. Las altas densidades de drenaje reflejan cuencas muy bien drenadas que responden relativamente rápido al influjo de la precipitación. Las cuencas escasamente drenadas reflejan áreas mal drenadas con respuestas hidrológicas muy lentas (Arango, 2001).

Fuente: Elaboración propia en base a datos de generación propia.

11.2 CARACTERIZACIÓN BIOFÍSICA

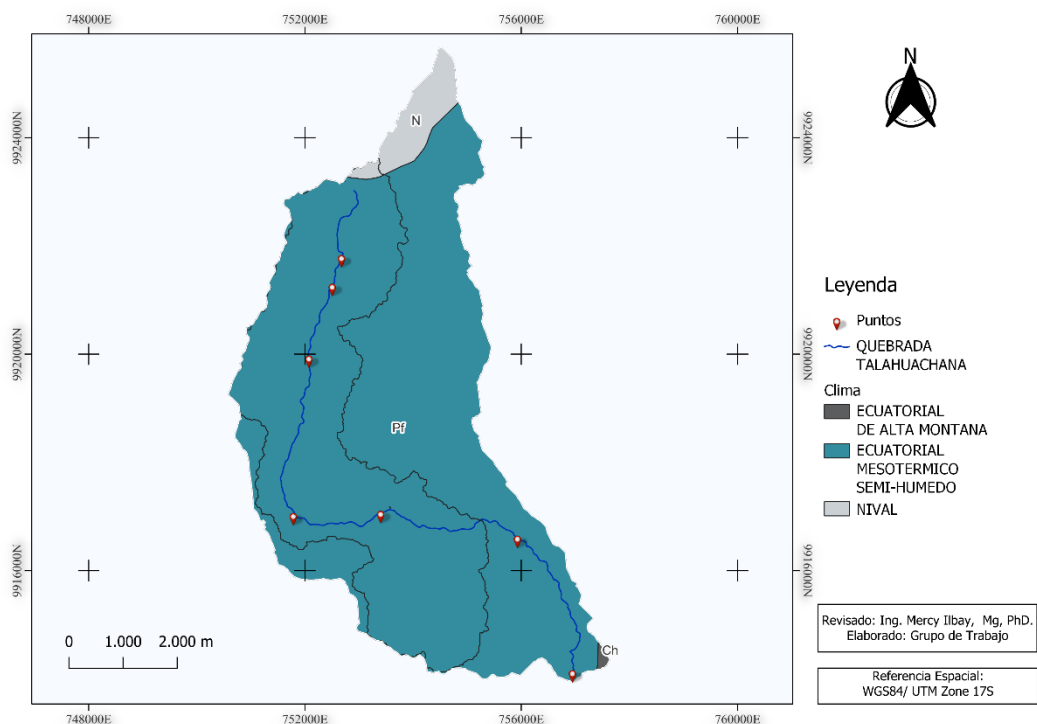
11.2.1 Clima

Es posible reconocer los siguientes climas: Nival - Ecuatorial Mesotérmico Semi-Húmedo De Alta Montana. De carácter seco exceptuando las zonas medias de valles, con temperaturas muy bajas en las partes altas, tiende a periodos de congelación debido a su cercanía con los Ilinizas, de carácter andino y paramo. Determinado por la altitud que presenta 3600 m.s.n.m. a 3000 m.s.n.m.

En zonas de clima seco, el proceso de evaporación contribuye a un aumento de la concentración de As en las aguas superficiales, lo que también provoca la salinidad y pH de las aguas. El proceso de saturación evaporativa ha causado, en parte, las concentraciones extremadamente según (V. Luís Cáceres et al., 1992).

Figura 10.

Tipos de clima quebrada Tala huachana



Elaborado por: Jiménez Jhordan & Vega Felipe

Fuente: MAGAP, 2003

Tabla 11.

Clasificación de climas quebrada Talahuachana

TIPOS DE CLIMAS		
CÓDIGO	Descripción	Área km2
PF	Ecuatorial Mesotérmico Semi-Húmedo	20551
N	Nival	14,95
CH	Ecuatorial De Alta Montana	38735

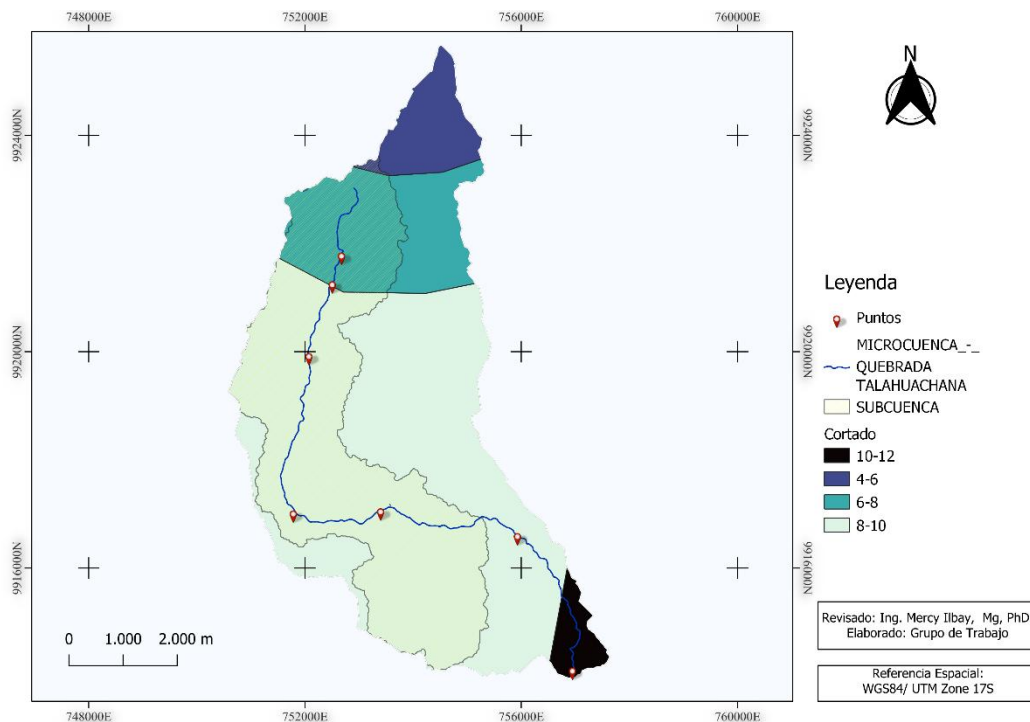
Elaborado por: Jiménez Jhordan & Vega Felipe

Fuente: MAGAP, 2003

11.2.1.1 Temperatura -Ambiente

La temperatura media anual se encuentra entre el rango de 4 °C a 12 °C, en la parte Norte alta donde inicia la quebrada la temperatura se encuentra en el rango de 4°C a 6°C y en la parte sur baja donde termina la quebrada se encuentra en el rango de 10°C a 12°C. Esta variación de temperatura se encuentra influenciada por la ubicación, vegetación y altura que presenta la zona.

Según Pino et al. (2017) la calidad de agua es influenciada por el clima, ya que las temperaturas elevadas del océano se evaporan y estas nubes son transportadas por los vientos hacia la Cordillera, se condensan, y después precipitan por diferencia de presión atmosférica y cambios de temperatura, el agua resultante en la salida de la cuenca depende de la variación del clima.

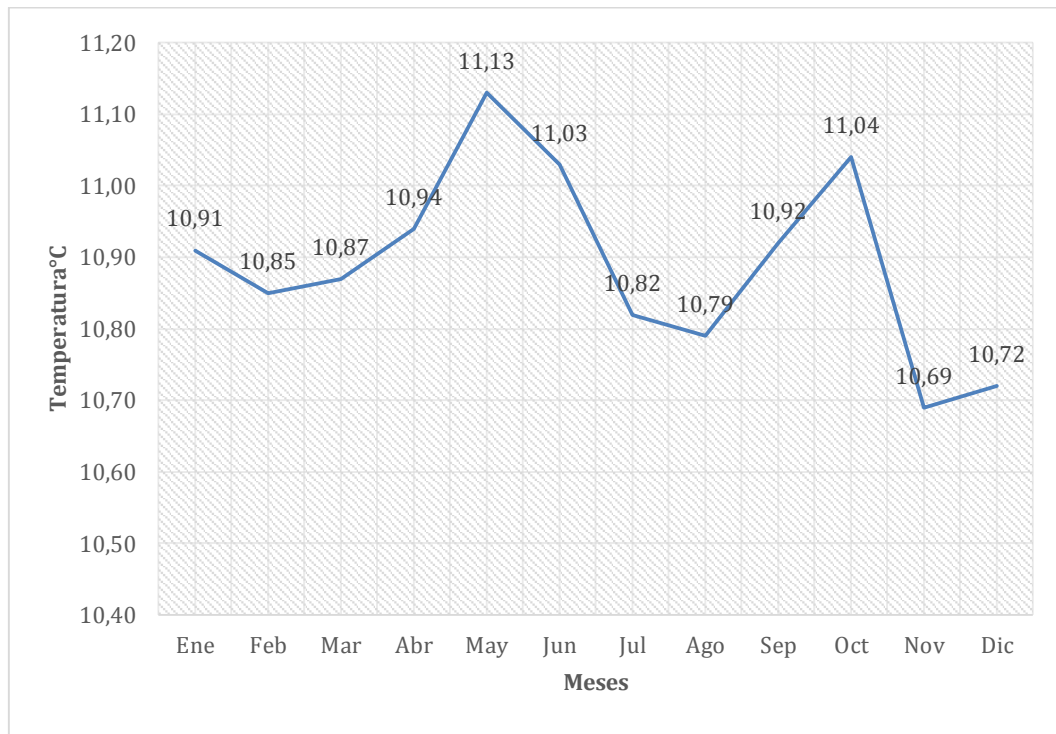
Figura 11.*Temperatura Promedio quebrada Tala huachana***Elaborado por:** Jiménez Jhordan & Vega Felipe.**Fuente:** INHAMI, 2008

Con la ayuda de la herramienta de Google Earth y el archivo en Kml proporcionado por la CRUTEM4 (Climatic Research Unit) del conjunto de datos de las estaciones meteorológicas de todos los continentes de la Tierra.

Analizamos datos de 10 años en el periodo 2010-2019 del cuadrante correspondiente a Toacaso en nuestra zona de estudio, se pudo determinar la época de mayor temperatura, entre el mes de mayo y junio, y de menor temperatura en los meses de julio y agosto, observando un declive de 0,34 grados de mayo a julio, esto modifica las propiedades del agua y ambiente alterando las concentraciones de As en los resultados de las muestras obtenidas. **Ver gráfico 1.**

Gráfico 1.

Comportamiento de la Temperatura en la parroquia Toacaso, periodo 2010-2019.

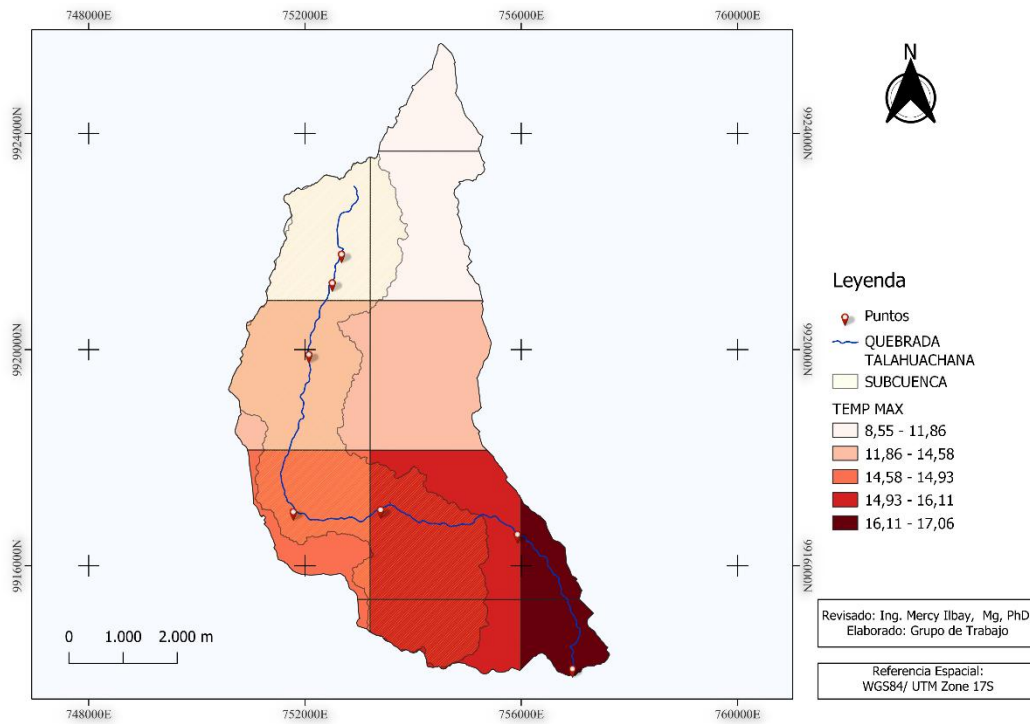


Elaborado por: Jiménez Jhordan & Vega Felipe

Fuente: Google Erth Pro

11.2.1.1.1 Temperatura Máxima

La temperatura Máxima que se puede registrar en la zona de estudio presenta rangos de temperatura desde los 8,55 °C a 11,86°C en la parte Norte alta de la quebrada. En la parte Sur Baja se presentan rangos de 16,11°C a 17,06°C como se puede observar en la Figura 12. La temperatura varía en sentido Norte-Sur con respecto a la dirección del cauce.

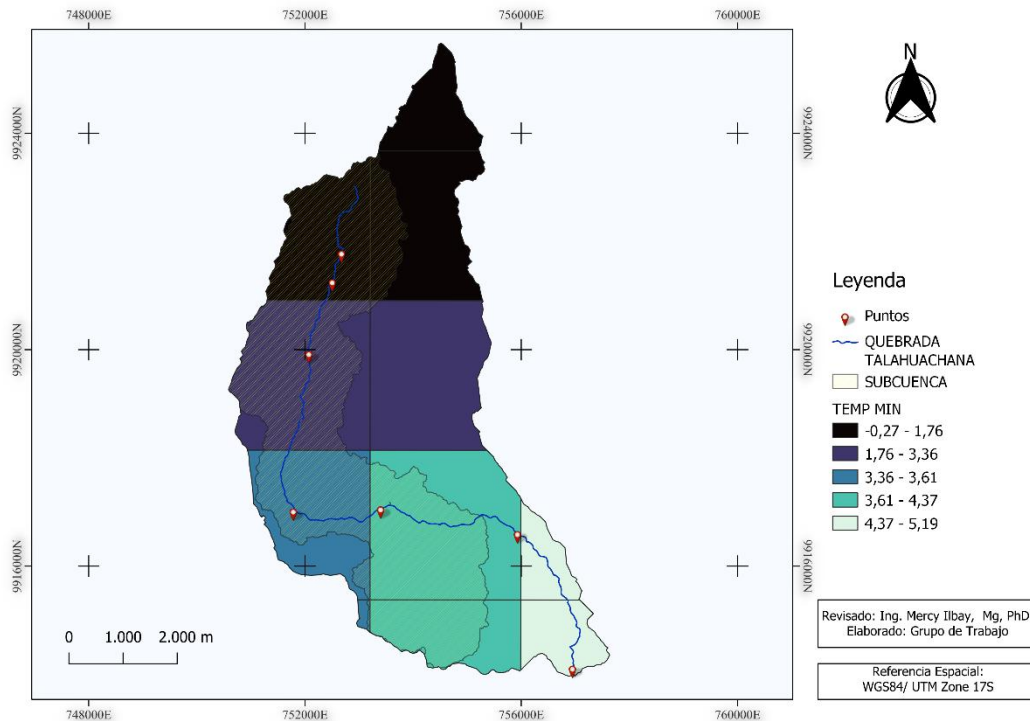
Figura 12.*Temperatura máxima en referencia a la quebrada Talahuachana.***Elaborado por:** Jiménez Jhordan & Vega Felipe**Fuente:** IERSE.

11.2.1.1.2 Temperatura Mínima

La temperatura mínima que se puede registrar en la zona de estudio presenta rangos de temperatura desde $-0,27\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $1,76\text{ }^{\circ}\text{C}$ en la parte Norte alta de la quebrada. En la parte Sur Baja se presentan rangos de $4,37\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $5,19\text{ }^{\circ}\text{C}$, como se puede observar en la Figura 13. La temperatura varía en sentido Norte Sur con respecto a la dirección del cauce.

Figura 13.

Temperatura mínima en referencia a la quebrada Talahuachana.



Elaborado por: Jiménez Jhordan & Vega Felipe

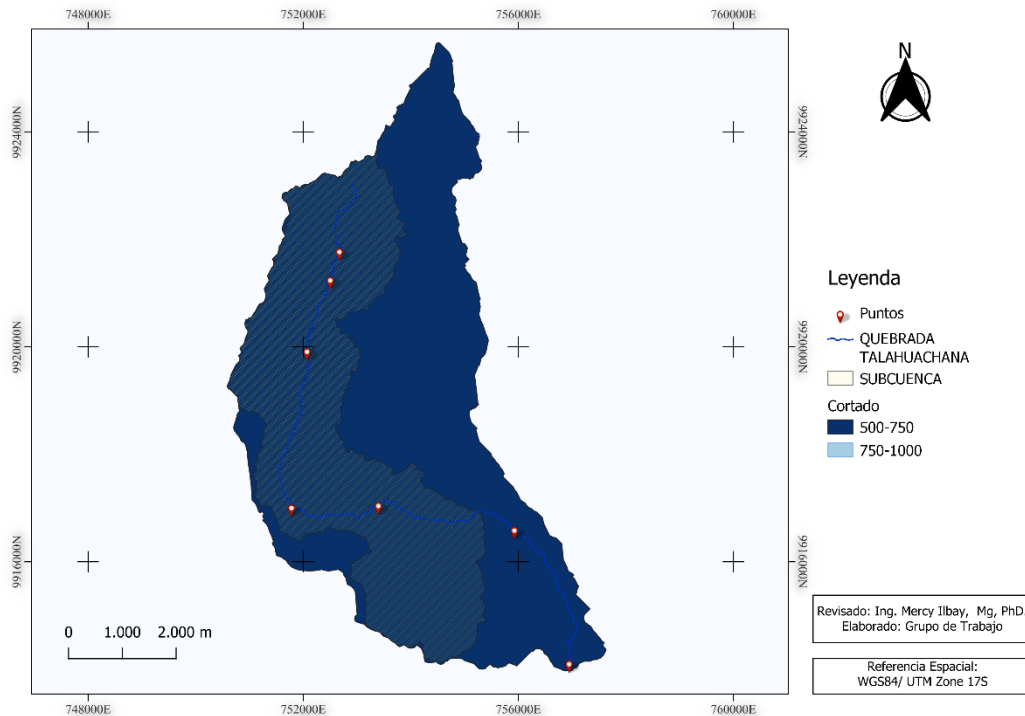
Fuente: IERSE.

Los meses en los que la temperatura es más elevada es mayo y junio y los meses donde la temperatura es más baja es en julio y agosto para el periodo 2010- 2019 pertenecientes a nuestra área de estudio.

11.2.2 Precipitación

Presenta dos rangos de precipitación la que predomina en toda la superficie correspondiente a la quebrada es 500-750 mm por año influenciado por la altura y los vientos del páramo, presenta otro rango de precipitación pero que corresponde solo a la delimitación de la cuenca en la parte este (E) alta con un rango de 750-1000 mm por año.

Las mayores precipitaciones anuales se deben a la presencia de vientos cálidos procedentes del trópico y neblina que se condensa crea las precipitaciones.

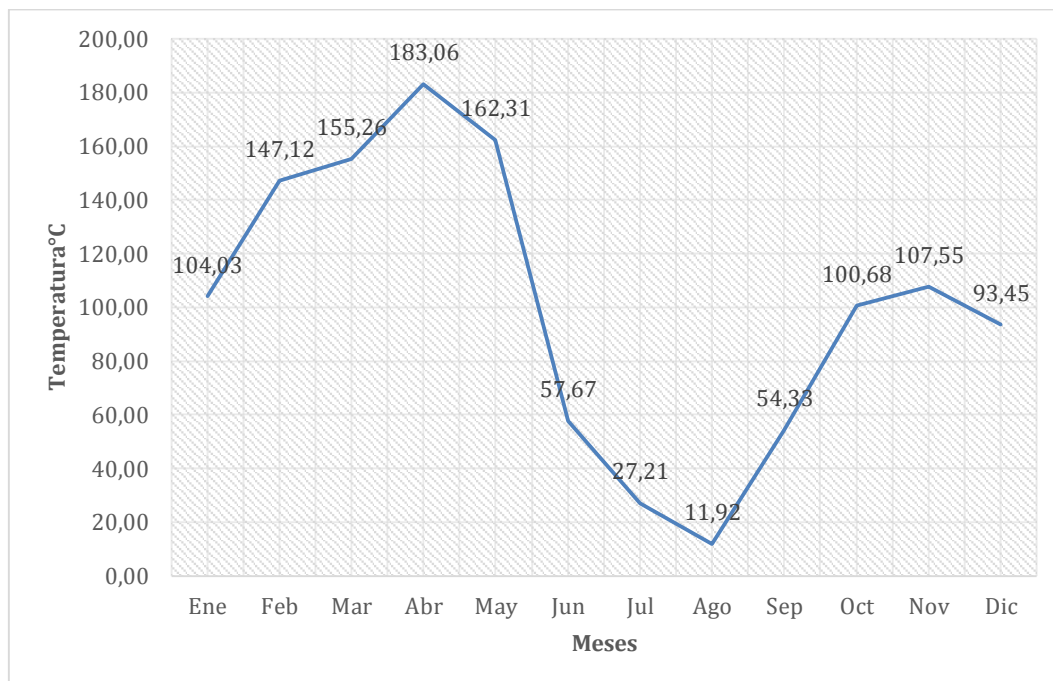
Figura 16.*Precipitación quebrada Tala huachana***Elaborado por:** Jiménez Jhordan & Vega Felipe**Fuente:** INHAMI, 2012

Según Vázquez et al. (2008) menciona que la composición original de un agua puede verse modificada por aportes procedentes de aguas de lluvia, de escorrentía y de lavado, así como aportes contaminantes; así como por pérdidas por adsorción e intercambio iónico en suelos y materiales arcillosos o por mezclas de aguas.

Una manera de evaluar la relación calidad agua-alteración roca, aplicable igualmente a otros acuíferos, consiste en calcular el aporte de la precipitación a partir de la concentración de un parámetro conservativo (inerte) en la lluvia y el agua subterránea (Bowell, 1995).

Gráfico 2.

Comportamiento de la Precipitación de Toacaso Periodo 2010-2019.



Elaborado por: Jiménez Jhordan & Vega Felipe

Fuente: Google Earth Pro CRUTEM4

Análisis de los datos de precipitación CRUTEM4 mediante Google Earth

Con la ayuda de la herramienta de Google Earth y el archivo en Kml proporcionado por la CRUTEM4 (Climatic Research Unit) del conjunto de datos de las estaciones meteorológicas de todos los continentes de la Tierra.

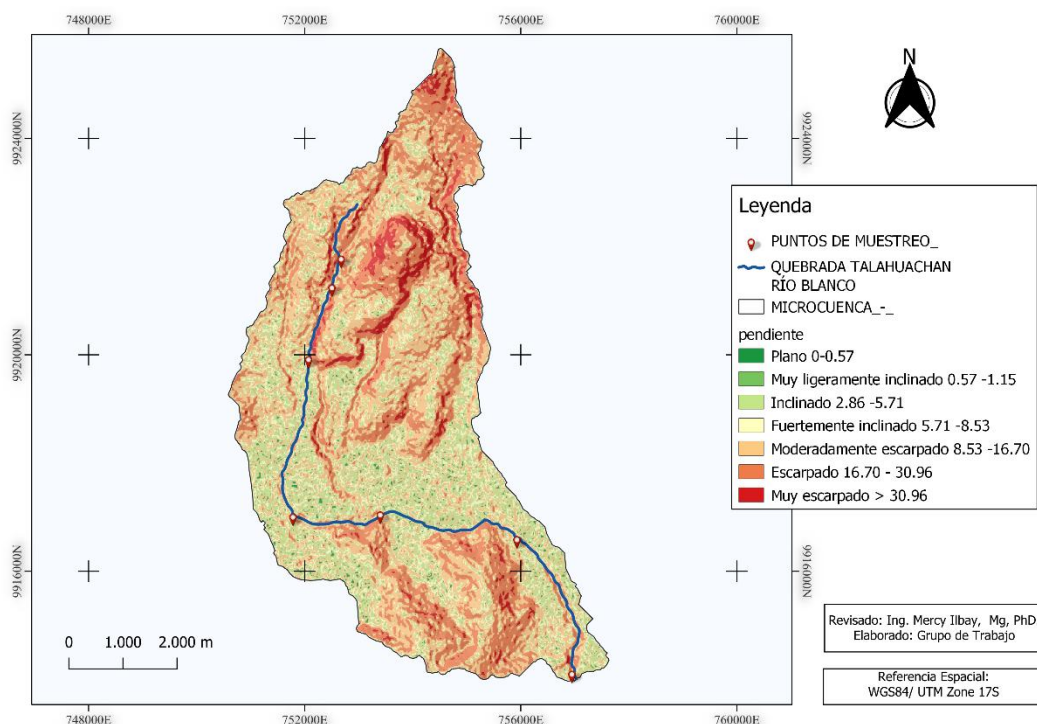
Analizamos datos de 10 años en el periodo 2010-2019 del cuadrante correspondiente a Toacaso en nuestra zona de estudio, se pudo determinar la época de transición, que existe entre el mes de abril a mayo con precipitaciones entre 183,06 mm/año a 162,31 mm/años correspondientes a la época lluviosa, en los meses de junio, julio y agosto presenta un declive pronunciado de 150,39 mm/años correspondientes a la época seca, esto afectaría directamente a la concentración ya que incrementa el caudal y podría modificar los factores ambientales sobre los resultados obtenidos. **Ver gráfico 2.**

11.2.3 Pendiente

Presenta una categoría de pendientes que se clasificaron en grados según la (FAO,2009), las pendientes que predominan son Escarpado a Muy escarpado y fuertemente inclinado a moderadamente escarpado, con los valores representativos que se observan en la Figura 17.

Figura 17.

Pendiente quebrada Tala huachana



Elaborado por: Jiménez Jhordan & Vega Felipe

Fuente: IERSE

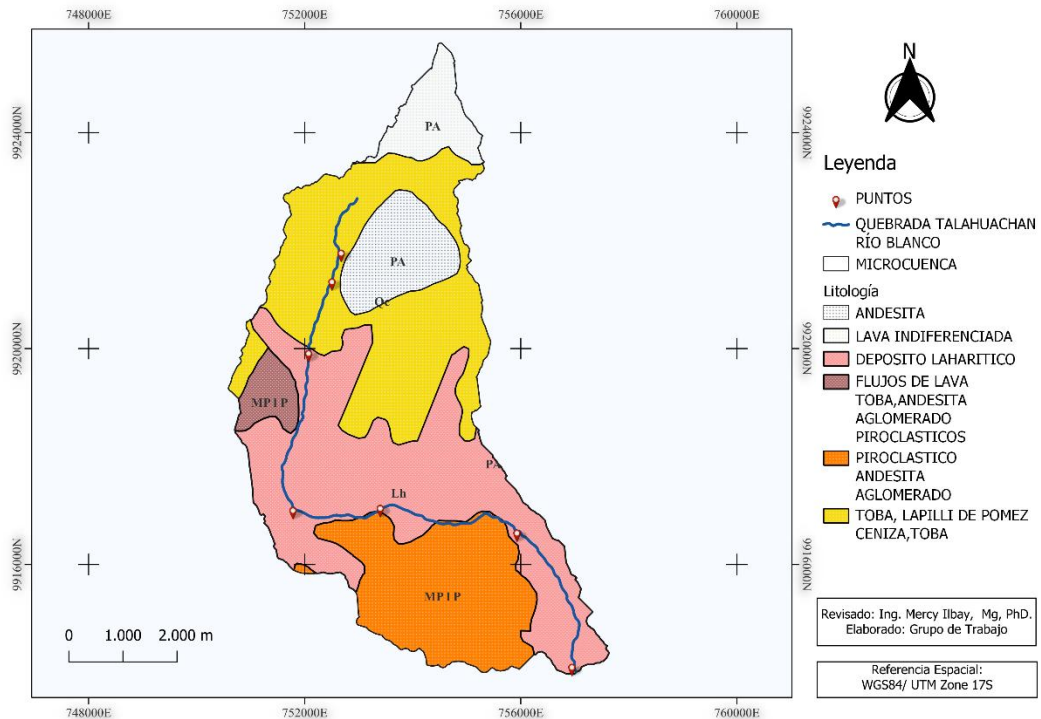
La pendiente afecta el comportamiento de la cuenca modificando la escorrentía que se genera de las aguas lluvias; Es decir, el tamaño y tiempo de formación de la inundación en el cauce principal. Las cuencas hidrográficas con pendientes pronunciadas tienden a producir inundaciones en la corriente en un tiempo relativamente corto; Estas cuencas se llaman arroyos, al igual que los ríos que las desaguan (Perilla et al., 2014).

La velocidad del flujo de agua depende de la pendiente de su canal. A mayor pendiente mayor velocidad. Los perfiles típicos de los cauces naturales son cóncavas hacia arriba: además, todas las cuencas, exceptuando las más pequeñas, tiene varios canales cada uno con un perfil diferente (Solórzano, 2010).

11.2.4 Geología

Presenta su Genesis en la formación volcánicos del iliniza y volcánicos del pisayambo con litología que va de Andesitas, lava, conglomerado, lapilli que datan en su mayoría del cuaternario, permeabilidad de baja-media a muy baja y de tipo fisuración. Rocas predominantes Andesitas, Basalto, Granito.

El As usualmente está asociado a depósitos minerales de baja temperatura que pueden ser epitermales dentro de estos se encuentra el As, Hg y Sb, El As se origina dentro de la mineralización que tenga sulfosales esto solo ocurre en rocas que presenten mineralizaciones y para que exista contaminación de As se podría dar por que en el recorrido del acuífero existe una zona mineralizada , y cuando se presenta en quebradas y ríos suele darse por que se encuentre dentro de los sedimentos debido a que estos erosionan de una zona mineralizada que usualmente son betas.

Figura 18.**Geología quebrada Tala huachana**

Elaborado por: Jiménez Jhordan & Vega Felipe

Fuente: MAGAP, 2005

La importancia de la geología del terreno por donde discurre el agua es fundamental, ya que sus propiedades dependen en gran medida de la composición química del agua. Además, hay factores naturales, sin la intervención de los humanos, donde la evidencia de la calidad del agua es influenciada por la geología que la alberga, es decir, por la interacción del ciclo hidrológico (Pino et al., 2017).

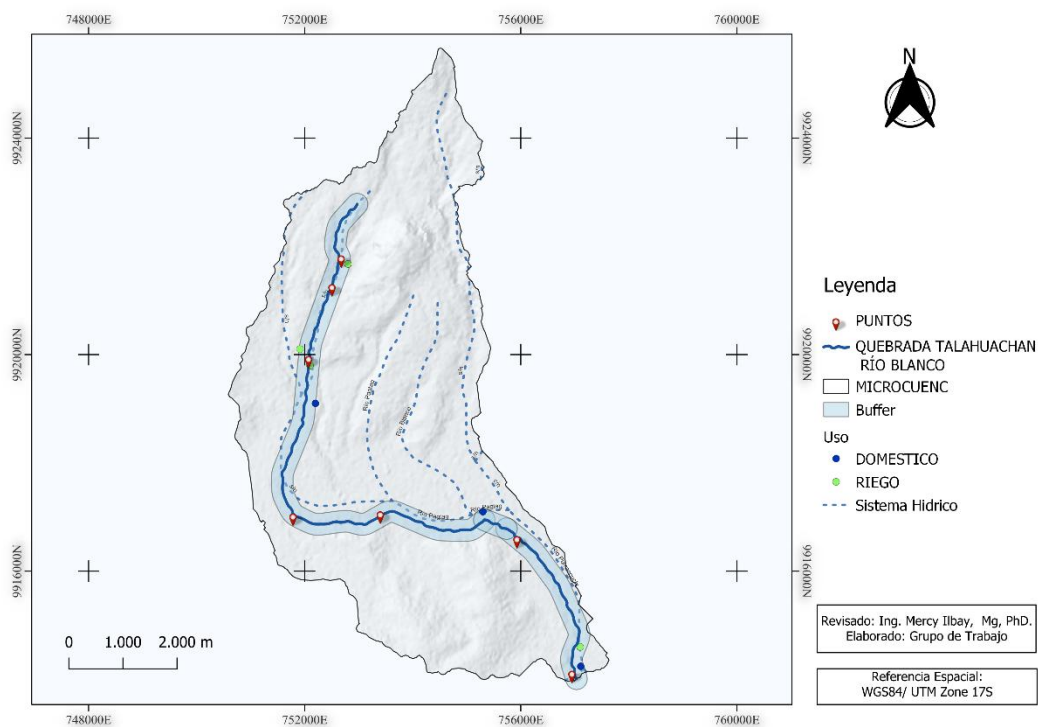
La calidad final del agua en la salida de la cuenca depende de la geología y la topografía. Las fuentes hidrotermales producto de la actividad tectónica también marcan una notable influencia debido a los aportes de elementos contaminantes (Pino et al., 2017).

11.2.5 Aprovechamiento de Agua

Mediante análisis espacial se realizó un Buffer de distancia fija para un área de influencia de 100m a cada lado del río, identificando las concesiones que se verían afectadas por la quebrada en la distancia establecida se intersecan siete concesiones que según su uso se clasifican en: 4 de riego y 2 de uso doméstico revisar tabla2. siendo estas las principales concesiones que se verían influenciadas por la quebrada Talahuachana. Como se presenta en la Figura 19.

Figura 19.

Uso de agua quebrada Tala huachana



Elaborado por: Jiménez Jhordan & Vega Felipe

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 abrevadero de animales; b) Para agricultura y ganadería; c) Para usos energéticos, industriales y mineros; y, d) Para otros usos, conforme lo prescribe el Art. 36, de La Ley Orgánica de Recursos

Hídricos Usos y Aprovechamientos del Agua, aprobada en agosto de 2014 y publicada en el registro oficial RO-305-6-08-204.

Tabla 12.

Aprovechamiento y uso de agua

APROVECHAMIENTO	USO	SECTOR
VERTIENTE TILICHE 1 Y 2	Riego	Agrícola
RIO BLANCO	Riego	Agrícola
VERTIENTE SIN NOMBRE AFLORAN TERRENOS COTO PILALO	Doméstico	Social
VERTIENTE SIN NOMBRE AFLORAN TERRENOS COTO PILALO	Doméstico	Social
VERTIENTE LOCALIZADAS BARRIO CHILLA BUENA ESPERANZA	Doméstico	Social
VERTIENTE TILICHE	Doméstico	Social
QUEBRADA LA CASCA	Riego	Agrícola
RIO BLANCO/ACEQUIA CONDA	Riego	Agrícola

Elaborado por: Jiménez Jhordan & Vega Felipe

11.3 CONCENTRACIÓN DE As Y CALIDAD DE AGUA PARA USO DOMÉSTICO

Al realizar la comparación de los resultados obtenidos en el laboratorio LANCAS, con el Acuerdo Ministerial 097A, para cantidad total de As los resultados se encuentran fuera de los límites máximos permisibles (LMP). En la Norma Técnica Ecuatoriana (NTE) INEN 1108, el As supera el rango establecido, por lo que el agua no es apta para consumo humano de ninguna forma.

Se observo que en la mayor concentración en todos los meses se registra en los dos primeros puntos y gradualmente disminuye hasta registrar valores relativamente bajos pero que no llegan al límite permitido.

Tabla 13.*Análisis de As total para consumo humano*

PUNTOS DE MUESTREO	PARÁMETRO	LÍMITES MÁXIMOS		ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO
		INEN (mg/l)	Tulsma (mg/l)	Valor (mg/l)	Valor (mg/l)	Valor (mg/l)	Valor (mg/l)	Valor (mg/l)
PUNTO A	As	0,01	0,1	2,25	1,58	1,97	3,76	1,67
PUNTO B	As	0,01	0,1	1,92	1,58	2,19	2,03	1,89
PUNTO C	As	0,01	0,1	1,18	1,04	0,82	1,35	1,10
PUNTO D	As	0,01	0,1	0,53	0,32	0,48	1,09	0,42
PUNTO E	As	0,01	0,1	0,46	0,38	0,25	0,73	0,40
PUNTO F	As	0,01	0,1	0,18	0,25	0,17	0,28	0,16
PUNTO G	As	0,01	0,1	0,20	0,24	0,19	0,31	0,20

Elaborado por: Jiménez Jhordan & Vega Felipe

11.4 Concentración de As y calidad de agua para riego

Al realizar la comparación de los resultados obtenidos en el laboratorio LANCAS, con el Acuerdo Ministerial 097-A, para cantidad total de As los resultados se encuentran fuera de los límites máximos permisibles (LMP) establecidos por la Legislación Ambiental Nacional.

Se puede observar que en la mayor concentración en todos los meses se registra en los dos primeros puntos y gradualmente disminuye hasta registrar valores relativamente bajos pero que no llegan al límite permitido.

11.5 DISPERSIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE LA CONCENTRACIÓN DEL As EN EL SISTEMA FLUVIAL

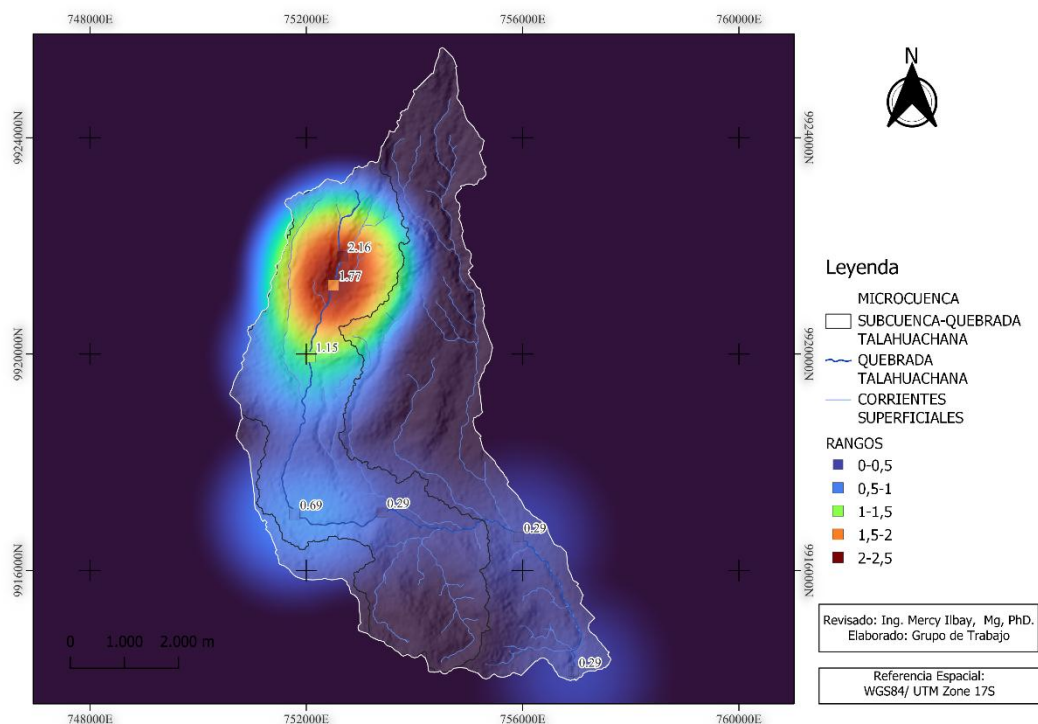
11.5.1 Dispersión espacial del As total.

La Figura 11. representan el comportamiento de la dispersión que existe en las concentraciones obtenidas para As total en siete puntos de muestreo en los meses de abril, mayo, junio y julio respectivamente. Se pudo observar el fenómeno del origen del As y su distribución en la quebrada los rangos más altos se concentran en los puntos A y B con valores de 2,16 mg/l y 1,77 mg/l y los rangos medios se

concentran en los puntos C y D con valores de 1,15 mg/l a 0,69 mg/l, y los rangos más bajos se concentran en los puntos E, F y G con una tendencia similar y con valores de 0,29 mg/l. Podemos observar que las concentraciones para cada punto influyen de manera directa e indirecta con los sub sistemas hídricos y alteran las condiciones de los mismos. La dispersión que presenta la microcuenca es variable y decreciente. Dichos resultados son marcados por la coloración del agua.

Figura 20.

Dispersión Espacial de la concentración de As en la quebrada Talahuachana

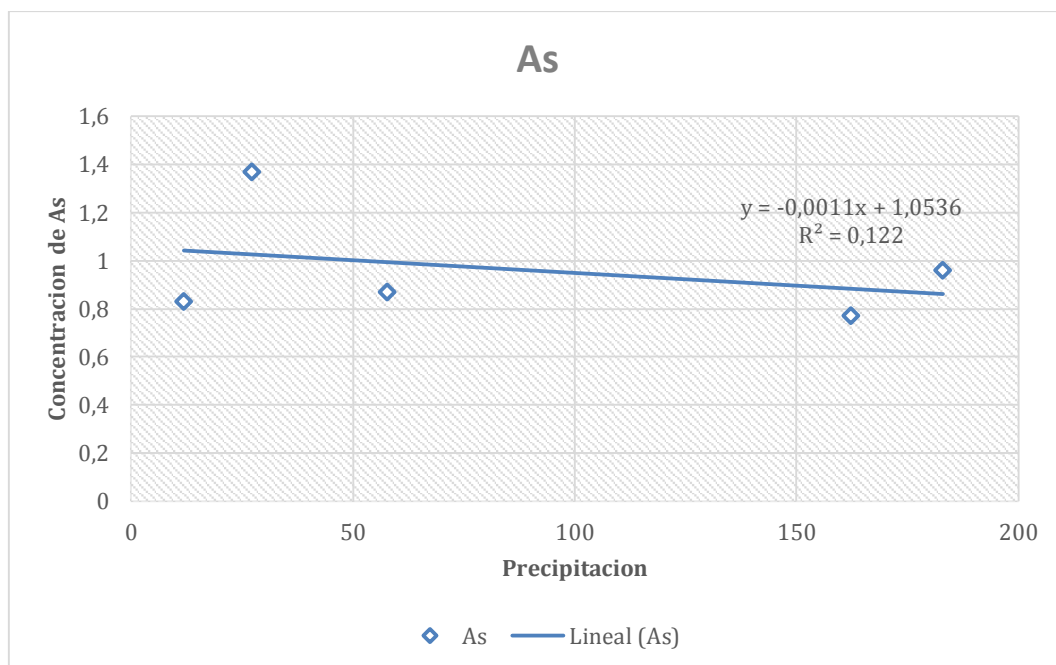


Elaborado por: Jiménez Jhordan & Vega Felipe.

Las propiedades de los sistemas de agua reflejan no sólo el impacto de la contaminación a escala local y regional, sino también el cambio ambiental global y uno de los factores más importantes del desarrollo sostenible.

11.5.2 Dispersión de la concentración de As para la época seca y lluviosa.

Gráfico 3. Regresión lineal de la precipitación y la concentración de As Total en la quebrada Talahuachana.



Elaborado por: Jiménez Jhordan & Vega Felipe

El coeficiente de Pearson con un valor de 0,35 lo que nos indica que existe una asociación moderada y el modelo es conveniente para el estudio.

El coeficiente de determinación es 0,122 lo cual indica que un 12 % de los datos de la variable independiente (As) están determinados por la variable dependiente.

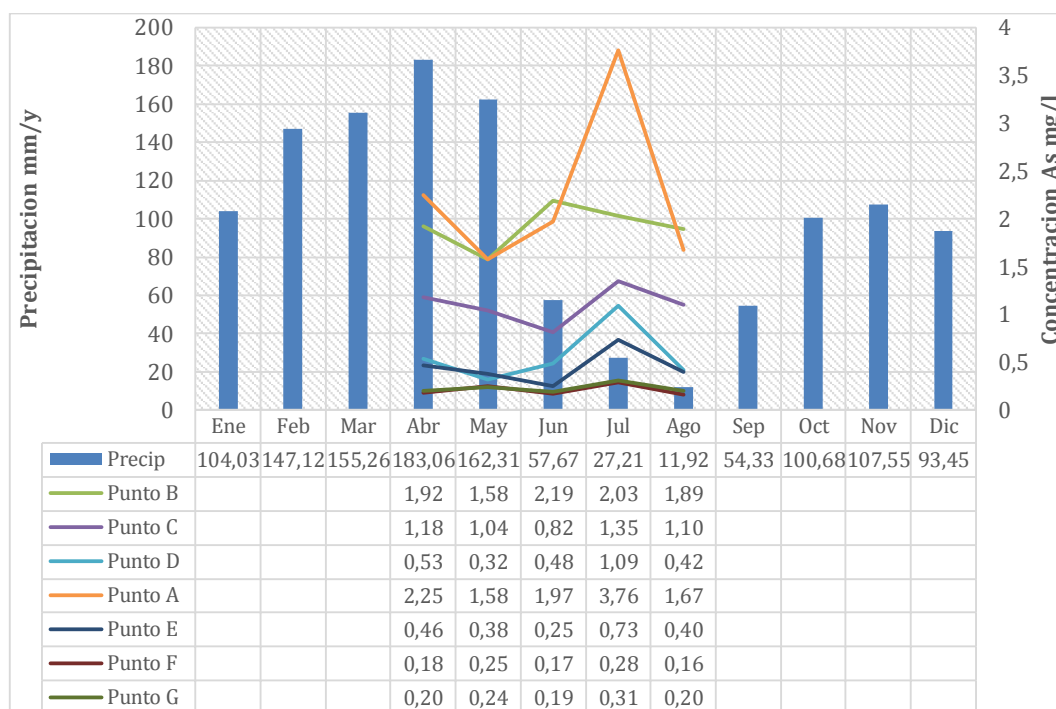
El coeficiente de no determinación es 0,87 lo cual indica que un 87% de los datos de la variable independiente (As) no están determinados por la variable dependiente.

Hemos establecido las siguientes relaciones para la dispersión temporal entre Precipitación y Concentración de As, existe una regresión de tipo Lineal, Cuya Ecuación es $y = -0,0011x + 1,0536$, donde NO existe restricción, y es posible decir que la concentración de As esta influenciada en un 0,122 % por la precipitación.

El valor estimado de la concentración de As es igual a 0,882814 mg/l, cuando la la precipitación tiene el valor de 155,26 mm/y.

Gráfico 4.

Gráfico de barras combinado de la Precipitación y la concentración de As Total en la quebrada Talahuachana.



Elaborado por: Jiménez Jhordan & Vega Felipe

Observamos la relación que existe entre precipitación y concentración total de As, la época lluviosa parte de abril a mayo con rangos de precipitación de 183,06 mm/año a 162,31mm/año y época seca de junio, julio y agosto con rangos de 57,67 mm/año a 11,92 mm/año, la concentración de As para la época seca disminuye registrando valores de 0,16 mg/l mientras que en la época lluviosa la concentración se incrementa gradualmente con una mayor apariencia en el mes de julio donde se registra el valor 3,76 mg/l siendo este el más alto de la concentración.

Las concentraciones de estos elementos contaminantes dependen en gran medida de las precipitaciones: a mayor precipitación, menores niveles de elementos como As, B, Fe y Al; esta hipótesis se confirma con los resultados de monitoreo de calidad de agua realizado por Autoridad Nacional del Agua (octubre de 2011, diciembre de 2012 y abril de 2014) (Pino et al., 2017).



11.6 Cálculo de la dosis de exposición en seres humanos

11.6.1 Dosis Diaria Vitalicia Promedio (DDVP)

El nivel de toxicidad en seres humanos (dosis-efecto) en relación del riesgo de cáncer y de no-cáncer por exposición a compuestos arsenicales, varía según la ruta de exposición, forma química (concentración en el punto de contacto), frecuencia-duración y factores humanos individuales, que mediante un cálculo de «dosis de exposición» estimada, evaluar la exposición potencial de la población al As.

Tabla 14.

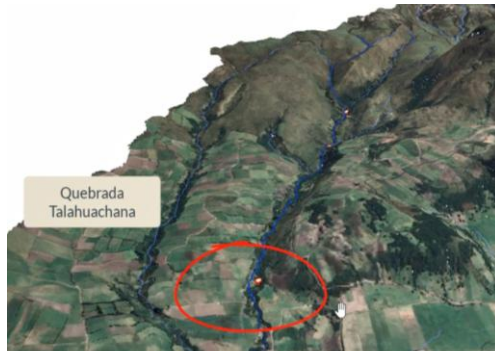
Evaluación del Riesgo de As por ingesta de agua.

Dosis Diaria Promedio Vitalicia	$DDPV = \frac{CT \times Tc \times B \times Texp}{Wc \times Tv}$
<p>PUNTO A = 0,00012 mg/kg*día</p> 	<p>CT = 2,25 mg/L</p> <p>Tc = 2 L/día</p> <p>B = 0,7 o 70%</p> <p>Texp = 25,550 días (70 años)</p> <p>Wc = 70 Kg</p> <p>Tv = 25,550 días (70 años)</p>
Dosis Diaria Promedio Vitalicia	$DDPV = \frac{CT \times Tc \times B \times Texp}{Wc \times Tv}$
<p>PUNTO B = 0,00011 mg/kg*día</p> 	<p>CT = 1,92 mg/L</p> <p>Tc = 2 L/día</p> <p>B = 0,7 o 70%</p> <p>Texp = 25,550 días (70 años)</p> <p>Wc = 70 Kg</p> <p>Tv = 25,550 días (70 años)</p>

Dosis Diaria Promedio Vitalicia

$$DDPV = \frac{CT \times Tc \times B \times Texp}{Wc \times Tv}$$

PUNTO C = 0,000060 mg/kg*día



$$CT = 1,10 \text{ mg/L}$$

$$Tc = 2 \text{ L/día}$$

$$B = 0,7 \text{ o } 70\%$$

$$Texp = 25,550 \text{ días (70 años)}$$

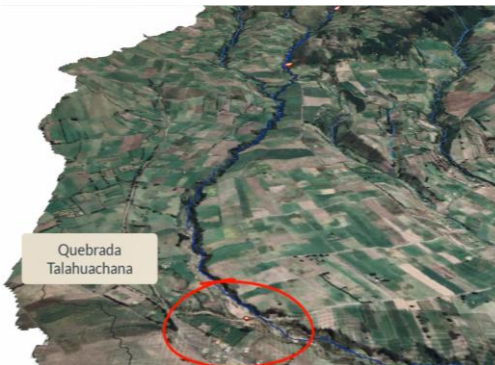
$$Wc = 70 \text{ Kg}$$

$$Tv = 25,550 \text{ días (70 años)}$$

Dosis Diaria Promedio Vitalicia

$$DDPV = \frac{CT \times Tc \times B \times Texp}{Wc \times Tv}$$

PUNTO D = 0,000031 mg/kg*día



$$CT = 0,57 \text{ mg/L}$$

$$Tc = 2 \text{ L/día}$$

$$B = 0,7 \text{ o } 70\%$$

$$Texp = 25,550 \text{ días (70 años)}$$

$$Wc = 70 \text{ Kg}$$

$$Tv = 25,550 \text{ días (70 años)}$$

Dosis Diaria Promedio Vitalicia

$$DDPV = \frac{CT \times Tc \times B \times Texp}{Wc \times Tv}$$

PUNTO E = 0,000024 mg/kg*día



$$CT = 0,44 \text{ mg/L}$$

$$Tc = 2 \text{ L/día}$$

$$B = 0,7 \text{ o } 70\%$$

$$Texp = 25,550 \text{ días (70 años)}$$

$$Wc = 70 \text{ Kg}$$

$$Tv = 25,550 \text{ días (70 años)}$$

Dosis Diaria Promedio Vitalicia	$DDPV = \frac{CT \times Tc \times B \times Texp}{Wc \times Tv}$
---------------------------------	---

PUNTO F = 0,000012 mg/kg*día



CT = 0,21 mg/L

Tc = 2 L/día

B = 0,7 o 70%

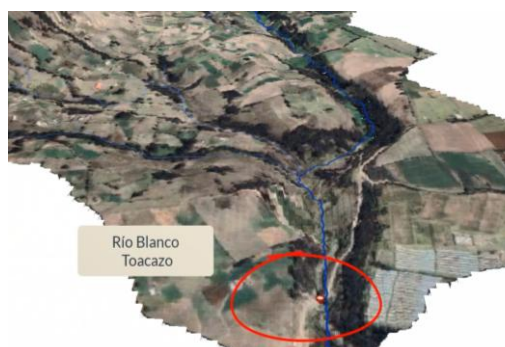
Texp = 25,550 días (70 años)

Wc = 70 Kg

Tv = 25,550 días (70 años)

Dosis Diaria Promedio Vitalicia	$DDPV = \frac{CT \times Tc \times B \times Texp}{Wc \times Tv}$
---------------------------------	---

PUNTO G = 0,000013 mg/kg*día



CT = 0,23 mg/L

Tc = 2 L/día

B = 0,7 o 70%

Texp = 25,550 días (70 años)

Wc = 70 Kg

Tv = 25,550 días (70 años)

Elaborado por: Jiménez Jhordan & Vega Felipe

Para la caracterización cuantitativa del riesgo toxicológico, se evaluaron las concentraciones de As, obteniendo valores representativos mediante la valoración por dosis diaria vitalicia suministrada que deriva en valores que van desde $1,3 \times 10^{-5}$ a $1,2 \times 10^{-4}$. Se supone que los efectos de la exposición a un carcinógeno es básicamente el mismo si se tiene una exposición a una alta concentración por corto tiempo a que se tenga una exposición a largo plazo a bajas concentraciones. Esta suposición es menos probable cuando la exposición es alta y poco frecuente, especialmente cuando la sustancia es un cancerígeno que ha mostrado que sus efectos dependen de la dosis y de la tasa (Peña et al., 2001).

11.6.2 Coeficiente de peligro (CP)

El coeficiente de peligro como herramienta de medida de evaluación del riesgo exponencial inherente a la salud humana por exposición vía oral al As en el agua de consumo, es decir, los peligros de mayor toxicidad intrínseca que podrían entrar en contacto con la población produciendo consecuencias graves en salud.

Tabla 15.

Determinación del coeficiente de peligro.

Puntos de muestreo	$CP = \frac{DDPV}{DRf}$	Valor límite recomendado por la EPA
PUNTO A	0,41	<1
PUNTO B	0,35	<1
PUNTO C	0,20	<1
PUNTO D	0,10	<1
PUNTO E	0,08	<1
PUNTO F	0,04	<1
PUNTO G	0,04	<1

Elaborado por: Jiménez Jhordan & Vega Felipe

Los valores reportados con respecto a las concentraciones promedio de As referido a cada zona representativa de muestreo, los cuales se encuentran fuera de los niveles permisibles dictados por la legislación ecuatoriana referente al libro VI - Anexo 1 del TULSMA para consumo humano y uso agrícola o de riego (ver tabla nº13), y la exposición total al As mediante valores de referencia específicos (ingesta de agua diaria), se ha evidenciado por un coeficiente de peligro menor a 1 recomendado por la EPA, en las distintas zonas de estudio como se puede observar en la tabla nº15, se interpreta como ausencia de riesgo ambiental para los habitantes de estas zonas en la forma que adquiere la relación dosis-respuesta puede inducir efectos en el organismo humano, al obtener valores que va de 0,04 a 0,41. Y cabe destacar que el riesgo de intoxicación para cualquier persona

expuesta a compuestos de As en el ambiente es latente, aunque la forma química en la que se encuentre el As sea la menos tóxica. Esto se debe a la capacidad de transformación del As dentro del organismo (Galvão et al., 1987).

Es por todos conocido el hecho que As es un elemento tóxico y cancerígeno cuya ingesta diaria y continua de dosis elevadas en el agua de bebida producen como efecto principal en los seres humanos el arsenicismo crónico. Por lo tanto, una sustancia química que presenta una baja toxicidad aguda puede producir toxicidad crónica, tal como los carcinogénicos o teratogénicos (Giannuzzi et al., 2018).

11.6.3 Cálculo del Riesgo de Cáncer

El cálculo del riesgo cancerígeno se refiere a la posibilidad o probabilidad numérica real de que el cáncer se desarrolle durante un período.

Tabla 16.

Evaluación del Riesgo de As por ingesta de agua.

Puntos de muestreo	$CRC = DDPV * SF$	Consideración
PUNTO A	$1,8 \times 10^{-4} \text{ mg/kg*día}$	Alta (E-4)
PUNTO B	$1,6 \times 10^{-4} \text{ mg/kg*día}$	Alta (E-4)
PUNTO C	$9 \times 10^{-5} \text{ mg/kg*día}$	Media (E-5)
PUNTO D	$4,7 \times 10^{-5} \text{ mg/kg*día}$	Media (E-5)
PUNTO E	$3,6 \times 10^{-5} \text{ mg/kg*día}$	Media (E-5)
PUNTO F	$1,7 \times 10^{-5} \text{ mg/kg*día}$	Media (E-5)
PUNTO G	$1,9 \times 10^{-5} \text{ mg/kg*día}$	Media (E-5)

Elaborado por: Jiménez Jhordan & Vega Felipe

Este método de extrapolación entre el riesgo suministrado por vía oral ($DDPV$) y el factor de Potencia Carcinogénica ($1,5 \text{ mg/Kg*día}$), valora dependiendo con los resultados el riesgo por exposición en la escala alto, medio y bajo. Por consiguiente, se logra evaluar del riesgo de As por ingesta de agua contaminada por este elemento químico, manifestándose en los dos primeros puntos mayor incremento del riesgo de cáncer e intermedio en los puntos subsiguientes.

12. IMPACTOS SOCIALES Y AMBIETALES

Impacto ambiental:

El impacto que representa los resultados de la investigación es preocupante ya que es un riesgo para el ecosistema y para la naturaleza por que de manera natural altera los componentes de los ecosistemas eh incluso de los seres humanos, convirtiéndose en un riesgo toxico y a largo plazo mortal.

Impactos sociales:

Generan un tipo de inseguridad en las comunidades y pueblos que afecta la contaminación ya que el desconocimiento de los efectos que a largo plazo pueden ocasionar en los animales, personas y ecosistemas es incierto la falta de información genera inquietud y muchas veces descontento con la forma de vida que lleva la gente y pone en incertidumbre la pertenencia en el mismo.

13. PRESUPUESTO

El presente proyecto tuvo un costo de \$924,10 dólares como consta a detalle en la Tabla 4.

Tabla 17.

Presupuesto para la elaboración del proyecto

Recursos	PRESUPUESTO PROYECTO DE TESIS				
	Descripción	Cantidad	Unidades	Valor unitario	Valor total
Laboratorio	As	35	Parámetro	14,9	521,5
				Subtotal	584,1
Logísticos	Transporte salida de campo	5	Gasolina	20	100
	Transporte de entrega muestras laboratorio LANCAS	5	Pasajes	24	120
	Transporte retiro de muestras laboratorio LANCAS	5	Pasajes	24	120
				Subtotal	340
			TOTAL		924,1

Elaborado por: Jiménez Jhordan & Vega Felipe

14. CONCLUSIONES

La microcuenca del río Blanco presenta un área de captación de $41,39 \text{ km}^2$, tiene forma oval oblonga a rectangular oblonga, peligrosidad media de escorrentía superficial, pendiente fuertemente accidentada, red de drenaje moderada, mediana susceptibilidad a la erosión.

El área de estudio presenta un clima nival - Ecuatorial mesotérmico semihúmedo de alta montaña de carácter seco, temperatura media anual en el rango de 4°C a 12°C de, precipitación media anual de 500-750 mm por año, pendiente escarpada a muy escarpada y fuertemente inclinada a moderadamente escarpada, respecto a la geología corresponde a la formación volcánicos del Iliniza y volcánicos del Pisayambo con composiciones litológicas variadas, incluyendo andesita, lava, conglomerado y lapilli, que datan en su mayoría del cuaternario. Además, en el aprovechamiento de agua, se clasifica de la siguiente manera: 4 concesiones de riego y 2 concesiones de uso doméstico.

Para mantener la calidad del agua y seguir usando este recurso de manera eficiente, se debe entender su conservación temporal y espacial. Describir las condiciones ambientales, la distribución y su posible desarrollo. La distribución de los puntos de muestreo, presenta rangos elevados en los puntos A y B con valores de 2,16 mg/l y 1,77 mg/l, rangos medios en los puntos C y D con valores de 1,15 mg/l a 0,69 mg/l, y los rangos más bajos se concentran en los puntos E, F y G con una tendencia similar y con valores de 0,29 mg/l. Los resultados ayudan a concluir sobre el posible origen natural del As en la microcuenca.

El comportamiento de la concentración de As en la quebrada Talahuachana se encuentra directamente influenciado con la precipitación, esta relación de variables meteorológicas nos permitió identificar la dispersión temporal y su grado de concentración que existe en la época seca (0,20 - 3,76 mg/l) y lluviosa (0,17 - 2,25 mg/l), con relación a los demás meses se puede evidenciar cuando la precipitación baja la concentración de As aumenta esto nos indica que las variables evaluadas son directamente proporcionales en relación a sus resultados.

La presencia de As en aguas para consumo humano, ya sea como resultado de la contaminación natural o resultado de la actividad humana, constituye una amenaza para la salud pública en determinadas zonas del territorio ecuatoriano, incluida la región Andina con mayor prevalencia e incidencia en áreas vulneradas con la presencia de metales y metaloides en las fuentes naturales de agua que sobrepasan los límites máximos recomendados por la OMS y normativa Nacional.

En el cálculo de la evaluación del riesgo en la salud por vía oral, se obtuvo valores de la Dosis Diaria Promedio Vitalia, deriva la obtención del Coeficiente de Peligro, siendo que cada valor promedio contemplada en los 7 puntos de muestro, se encuentra por debajo del valor referencial recomendado por la EPA (<1), con lo cual se concluye que la parroquia de Toacaso y Canchagua no se encuentran circunstancialmente en peligro de riesgo toxicológico por la ingesta de agua. Por otra parte, para la obtención del cálculo del riesgo de cáncer por factor de Potencia Carcinogénica (SF), dando como resultado los dos primeros puntos su consideración de riesgo alto (E-4) y los subsiguientes puntos su consideración se catalogó como riesgo medio (E-5) mediante el Extrapolation Method Time- and dose-related Formulation of the Multistage Model.

15. RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar más análisis sobre la concentración de As total en los meses relevantes del año para evaluar de manera más efectiva la distribución temporal entre la precipitación y las concentraciones de As para obtener los resultados más representativos y validar nuestro estudio.

Recomendamos el análisis geoquímico de muestras de suelo y roca en los puntos A y B. Estos puntos tienen las concentraciones más altas de todos los meses y determinan de una manera más técnica si existe una correlación entre la geología y el origen del As natural en la microcuenca. Para confirmar los resultados de la estimación de toxicidad y evaluación del riesgo de cáncer por exposición y consumo de agua, se debe realizar el análisis toxicológico y médico a personas cercanas a los Ilinizas con una edad promedio de 70 años, para que podamos conocer la efectividad del estudio realizado.

16. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, A., & Alcaín Martínez, E. (Eds.). (2010). *Agua: Un derecho humano fundamental* (1era. ed). Ediciones Abya-Yala : Universidad Politécnica Salesiana.
- Aguilar Ibarra, A. (2010). *Calidad del agua. Un enfoque multidisciplinario* (A. Aguilar Ibarra, Ed.). Instituto de Investigaciones Económicas, UNAM. <http://ru.iiec.unam.mx/65/>
- Amaya, D. (s. f.). *CUENCAS HIDROGRÁFICAS: BASES CONCEPTUALES - CARACTERIZACIÓN- PLANIFICACIÓN-ADMINISTRACIÓN*. Recuperado 1 de julio de 2022, de https://www.academia.edu/39023672/CUENCAS_HIDROGR%C3%81FICAS_BASES_CONCEPTUALES_CARACTERIZACI%C3%93N_PLANIFICACI%C3%93N_ADMINISTRACI%C3%93N
- Aranda Cirerol, N. (2004). *Eutrofización y calidad del agua de una zona costera tropical*. Universitat de Barcelona. <http://diposit.ub.edu/dspace/handle/2445/35296>
- Araque Arellano, M., Vásconez, M., Mancheno, A., Álvarez, C., Prehn, C., Cevallos, C., & Ortiz, L. (2019). *Cuencas Hidrográficas*. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/19038>
- Arenas Mercado, Á. de J., & Quintana Pimienta, J. D. (2012). *El agua potable como derecho humano fundamental en el ordenamiento jurídico colombiano y en los instrumentos jurídicos internacionales* [Thesis, Universidad de Cartagena]. <https://hdl.handle.net/11227/822>

- Arias, V. (2012). *Los caudales ecológicos en el Ecuador: Análisis institucional y legal*. Centro Ecuatoriano de Derecho Ambiental.
- Arroyo Castillo, A. del P. (2015). *Análisis de los cambios normativos en el ámbito de la gestión de los recursos hídricos, planteados en la Constitución del 2008 y en la Ley de Aguas del 2014: A la luz de dos visiones de gestión, la pública y la comunitaria*. <http://repositorio.uasb.edu.ec/handle/10644/4657>
- Arroyo, V., Ballesteros, M., & Mejía, A. (2015). *Inseguridad Económica del Agua en Latinoamérica: De la abundancia a la inseguridad*. CAF. <https://cafscioteqa.azurewebsites.net/handle/123456789/787>
- Ávalos, H. C. (s. f.). La sustentabilidad del agua: Entre la integridad y la gobernanza de las cuencas. *Argumentos. Estudios críticos de la sociedad*, 41-55. <https://doi.org/10.24275/uamxoc-dcsh/argumentos/202093-02>
- Barceló, L. D. (s. f.). *Contaminación y calidad química del agua: El problema de los contaminantes emergentes*. 27.
- Blanes, P., Hunzicker, G., Garro, O., & Giménez, M. (2009). Application of a central composite design to the determination of inorganic and organic arsenic species in water by liquid chromatography-hydride generationatomic absorption spectrometry. *Afinidad*, 65, 126-133.
- Blarasin, M., Cabrera, A., Matteoda, E., Felizzia, J., Maldonado, L., Bécher Quinodoz, F., & Giuliano Albo, M. (2014). *E book Groundwater and livestock activities. EL AGUA SUBTERRÁNEA Y LA ACTIVIDAD GANADERA-TAMBERA*. <https://doi.org/10.13140/2.1.3652.3846>
- Bowell, R. J. (1995). C. A. J. Appelo, & D. Postma, 1993. *Geochemistry, Groundwater and Pollution*. Xvi + 536 pp. Rotterdam, Brookfield: A. A.

- Balkema. Price Hfl. 150.00, US \$85.00, £55.00 (hard covers); Hfl. 80.00, US \$45.00, £28.00 (paperback). ISBN 90 5410 105 9; 90 5410 106 7 (pb). *Geological Magazine*, 132(1), 124-125. Cambridge Core. <https://doi.org/10.1017/S0016756800011523>
- Bravo, Á. A. S. (2014). Injusticia Ambiental y Derecho Humano Al Agua. *Revista Thesis Juris*, 3(2), 551-566. <https://doi.org/10.5585/rtj.v3i2.186>
- Bundschuh, J., Carrera, A., & Litter, M. (2008). *Distribución del arsénico en las regiones Ibérica e Iberoamericana*.
- Camino, M. A., Bó, M. J., Cionchi, J. L., López de Armentia, A., Del Río, J. L., & De Marco, S. G. (2018). Estudio morfométrico de las cuencas de drenaje de la vertiente sur del sudeste de la provincia de Buenos Aires (Argentina). *Revista Universitaria de Geografía*, 27(1), 73-97.
- Campaña Pallasco, E. A., & Moreno Chicaiza, E. 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*. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/6775>
- Campodónico Huamanchumo, M. F. (2019). Diagnóstico del estado actual de la concentración de arsénico en las aguas de consumo humano del Centro Poblado Cruz del Médano en Mórrope. *Universidad Tecnológica del Perú*. <http://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/2035>
- Campos, A., Banda, R., K. Sinichenko E, & Gritsuk. (2016). Distribución per cápita del agua en el Ecuador. *Revista Científica Ciencias Naturales y Ambientales*, 10(1), 29-36. <https://doi.org/10.53591/cna.v10i1.248>

- Campos-Vargas, M., Aparicio, A. T., & Alanis, J. C. (2015). Riesgos sionaturales: Vulnerabilidad socioeconómica, justicia ambiental y justicia espacial. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, 24(2), 53-69.
- Capó, A., & Garcia, C. (2014). Análisis e interpretación de los perfiles longitudinales en la red fluvial del sur y sureste de Mallorca. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 40, 145-165. <https://doi.org/10.18172/cig.2528>
- Castelo Granizo, M. A. (2015). Determinación de Arsénico y Mercurio en agua de consumo del cantón Rumiñahui por Espectrofotometría de Absorción Atómica. *Pontificia Universidad Católica del Ecuador*. <http://repositorio.puce.edu.ec:80/xmlui/handle/22000/8658>
- Chagas, C. I., & Behrends Kraemer, F. (2018). *Esgurrimiento, erosión del suelo y contaminación de los recursos hídricos superficiales por sedimentos asociados a la actividad agropecuaria extensiva: Algunos elementos para su análisis*. Universidad de Buenos Aires. Facultad de Agronomía. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/161506>
- Chagas, C. I., Morettón, J., Santanatoglia, O. J., Paz, M., Muzio, H., De Siervi, M., & Castiglioni, M. (2006). Indicadores de contaminación biológica asociados a la erosión hídrica en una cuenca de Pampa Ondulada Argentina. *Ciencia del suelo*, 24(1), 21-27.
- Clido, J., Nieto, J., Rodríguez, J., Solís, J., & Estrada, W. (2003). Remoción de arsénico del agua mediante irradiación solar. *Instituto Peruano de Energía Nuclear*. <https://repositorio.ipen.gob.pe/handle/20.500.13054/368>

Cuenca, J., Gallardo, K., & Domínguez-Gaibor, I. (2021). *Percepción social de la calidad y servicio de agua potable en la ciudad de El Coca, Orellana - Ecuador Social perception of the quality and service of drinking water in El Coca city, Orellana -Ecuador.*

del Rio, P. (2007). La Integración de Métodos Cualitativos y Cuantitativos en un Estudio de Pobreza y Calidad de Vida. *VI Congreso Chileno de Antropología.*

Díaz, M. A. R., & Bermúdez, F. L. (1987). MORFOMETRIA DE REDES FLUVIALES: REVISION CRITICA DE LOS PARÁMETROS MÁS UTILIZADOS Y APLICACIÓN AL ALTO GUADALQUIVIR. *Papeles de Geografía*, 12, Article 12. <https://revistas.um.es/geografia/article/view/42391>

dice, F. L. O. M. (s. f.). Arsénico y fluoruro en agua: Riesgos y perspectivas desde la sociedad civil y la academia en México (UNAM). *Agua.org.mx*. Recuperado 24 de julio de 2022, de <https://agua.org.mx/biblioteca/arsenico-y-fluoruro-en-agua-riesgos-y-perspectivas-desde-la-sociedad-civil-y-la-academia-en-mexico-unam/>

Durán, L. E. G. (2016). Evaluación de la calidad de agua de ríos de Colombia usando parámetros físicoquímicos y biológicos. *Dinamica ambiental*, 1, 83-102. <https://doi.org/10.18041/2590-6704/ambiental.1.2016.4593>

Echeverry, G., Zapata, A. M., Paéz, M. I., Méndez, F., & Peña, M. (2015). Evaluation of human health risk for a population from Cali, Colombia, by exposure to lead, cadmium, mercury, 2,4-dichloro-phenoxyacetic acid and

- diuron associated with water and food consumption. *Biomédica*, 35, 110-119. <https://doi.org/10.7705/biomedica.v35i0.2464>
- Egusquiza Soria, P. E. C. (2018). *Nivel de metales pesados en aguas superficiales de las cuencas del río abujao, sepahua y Ucayali en el periodo del 2003 al 2015*. <https://repositorio.uap.edu.pe/xmlui/handle/20.500.12990/7890>
- Encalada, A. (2010). Funciones ecosistémicas y diversidad de los ríos: Reflexiones sobre el concepto de caudal ecológico y su aplicación en el Ecuador. *Polémika*, 2(5), Article 5. <https://revistas.usfq.edu.ec/index.php/polemika/article/view/370>
- Fernández, L., & Gutiérrez, M. (2013). Bienestar Social, Económico y Ambiental para las Presentes y Futuras Generaciones. *Información tecnológica*, 24(2), 121-130. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642013000200013>
- Fernández, N., & Buitrón Cisneros, R. (2011). *Derecho al agua en Ecuador: Avances, límites y retos*. <http://repositorio.uasb.edu.ec/handle/10644/2141>
- Fernández Rodríguez, E. M. (2020). *Métodos analíticos para la determinación de arsénico en arroz*. <http://e-spacio.uned.es/fez/view/bibliuned:master-Ciencias-CyTQ-Emfernandez>
- Galochet, M. (2009). El medio ambiente en el pensamiento geográfico francés: Fundamentos epistemológicos y posiciones científicas. *Cuadernos Geográficos*, 44, 7-28.
- Galvão, L. A. C., Corey, G., & Salud, O. P. de la. (1987). Arsénico. *Serie Vigilancia*;3. <https://iris.paho.org/handle/10665.2/31247>
- Gamez Morales, W. R. (2010). *Texto básico de hidrología*. Universidad Nacional Agraria. <https://repositorio.una.edu.ni/2464/>

- Garay, D. D., & Agüero, J. N. G. (s. f.). *Morfométrica de la Cuenca del Río Anzulón*. 32.
- García, N. J. G., Salinas, N. F., & Chavarría, L. C. B. (2021). Parámetros morfométricos de la unidad hidrológica 69-95259905 Masaya, Nicaragua; como primera etapa en la caracterización hidrológica. *Revista Científica de FAREM-Estelí*, 38, 230-244. <https://doi.org/10.5377/farem.v0i38.11954>
- GARCÍA, P. Á. (2008). *Vulnerabilidad socioambiental, seguridad hídrica y escenarios de crisis por el agua en México*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- García-Ordiales, E., Loredó, J., Cienfuego, P., Covelli, S., Flor-Blanco, G., Fontolan, G., Roqueñí, N., Ordóñez, M. A., & Flor, G. (2015). Metales pesados y metaloides en sedimentos de las Marismas del Estuario del río Nalón (Norte de España) Heavy metals and metalloids in sediments of the Nalon River estuary saltmarsh (Northern Spain). *Comunicações Geológicas*, 102.
- Garrido Hoyos, S., García Mendoza, K., Miranda Zamora, E., & López Flores, B. (2017). Influencia del pH en los procesos de acondicionamiento y deshidratación de lodos que contienen arsénico. *3er Congreso Nacional AMICA*, Villahermosa, Tabasco. <http://repositorio.imta.mx/handle/20.500.12013/2116>
- Gavilánez Muñoz, G. J., Molina Campaña, B. P., & Narváez Rivera, C. A. (2013). *Gestión de las descargas contaminantes sobre el río Cutuchi en el área de influencia de la ciudad de Latacunga*. EPN.

- Giannuzzi, L., Ortega, F., & Ventosi, E. G. (2018). Principios generales de la toxicología. En *Toxicología General y Aplicada*. Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Ciencias Exactas. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/112476>
- Gorby, M. S. (1988). Arsenic Poisoning. *Western Journal of Medicine*, 149(3), 308-315.
- Guadarrama-Tejas, R., KIDO-MIRANDA, J., ROLDAN-ANTUNEZ, G., SALAS-SALGADO, M., MATA-GARCÍA, M., VÁZQUEZ-BRIONES, M. del C., HIGINIO-FLORES, N., HERNÁNDEZ-RAMÍREZ, D., NÚÑEZ-OLIVERA, J. M., & CABRAL-PARRA, R. (2016). Contaminación del agua. *Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales*, 2(5), 1–10.
- Guevara Gil, A., & Verona Badajoz, A. (2014). *El Derecho frente a la crisis del agua. Primeras Jornadas de Derecho de Aguas*. Pontificia Universidad Católica del Perú, Departamento Académico de Derecho. Centro de Investigación, Capacitación y Asesoría Jurídica. <https://repositorio.pucp.edu.pe/index/handle/123456789/47039>
- Hernández V., N. C. (2018). El río y su territorio. Espacio de libertad: Un concepto de gestión. *Terra. Nueva Etapa*, XXXIV(56). Redalyc. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=72157132006>
- Herrera, A., Teresa, M., Quezada, L., Olivia, L., Domínguez, M., Ramiro, I., Navarro, M., Violeta, S., & Montoya, B. (s. f.). *Colaboradores y Autor(es) Nombre*. 85.

- Herrera, M. T. A., Montenegro, I. F., Navar, P. R., Domínguez, I. R. M., & Vázquez, R. T. (2001). Contenido de arsénico en el agua potable del valle del Guadiana, México. *Tecnología y ciencias del agua*, 16(4), 63-70.
- Ibañez Asensio, S., Moreno Ramón, H., & Gisbert Blanquer, J. M. (2011). *Morfología de las cuencas hidrológicas*. <https://riunet.upv.es/handle/10251/10782>
- Jácome, E. T., & Moretta, P. Y. (2018). Principios fundamentales en torno a la calidad del agua, el uso de bioindicadores acuáticos y la restauración ecológica fluvial en Ecuador. *La Granja: Revista de Ciencias de la Vida*, 27(1), 36-50.
- Jiménez Espín, M. V. (2021). *La constitucionalidad del medio ambiente. Un estudio comparado entre Ecuador y España*. <http://repositorio.uti.edu.ec/handle/123456789/2417>
- Jiménez Otárola, F. (2005). *Gestión integral de cuencas hidrográficas: Enfoques y estrategias actuales*. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/8351>
- Jiménez-Otárola, F., & Benegas-Negri, L. (2019). Experiencias y contribuciones del CATIE al manejo y gestión de cuencas hidrográficas en América tropical. *Revista de Ciencias Ambientales*, 53(1), 153-170.
- Lapuerta Jaramillo, N. A. (2022). *La configuración de Consejos de Cuenca como espacios de participación y Gestión Integral de los Recursos Hídricos del Ecuador*. <http://repositorio.uasb.edu.ec/handle/10644/8684>
- León Lemus, C. G. (2017). *Implementación de un sistema de tratamiento biológico para la detoxificación de arsénico utilizando bacterias*

ureolíticas-calcificantes arsénico-oxidantes, capaces de biomineralizar AS(V) y AS(III). <http://repositorio.udec.cl/jspui/handle/11594/2782>

Lillo, J. (2020, mayo 29). *Contaminación geogénica de arsénico en las aguas subterráneas* [Text]. iAgua; iAgua. <https://www.iagua.es/blogs/javier-lillo/contaminacion-geogenica-arsenico-aguas-subterraneas>

López Steinmetz, L. C., & Diaz, S. L. (2018). Estimación de riesgo carcinógeno por exposición crónica al arsénico a través del agua de consumo en la Puna, Jujuy. *Revista Argentina de Salud Pública*, 9(37), 15-21.

Mancilla-Villa, O. R., Gómez-Villaseñor, L., Olguin-López, J. L., Guevara-Gutiérrez, R. D., Hernandez-Vargas, O., Ortega-Escobar, H. M., Flores-Magdaleno, H., Can-Chulim, Á., Sánchez-Bernal, E. I., Cruz-Crespo, E., & Palomera-García, C. (2022). Contaminación orgánica por coliformes, Nitrógeno y Fosforo en los ecosistemas acuáticos de la cuenca del río Ayuquila-Armería, Jalisco, México. *Biotecnia*, 24(1), 5-14. <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v24i1.1283>

Marrugo Negrete, J. L., & Hernández Cogollo, M. E. (2016). Trihalometanos y arsénico en el agua de consumo en los municipios de Chinú y Corozal de Colombia: Evaluación del riesgo a la salud. *Ingeniería y Desarrollo*, 34(1), 88-115. Redalyc.

Maza Hernández, R. de la. (2009). Pago por servicios ambientales hidrológicos. *No tiene*. <http://ru.juridicas.unam.mx:80/xmlui/handle/123456789/32929>

Medina-Pizzali, M., Robles, P., Mendoza, M., & Torres, C. (2018). Ingesta de arsénico: El impacto en la alimentación y la salud humana. *Revista*

- Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica*, 35(1), 93-102.
<https://doi.org/10.17843/rpmesp.2018.351.3604>
- Meoño, F. L., Taranco, C. G., & Olivares, Y. M. (2015). Las aguas residuales y sus consecuencias en el Perú. *Saber y Hacer*, 2(2), 8-25.
- Morales-Barba, G., Lam-Vivanco, A., Segura-Osorio, M., Cortez-Suárez, L., & Sánchez-Sisalima, F. (2021). Respuesta inmunológica a la exposición al arsénico inorgánico. *Dominio de las Ciencias*, 7(5), 345-359.
- Moreno Álvarez, E. A., & Ortiz Encalada, K. J. (2015). *Incidencia de la Mesofauna en el almacenamiento de Carbono Orgánico Total en los suelos del páramo de la comunidad de Guangopud parroquia Juan de Velasco cantón Colta*.
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/4074>
- Muñoz Moreno, W. D. (2020). *El agua del páramo como elemento de la naturaleza en el marco jurídico caso de estudio Cuenca*.
<http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/10545>
- Musalem, K., Cámara-Córdova, J., Laino, R., González-Espinosa, M., & Marcial, N. (2014). *Manejo integral de cuencas hidrográficas (MICH): El enfoque utilizado en el proyecto FORDECyT Cuenca Grijalva* (pp. 82-102).
<https://doi.org/10.13140/2.1.2023.2486>
- Naranjo, F. Z. (1998). Geografía y ordenación del territorio. *Iber: Didáctica de las ciencias sociales, geografía e historia*, 16, 19-32.
- Navarro Espinoza, S. E. (2019). *Alteraciones tempranas en cerebro e hígado de ratones causadas por bajas concentraciones de arsénico en agua de consumo del Valle del Yaqui, Sonora, México*. NAVARRO ESPINOZA,

SOFIA

ELENA.

<http://www.repositorioinstitucional.uson.mx/handle/unison/3333>

Ojeda, A. O. (2002). Ecogeografía del río Ebro. *Ríos y ciudades: aportaciones para la recuperación de los ríos y riberas de Zaragoza, 2002*, ISBN 84-7820-606-X, págs. 135-158, 135-158.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7442355>

Ollero, A., & Romeo, R. (2007). *ESTRATEGIA NACIONAL DE RESTAURACIÓN DE RÍOS. LAS ALTERACIONES GEOMORFOLÓGICAS DE LOS RÍOS.*

Peña, C. E., Carter, D. E., & Ayala-Fierro, F. (s. f.). *TOXICOLOGIA AMBIENTAL*. 204.

Peña Fernández, A. (2011). *Presencia y distribución medioambiental de metales pesados y metaloides en Alcalá de Henares, Madrid. Evaluación del riesgo para la población y biomonitorización de la población escolar.*
<https://ebuah.uah.es/dspace/handle/10017/9510>

Perilla, A. L. M., Neira, J. C., & Castro, L. Z. T. (2014). *ZONIFICACION FISICO AMBIENTAL CON FINES DE ORDENAMIENTO HIDRICO DE LA MICROCUENCA CAÑO AGUAS CLARAS VILLAVICENCIO-META*. 143.

Pinilla, M. C. (2004). Uso del paisaje en el sector sur del Parque Natural Nacional Amacayacu (Amazonas—Colombia). *Cuadernos de Desarrollo Rural*, 53, 133-156. Redalyc.

Pino, E., Tacora, P., Steenken, A., Alfaro, L., Valle, A., Chávarri, E., Ascencios, D., Mejía, J., Pino, E., Tacora, P., Steenken, A., Alfaro, L., Valle, A., Chávarri, E., Ascencios, D., & Mejía, J. (2017). Efecto de las

características ambientales y geológicas sobre la calidad del agua en la cuenca del río Caplina, Tacna, Perú. *Tecnología y ciencias del agua*, 8(6), 77-99. <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2017-06-06>

Piñeiro, F. J. G. (2018). LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA: SU IMPORTANCIA Y SU UTILIDAD EN LOS ESTUDIOS MEDIOAMBIENTALES. *Vasconia. Cuadernos de Historia-Geografía*, 20, Article 20. <http://ojs.euskotikaskuntza.eus/index.php/vasconia/article/view/663>

Pita Fernández, S., & Pértegas Díaz, S. (2002). Investigación cuantitativa y cualitativa. *Cad aten primaria*, 9(1), 76–78.

Porqueras, M. J. i. (1985). Forma de una cuenca de drenaje. Análisis de las variables morfométricas que nos la definen. *Revista de geografía*, 41-68.

Reyes, Y., Vergara, I., Torres, O., Díaz-Lagos, M., & González-Jimenez, E. E. (2016). Contaminación por metales pesados: Implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria. *Ingeniería Investigación y Desarrollo*, 16(2), 66-77. <https://doi.org/10.19053/1900771X.v16.n2.2016.5447>

Ribeiro doNascimento, G. A. (2018). EL DERECHO AL AGUA Y SU PROTECCIÓN EN EL CONTEXTO DE LA CORTE INTERAMERICANA DE DERECHOS HUMANOS. *Estudios constitucionales*, 16(1), 245-280. <https://doi.org/10.4067/S0718-52002018000100245>

Rivas, A. I. M., García, P. S., García, A. G. R., & León, A. C. (2015). La caracterización morfométrica de la subcuenca del Río Moctezuma, Sonora:

- Ejemplo de aplicación de los sistemas de información geográfica. *Revista de Geografía Agrícola*, 55, 27-43.
- Rivas Altez, W. (2018). Determinación de arsénico, mercurio y plomo en truchas (*Oncorhynchus mykiss*), piensos y agua de piscigranjas del distrito de Pachangara, provincia de Oyón, región Lima. *Universidad Nacional Mayor de San Marcos*.
<https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/10095>
- Ros, G. D. (1995). *La contaminación de aguas en Ecuador: Una aproximación económica*. Editorial Abya Yala.
- Salas-Mercado, D., Hermoza-Gutiérrez, M., & Salas-Ávila, D. (2020). Distribución de metales pesados y metaloides en aguas superficiales y sedimentos del río Crucero, Perú. *Revista Boliviana de Química*, 37(4), 185-193.
- Sánchez Angulo, D. E. (s. f.). *Estudio morfométrico del Caño El Bejuco afluente del Río Tocoragua Departamento del Cauca*. Recuperado 24 de junio de 2022, de <http://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/4963>
- Sánchez, V. (2008). Hacia un Derecho humano fundamental al agua en el Derecho internacional. *Revista electrónica de estudios internacionales*, ISSN 1697-5197, N°. 16, 2008.
- Sanz Scovino, J. I. (2015). *Conferencia Magistral: Palmicultura intensiva y adaptación al cambio climático, caso manejo de cuencas*. Fedepalma.
<https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/11033>
- Sellers, C., Buján, S., Corbelle, E., & Miranda, D. (2017). EJE 07-09 Morfología interpretativa de alta resolución usando datos LiDAR en la cuenca

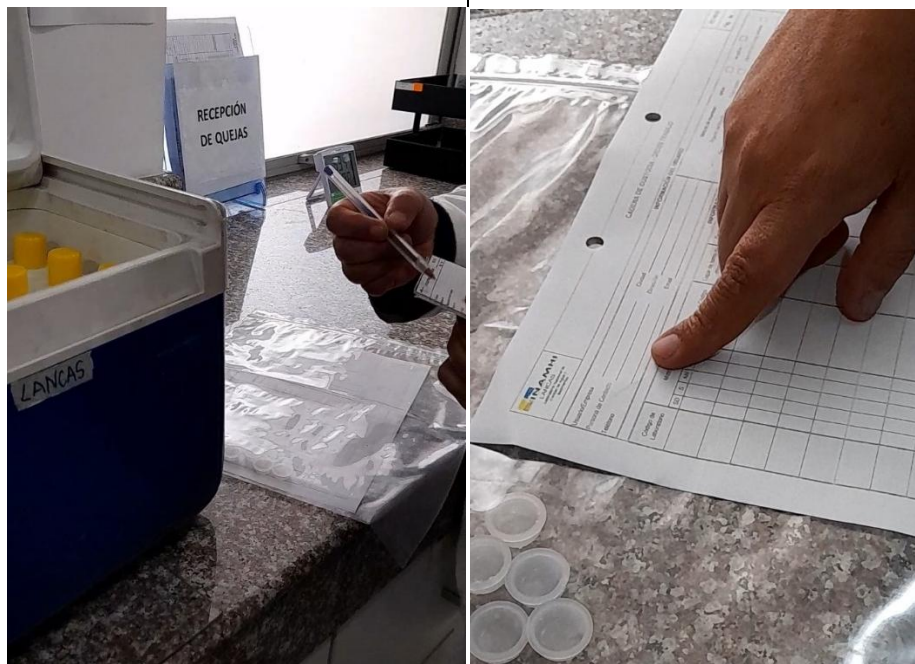
- hidrográfica del río Paute en Ecuador. *Memorias y Boletines de la Universidad del Azuay*, XVI, 399-411.
- Solís, L. D. M. (2019, julio 30). Diseños de investigaciones con enfoque cuantitativo de tipo no experimental. *Investigalia*. <https://investigaliacr.com/investigacion/disenos-de-investigaciones-con-enfoque-cuantitativo-de-tipo-no-experimental/>
- Sutorius, M., & Rodríguez, S. (2015). La fundamentalidad del derecho al agua en Colombia. *Revista Derecho del Estado*, 35, 243-265. <https://doi.org/10.18601/01229893.n35.09>
- Tello, L. G., & Sánchez, A. A. (2019). La contaminación ambiental en los acuíferos de Ecuador. Necesidad de su reversión desde las políticas públicas con enfoque bioético. *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático*, 5(9), 1053-1102.
- Tingo Cali, W. J. (2016). *Plan de manejo de la intercuenca zona media del río Ambato nivel 7-código PFASTETER:4996927, ubicada en el Cantón Ambato Provincia de Tungurahua*. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/1360>
- Tique Cardozo, L. L. (2021). *Servicios ecosistémicos hidrológicos generadores de conflictos socioambientales en la cuenca baja del río Bogotá: Elementos claves para la gestión*. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.10554.57830>
- V. Luís Cáceres, D. Erika Gruttner, & N. René Contreras. (1992). Water Recycling in Arid Regions: Chilean Case. *Ambio*, 21(2), 138-144. JSTOR.

- Valdivieso Barrezueta, V. (2016). *Análisis de cumplimiento del sexto objetivo para el desarrollo sostenible en el Ecuador*.
<http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/21808>
- Varela, F. J. A. (2021). Servicios públicos en Ecuador: Tensiones teóricas entre estatismo, liberalismo y supremacía constitucional. *Estado & comunes, revista de políticas y problemas públicos*, 2(13), Article 13.
https://doi.org/10.37228/estado_comunes.v2.n13.2021.227
- Vargas, R. (2006). Cultura y Democracia del Agua. *Polis. Revista Latinoamericana*, 14, Article 14.
<https://journals.openedition.org/polis/5140>
- Vázquez, I., González, J., & Moreno, A. M. (2008). *Estudio de la relación calidad de las aguas-alteración de la roca mediante el cálculo del aporte de la precipitación*.
- Vicente Martorell, J. J. (2010). *Biodisponibilidad de metales pesados en dos ecosistemas acuáticos de la costa suratlántica andaluza afectados por contaminación difusa*. <https://rodin.uca.es/handle/10498/15776>
- Volonté, A. (2017). *Geomorfología fluvial aplicada al peligro de crecidas: Cuenca del arroyo San Bernardo, sistema de Ventania, Argentina*.
<https://repositoriodigital.uns.edu.ar/handle/123456789/3453>
- Yáñez Flores, S. G. (2018). *Evaluación de la contaminación del agua mediante parámetros físico químicos en las desembocaduras de los principales afluentes y efluente del Lago San Pablo, provincia de Imbabura (año 2017)*. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/15142>

17. ANEXOS

17.1 Puntos de muestreo para el control y la vigilancia de la calidad del agua

Anexo 1: Recepción de materiales proporcionados por el laboratorio (LANCAS). Además, la información referente a los puntos de muestreo es registrado en los formatos de cadena de custodia de las muestras de agua.



Anexo 2: Traslado de las muestras al Laboratorio LANCAS - Recepción de las muestras para su respectivo análisis.



Anexo 3: Oferta de acuerdos y servicios Nro. 22-082 con el parámetro solicitado.

	OFERTA Y ACUERDOS DE SERVICIOS	RC05 - 05
		Pág. 1 de 2

DATOS DE USUARIO

USUARIO: Felipe Vega	OF - 22 - 082
PERSONA DE CONTACTO: Felipe Vega	
DIRECCIÓN: Latacunga	
E-MAIL: felipe.vega3838@utc.edu.ec	TELÉFONO: 0995698442
VALIDEZ DE LA OFERTA: 60 días a partir de la fecha de emisión	
FECHA: 13/06/2022	RUC/C.I.: 0504293838

SERVICIOS ANALITICOS

Parámetros	Unidades	Matriz	Técnica de Análisis	Método interno	Método de referencia	Rango de acreditación	Cant.	Costo unitario	COSTO TOTAL
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
COSTO TOTAL									104,30
IVA									12,52
COSTO TOTAL + IVA									116,82

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

- Oferta de acuerdos y servicios Nro. 22-082 con el parámetro solicitado.

	OFERTA Y ACUERDOS DE SERVICIOS	R005 - 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 1días 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 RC49 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 cual el laboratorio solicitará autorización escrita al usuario para la entrega de información salvo en los casos en los cuales la ley lo prohíba.
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 encuentran documentadas en el sistema de gestión de LANCAS y se podrán a disposición del usuario, en caso de ser requerido.

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 un
4. Las muestras serán receptadas 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

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

NOTA: Adjuntar información dada por el USUARIO

Aprobada por: 
Coordinadora del Laboratorio



Núñez 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 abril (modelo ejemplar).**INFORME DE RESULTADOS**

RC38-06

N°. 22-092
Pág.1 de 3

USUARIO:	Felipe Vega			
PERSONA DE CONTACTO:	Felipe Vega			
DIRECCIÓN:	Latacunga, calle Gabriel García Moreno y Av. Antonio Vela			
TELÉFONO CONVENCIONAL / CELULAR:	No Reporta	0995698442	Email:	felipe.vega3838@utc.edu.ec
MÉTODO DE MUESTREO:	No Aplica			
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN DE LAS MUESTRAS:	25/04/2022	14H50	OT:	22-045
LUGAR DE ANÁLISIS:	LANCAS: Núñez de Vela N36-15 y Corea			
FECHA DE ANÁLISIS:	25/04/2022	a	26/04/2022	
FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME:	06/05/2022			

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-22-092	Agua Natural	Punto C	Planchaloma (Quebrada Talahuachana)	24/04/2022	10H20	x: 753399 y: 9917079
Observaciones / Condición de recepción de la muestra						
No Aplica						

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

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

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

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

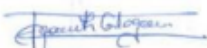

El laboratorio se hace responsable de toda la información suministrada en el informe, excepto de la información proporcionada por el usuario. (Los datos proporcionados por el usuario se muestran en gris).

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

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

NR: No Reporta

NA: No Aplica


 Autorizado por:
 Dra. Jeaneth Cartagena
 Coordinador de Laboratorio


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

- Informe de resultados del laboratorio LANCAS mes de abril (modelo ejemplar).



INFORME DE RESULTADOS

RC38-06

N°. 22-092

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	464,778 ^(*)

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

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


 Autorizado por:
 Dra. Jeaneth Cartagena
 Coordinadora de Laboratorio


- Informe de resultados del laboratorio LANCAS mes de abril (modelo ejemplar).



RC38-06

INFORME DE RESULTADOS

N° 20-092
Pág. 3 de 3

VALORES DE INCERTIDUMBRE

MATRIZ	ENSAYO	INTERVALO DE TRABAJO	FACTOR DE COBERTURA	NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 4	NIVEL 5	NIVEL 6	NIVEL 7
Agua Natural, Residual y De consumo	Amoníaco	0.488-210.877) mg/L	vs	0.488 mg/L ± 22.015 %	0.488 mg/L ± 17.520 %	0.417 mg/L ± 14.500 %	0.158 mg/L ± 6.888 %	0.089 mg/L ± 6.835 %	0.187 mg/L ± 4.235 %	
	Nitrato	(1.07-71.18) mg/L	vs	1.07 mg/L ± 24.84%	0.87 mg/L ± 4.54 %	10.44 mg/L ± 2.88 %	71.18 mg/L ± 1.34%			
	Nitrato	(0.243-4.836) mg/L	vs	0.243 mg/L ± 13.758 %	0.422 mg/L ± 7.478 %	1.946 mg/L ± 1.883%	4.836 mg/L ± 1.803%			
	Cobre	(0.483-2.991) mg/L	vs	0.483 mg/L ± 16.417 %	0.714 mg/L ± 10.212 %	0.956 mg/L ± 9.088 %	1.488 mg/L ± 5.679 %	2.981 mg/L ± 4.194 %		
	Color Aparante	(84-476) Pt-Co	vs	44Pt-Co ± 21%	130Pt-Co ± 13%	252Pt-Co ± 9%	327Pt-Co ± 4%	476Pt-Co ± 7%		
	Color Real	(84-462) Pt-Co	vs	44Pt-Co ± 20%	118Pt-Co ± 11%	254Pt-Co ± 9%	330Pt-Co ± 5%	462Pt-Co ± 9%		
	TPH	(0.50-152.23) mg/L	vs	0.50 mg/L ± 24.91%	1.03 mg/L ± 9.65%	3.12 mg/L ± 9.63%	4.34 mg/L ± 10.96%	15.23 mg/L ± 5.03%	152.23 mg/L ± 4.28%	
	Fluoruro	(0.50-1.40) mg/L	vs	0.50 mg/L ± 27.92 %	0.80 mg/L ± 15.14 %	1.05 mg/L ± 3.00 %				
	Turbidez	(0.86-868.30) NTU	vs	0.86 NTU ± 14.64 %	30.94 NTU ± 4.26 %	130.00 NTU ± 3.84 %	307.66 NTU ± 2.74 %	628.30 NTU ± 2.42 %	868.30 NTU ± 1.82 %	
	Cloro Libre Residual	(0.07-3.8) mg/L	vs	0.07 mg/L ± 28.28%	0.54 mg/L ± 12.24%	0.88 mg/L ± 4.40%	0.89 mg/L ± 11.0%	3.8 mg/L ± 7.2%	3.8 mg/L ± 6.2%	
	pH	(5.86-8.96) upH	vs	5.89 upH ± 2.65%	6.86 upH ± 1.32 %	8.02 upH ± 0.28%	8.96 upH ± 0.24 %			
	Conductividad	(7.3-8655.6) uS/cm	vs	7.3 uS/cm ± 4.3 %	26.2 uS/cm ± 5.9 %	113.0 uS/cm ± 5.3 %	1194.5 uS/cm ± 9.7%	2962.5 uS/cm ± 1.3 %	8655.6 uS/cm ± 4.1%	
	Fósforo Total	(0.042-4.810) mg/L	vs	0.042 mg/L ± 22.847 %	0.066 mg/L ± 7.050%	0.10 mg/L ± 5.207 %				
	Cloruro	(0.64-1068.06) mg/L	vs	0.64 mg/L ± 9.64 %	48.26 mg/L ± 1.57 %	124.77 mg/L ± 1.32 %	299.40 mg/L ± 0.88 %	1068.06 mg/L ± 1.83 %		
Dureza Total	(10.60-752.55) mg/L	vs	10.60 mg/L ± 9.64%	41.50 mg/L ± 2.34 %	260.5 mg/L ± 2.18 %	527.50 mg/L ± 0.71 %	752.55 mg/L ± 0.74 %			
Dureza Cálcica	(6.60-625.66) mg/L	vs	6.60 mg/L ± 11.18%	27.20 mg/L ± 2.71 %	191.00 mg/L ± 1.13 %	267.60 mg/L ± 1.23 %	625.66 mg/L ± 0.81 %			
Alcalinidad Total	(17.38-608.50) mg/L	vs	17.38 mg/L ± 11.06%	608.50 mg/L ± 1.78 %						
Nitrógeno Amoniacal	(0.10-1.36) mg/L	vs	0.10 mg/L ± 27.83 %	0.72 mg/L ± 5.88 %	1.36 mg/L ± 4.48 %					
Hierro	(0.58-8.44) mg/L	vs	0.58 mg/L ± 23.68 %	1.03 mg/L ± 14.55 %	2.85 mg/L ± 4.72%	6.66 mg/L ± 6.68 %	8.44 mg/L ± 2.55 %			
Sólidos totales suspendidos	(0.0-1180.7) mg/L	vs	0.0 mg/L ± 24.8 %	197.1 mg/L ± 11.7%	513.8 mg/L ± 9.9 %	798.7 mg/L ± 5.8 %	1180.7 mg/L ± 4.5 %			
Cloro	(0.0-2358.67) mg/L	vs	0.0 mg/L ± 18.60 %	31.37 mg/L ± 12.88 %	212.50 mg/L ± 10.90 %	634.17 mg/L ± 11.50 %	2358.67 mg/L ± 2.80 %			
Manganeso	(0.140-1.017) mg/L	vs	0.140 mg/L ± 24.96 %	0.319 mg/L ± 8.240 %	1.017 mg/L ± 4.845 %					
Cadmio	(0.148-1.080) mg/L	vs	0.148 mg/L ± 27.90 %	0.275 mg/L ± 15.763 %	0.538 mg/L ± 7.705 %	1.080 mg/L ± 4.028 %				
Sólidos Totales	(105.3-3491.6) mg/L	vs	105.3 mg/L ± 20.4 %	3491.6 mg/L ± 2.8 %						
Calcio	(4.31-210.81) mg/L	vs	4.31 mg/L ± 10.14%	14.60 mg/L ± 2.88%	40.52 mg/L ± 1.11%	119.42 mg/L ± 1.22%	210.81 mg/L ± 1.82%			
Potasio	(2.16-69.88) mg/L	vs	2.16 mg/L ± 11.35%	3.26 mg/L ± 6.39%	3.88 mg/L ± 7.42%	4.52 mg/L ± 5.73%	21.61 mg/L ± 4.79%	69.88 mg/L ± 2.72%		
Magnesio	(19.88-64.52) mg/L	vs	19.88 mg/L ± 28.89%	35.08 mg/L ± 22.87%	49.28 mg/L ± 6.21%	64.52 mg/L ± 14.08%				
Sodio	(0.01-072.96) mg/L	vs	0.01 mg/L ± 18.60%	23.28 mg/L ± 5.72%	43.52 mg/L ± 2.51%	101.25 mg/L ± 8.84%	232.96 mg/L ± 2.79%	272.96 mg/L ± 5.50%		
Silicio	(12.80-79.52) mg/L	vs	12.80 mg/L ± 24.40%	22.10 mg/L ± 13.02%	43.60 mg/L ± 6.68%	63.83 mg/L ± 4.80%	79.52 mg/L ± 3.79%			
Sólidos suspendidos	(44.7-4760.7) mg/L	vs	44.7 mg/L ± 24.0%	207.8 mg/L ± 11.4%	1862.0 mg/L ± 9.0%	2677.8 mg/L ± 1.5%	4760.7 mg/L ± 2.7%			
DOO	(20-130) mg/L	vs	20 mg/L ± 28%	41 mg/L ± 11%	72 mg/L ± 0%	103 mg/L ± 5%	130 mg/L ± 0%			
Zinc	(0.114-7.767) mg/L	vs	0.114 mg/L ± 28.864%	0.377 mg/L ± 13.089%	0.867 mg/L ± 4.233%	2.779 mg/L ± 5.738%	7.767 mg/L ± 4.194%			
Oxígeno Disuelto	(1.30-8.20) mg/L	vs	1.30 mg/L ± 8.79%	5.10 mg/L ± 10.10%	6.20 mg/L ± 4.58%					
Fosfatos	(0.066-6.707) mg/L	vs	0.066 mg/L ± 25.775%	2.710 mg/L ± 14.044%	4.102 mg/L ± 6.558%	6.707 mg/L ± 4.752%				
Sulfatos con reactivo WACH	(0.00-600.00) mg/L	vs	0.00 mg/L ± 25.91%	15.45 mg/L ± 6.52%	34.60 mg/L ± 12.83%	600.00 mg/L ± 1.59%				
Acidos y Grasas por Gravimetría	(40.0-576.0) mg/L	vs	36.0 mg/L ± 21.5%	102.0 mg/L ± 16.4%	382.0 mg/L ± 18.4%	576.0 mg/L ± 28.8%				
Termostables	(0.40-24.71) mg/L	vs	0.40 mg/L ± 26.06%	0.50 mg/L ± 26.59%	0.88 mg/L ± 18.01%	0.98 mg/L ± 16.37%	1.28 mg/L ± 12.95%	1.48 mg/L ± 13.59%	24.71 mg/L ± 13.39%	
Sulfuros	(0.300-7.00) mg/L	vs	0.300 mg/L ± 26.412%	0.387 mg/L ± 18.181%	1.522 mg/L ± 6.572%	7.00 mg/L ± 6.571%				

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

Resultados y métodos son expresados como NCD 30 y NCD 16 respectivamente.

Autorizado por:
Dra. Jeaneth Cartagena
Coordinadora de Laboratorio
INAMHI
LABORATORIO NACIONAL
DE CALIDAD DE AGUA
Y SANEAMIENTO - LANCAS

Anexo 5: Instrumentación utilizados en campo**Anexo 6:** La representatividad, accesibilidad y seguridad al medio físico, procedente a la toma representativa de la muestra de agua (condiciones físico-geográficas). -- PUNTO DE MUESTREO -- G

Anexo 7: La representatividad, accesibilidad y seguridad al medio físico, procedente a la toma representativa de la muestra de gua (condiciones físico-geográficas). -- PUNTO DE MUESTREO -- F



Anexo 8: La representatividad, accesibilidad y seguridad al medio físico, procedente a la toma representativa de la muestra de gua (condiciones físico-geográficas). -- PUNTO DE MUESTREO -- E



Anexo 9: La representatividad, accesibilidad y seguridad al medio físico, procedente a la toma representativa de la muestra de gua (condiciones físico-geográficas). -- PUNTO DE MUESTREO -- D



Anexo 10: La representatividad, accesibilidad y seguridad al medio físico, procedente a la toma representativa de la muestra de gua (condiciones físico-geográficas). -- PUNTO DE MUESTREO -- C



Anexo 11: La representatividad, accesibilidad y seguridad al medio físico, procedente a la toma representativa de la muestra de gua (condiciones físico-geográficas). -- PUNTO DE MUESTREO -- B

Abril—Mayo, época
lluviosa.



Anexo 12: La representatividad, accesibilidad y seguridad al medio físico, procedente a la toma representativa de la muestra de gua (condiciones físico-geográficas). -- PUNTO DE MUESTREO -- B

Junio—Agosto, época
seca.



Anexo 13: La representatividad, accesibilidad y seguridad al medio físico, procedente a la toma representativa de la muestra de gua (condiciones físico-geográficas). -- PUNTO DE MUESTREO -- A

Abril—Mayo, época
lluviosa.



Anexo 14: La representatividad, accesibilidad y seguridad al medio físico, procedente a la toma representativa de la muestra de gua (condiciones físico-geográficas). -- PUNTO DE MUESTREO -- A

Junio—Agosto, época
seca.



17.2 Anexo No. 15. Aval del Traductor



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 presentado por los señores egresados de la **CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL** de la **FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**, Sres. Jhordan Michael Jiménez Castelo y Felipe Sebastián Vega Herrera, cuyo título versa : **“DISTRIBUCIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE ARSÉNICO EN LA MICROCUENCA DEL RÍO BLANCO, PROVINCIA DE COTOPAXI, PERIODO 2022”**, 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 señores peticionarios hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, 01 de septiembre del 2021.

Atentamente,

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Emma Jackeline Herrera Lasluisa'.

Mg. Emma Jackeline Herrera Lasluisa
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS UTC
C.C 0502277031

