



# UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

ANÁLISIS DE ARSÉNICO, CADMIO Y PLOMO EN LAS  
MICROCUENCAS PERTENECIENTES A LAS VERTIENTES SAN  
JACINTO Y VILLACRES, CANTON EL GUABO.

ARMIJOS LIMA YORDY BRYAN  
INGENIERO QUÍMICO

MACHALA  
2022



# UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

ANÁLISIS DE ARSÉNICO, CADMIO Y PLOMO EN LAS  
MICROCUENCAS PERTENECIENTES A LAS VERTIENTES SAN  
JACINTO Y VILLACRES, CANTON EL GUABO.

ARMIJOS LIMA YORDY BRYAN  
INGENIERO QUÍMICO

MACHALA  
2022



# UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

TRABAJO TITULACIÓN  
TRABAJO EXPERIMENTAL

ANÁLISIS DE ARSÉNICO, CADMIO Y PLOMO EN LAS MICROCUENCAS  
PERTENECIENTES A LAS VERTIENTES SAN JACINTO Y VILLACRES, CANTON EL  
GUABO.

ARMIJOS LIMA YORDY BRYAN  
INGENIERO QUÍMICO

ESPINOZA RAMON WASHINGTON OMAR

MACHALA, 22 DE SEPTIEMBRE DE 2022

MACHALA  
2022

# ANÁLISIS DE ARSÉNICO, CADMIO Y PLOMO EN LAS MICROCUENCAS PERTENECIENTES A LAS VERTIENTES SAN JACINTO Y VILLACRES, CANTON EL GUABO

## INFORME DE ORIGINALIDAD

6%

INDICE DE SIMILITUD

6%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

3%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil Trabajo del estudiante	1%
2	<a href="http://semspub.epa.gov">semspub.epa.gov</a> Fuente de Internet	1%
3	<a href="http://documentop.com">documentop.com</a> Fuente de Internet	<1%
4	<a href="http://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	<1%
5	<a href="http://repositorio.utmachala.edu.ec">repositorio.utmachala.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1%
6	<a href="http://tesis.ucsm.edu.pe">tesis.ucsm.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
7	Submitted to Universidad Politecnica Salesiana del Ecuador Trabajo del estudiante	<1%
8	<a href="http://repositorio.ucv.edu.pe">repositorio.ucv.edu.pe</a>	

## CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

El que suscribe, ARMIJOS LIMA YORDY BRYAN, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado ANÁLISIS DE ARSÉNICO, CADMIO Y PLOMO EN LAS MICROCUENCAS PERTENECIENTES A LAS VERTIENTES SAN JACINTO Y VILLACRES, CANTON EL GUABO., otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 22 de septiembre de 2022



ARMIJOS LIMA YORDY BRYAN  
0705703213

## **DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS**

Me permito en este espacio agradecer y dedicar este trabajo investigativo:

A Dios, quien me ha brindado la sabiduría necesaria, fortaleza y vida para forjar con ánimo este trabajo.

A mis padres, quienes con su ejemplo han sabido guiarme con paciencia, dedicación y esfuerzo para cumplir cada una de mis metas anheladas, inculcar en mí valores que me han permitido cumplir cada una de mis metas anheladas.

A mi tutor quien de manera permanente ha compartido su conocimiento conmigo y ha brindado su guía profesional en cada paso durante todo el desarrollo de este importante trabajo.

Finalmente, y no menos importante quiero expresar mis sinceros sentimientos de estima y agradecimiento también a todos quienes hacen la Universidad Técnica de Machala, mis compañeros y amigos, por extender su mano de apoyo, darme su consejo y acompañarme en esta etapa importante para mi formación académica.

## RESÚMEN

Los recursos hídricos se caracterizan por ser irremplazables, su importancia se basa en las funciones que cumplen en los distintos ciclos químicos y biológicos de una declaración sobre la supervivencia en la Tierra. Sin embargo, en los últimos años esta fuente importante se ha visto afectada por un alto nivel de contaminación, que afecta no solo al medio ambiente y ecosistema, sino que perjudica gravemente a la primera especie en beneficiarse del mismo, que es el ser humano.

Los peligros más eminentes para la vida humana, son los llamados “metales pesados” debido a la contaminación ambiental persistente en el ecosistema, estos mismo que son ingeridos de manera involuntaria por los individuos se radican permanentemente sin opción a desaparecer al contrario tiende a acumularse y así causar un sin fin de efectos perjudiciales para la vida del ser humano.

Por ser el agua una necesidad de los seres vivos para existir, y al encontrarse contaminado por estas sustancias, los seres vivos especialmente el ser humano esta propenso a ser víctima de enfermedades y disfunciones tales como: trastornos reproductivos, insuficiencia renal, intoxicación, enfermedades neurológicas y en el sistema nervioso, daños al sistema inmunológico, afectación a la sangre en su proceso de circulación, problemas en la piel, daños en el sistema reproductivo y hasta cáncer.

El presente trabajo académico se deduce en una investigación basada en proposiciones ciudadanas y particulares, levantamiento en campo de información geológico e hidrológico, usos y aprovechamiento del agua, análisis de pruebas de laboratorio aplicando estrategias metodológicas y la comparación con la normativa que establece la tabla 2: “Criterios Calidad Preservación Vida Acuática y Silvestre en Aguas Dulces”, del anexo 1 del libro TULSMA.

De acuerdo con este libro establece garantizar un ecosistema seguro y de calidad mediante el cumplimiento de obligaciones y procedimientos para los diferentes procesos que tienen estipulados las empresas o industrias públicas y privadas, el cual establece estándares de calidad aceptables para la protección de la vida silvestre y acuática.

El muestreo se lo realizo en tres puntos diferentes para cada rio, tomando en cuenta un distanciamiento por cada punto de 600 metros, para cada muestra se utilizo envases de vidrio ámbar y se obtuvo las respectivas coordenadas y caudales de las mismas. El análisis de metales pesados de las respectivas muestras tuvo lugar en el laboratorio analítico “ANAVALAB”, el mismo que cuenta con acreditación del SAE. Para la detección de los metales utilizo el método instrumental de Absorción Atómica, debido a su rango de trabajo y en campo, específicamente en la Subcuenca del Río San Jacinto y Villacres ubicada en la cooperativa 10 de Agosto, en la jurisdicción de El Guabo.

La investigación actual muestra que los niveles de contaminación por elementos químicos: como el arsénico, cadmio y plomo no superan los niveles permisibles establecidos por la ley ecuatoriana (AM 097 MAE), Respectivamente Arsénico: 0,0005 mg/L; Cadmio: <0,001 mg/L; Plomo: <0,001 mg/L. Sin embargo, Es necesario establecer un monitoreo suficientemente detallado para permitir tomar las restricciones respectivas para obtener un recurso hídrico de calidad en los ríos de estudio.

*Palabras claves: Actividades Mineras, Subcuencas, Fuentes Hídricas, Contaminación Ambiental, Metales, Elementos Geológicos.*

## ABSTRACT

Water resources are characterized by being irreplaceable, their importance is based on the functions they perform in the different chemical and biological cycles of a statement about survival on Earth. However, in recent years this important source has been affected by a high level of pollution, which affects not only the environment and ecosystem, but also seriously harms the first species to benefit from it, which is the human being.

The most eminent dangers for human life are the so-called "heavy metals" due to persistent environmental contamination in the ecosystem, these same ones that are ingested involuntarily by individuals settle permanently with no option to disappear, on the contrary, they tend to accumulate and thus causing endless detrimental effects to the life of the human being.

Because water is a necessity for living beings to exist, and being contaminated by these substances, living beings, especially humans, are prone to being victims of diseases and dysfunctions such as: reproductive disorders, kidney failure, intoxication, neurological diseases and in the nervous system, damage to the immune system, affectation of the blood in its circulation process, skin problems, damage to the reproductive system and even cancer.

The present academic work is deduced in an investigation based on citizen and private propositions, field survey of geological and hydrological information, uses and exploitation of water, analysis of laboratory tests applying methodological strategies and comparison with the regulations established in table 2: "Quality Criteria for the Preservation of Aquatic and Wild Life in Freshwaters", from Annex 1 of the TULSMA book.

According to this book, it establishes to guarantee a safe and quality ecosystem through the fulfillment of obligations and procedures for the different processes that public and private companies or industries have stipulated, which establishes acceptable quality standards for the protection of wildlife and aquatic.

Sampling was carried out at three different points for each river, taking into account a distance of 600 meters for each point. For each sample, amber glass containers were used and the respective coordinates and flows were obtained. The analysis of heavy metals of the respective samples took place in the "ANAVALAB" analytical laboratory, the same one that has SAE accreditation. For the detection of metals, I use the instrumental method of Atomic Absorption, due to its range of work and in the field, specifically in the San Jacinto and Villacres River Sub-basin located in the 10 de Agosto cooperative, in the jurisdiction of El Guabo.

Current research shows that the levels of contamination by chemical elements: such as arsenic, cadmium and lead do not exceed the permissible levels established by Ecuadorian law (AM 097 MAE), Respectively Arsenic: 0.0005 mg/L; Cadmium: <0.001mg/L; Lead: <0.001mg/L. However, it is necessary to establish a sufficiently detailed monitoring to allow taking the respective restrictions to obtain a quality water resource in the study rivers.

*Keywords: Mining Activities, Sub-basins, Water Sources, Environmental Pollution, Metals, Geological Elements.*

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>CAPÍTULO I. GENERALIDADES DEL OBJETO DE ESTUDIO.....</b>	<b>5</b>
<b>1.1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>5</b>
<b>1.2. OBJETIVOS .....</b>	<b>7</b>
OBJETIVO GENERAL .....	7
OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	7
<b>1.3. ANTECEDENTES.....</b>	<b>8</b>
<b>1.4. JUSTIFICACIÓN.....</b>	<b>10</b>
1.5. PROBLEMÁTICA.....	10
<b>CAPÍTULO II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICO-EPISTEMOLÓGICA DEL ESTUDIO.....</b>	<b>11</b>
2.1. RECURSOS HÍDRICOS.....	11
2.2. PROPIEDADES DEL AGUA .....	12
2.3. CONTAMINACIÓN DEL AGUA.....	12
2.4. METALES PESADOS .....	13
2.4.1. Arsénico (As).....	14
2.4.2. Plomo (Pb).....	15
2.4.3. Cadmio (Cd).....	16
2.5. PRESENCIA DE METALES PESADOS EN EL AGUA .....	18
2.6. EFECTOS CONTAMINANTES EN LOS SERES VIVOS.....	19
2.7. VÍAS DE ENTRADA .....	21
2.8. ACUERDO 097-A DEL T.U.L.S.M.A. ....	21
<b>CAPITULO III. METODOLOGÍA.....</b>	<b>24</b>
3.1. UBICACIÓN DEL SITIO DE ESTUDIO .....	24
3.2. EQUIPOS Y MATERIALES.....	24
3.2.1. PROTECCIÓN PERSONAL .....	24
3.2.3. EQUIPOS DE MEDICIÓN DE CAMPO .....	25
3.2.4. MATERIALES DE CAMPO .....	25
3.3. PRESERVANTES.....	26
3.4. PLAN DE MUESTREO.....	26
3.5. RECOGIDA DE MUESTRAS .....	26
3.6. VALIDACIÓN DEL MÉTODO .....	28
<b>CAPITULO IV .....</b>	<b>29</b>
4.1. RESULTADOS .....	29
4.2. EVALUACIÓN DE LOS RIESGOS PARA LA SALUD PÚBLICA DERIVADOS DE LA EXPOSICIÓN CRÓNICA A METALES PESADOS .....	29
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>31</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>32</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>33</b>

## ANEXOS

<b>ANEXO A: RÍOS SAN JACINTO Y VILLACRES.....</b>	<b>40</b>
<b>ANEXO B: EQUIPO UTILIZADO PARA EL ANÁLISIS DE ARSÉNICO, CADMIO Y PLOMO .....</b>	<b>41</b>
<b>ANEXO C: ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS EN EL LABORATORIO.....</b>	<b>42</b>
<b>ANEXO D: TABLA 2, ANEXO 1 DEL LIBRO TULSMA .....</b>	<b>48</b>
<b>ANEXO E: PUNTOS DE MUESTREO .....</b>	<b>49</b>
<b>ANEXO F: TABLA DE RESULTADOS.....</b>	<b>50</b>

## INDICE DE TABLA

<b>TABLA 1. NORMA PARA LA CONSERVACIÓN DE LA EXISTENCIA ACUÁTICA Y CAMPESTRE DE LOS CUERPOS DE AGUA DULCE, MARÍTIMAS Y DE ESTUARIO.....</b>	<b>22</b>
.....	<b>27</b>
<b>TABLA 2. COORDENADAS Y CAUDALES DE LOS RÍOS. ....</b>	<b>28</b>
<b>TABLA 3. RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS. ....</b>	<b>29</b>

**INDICE DE ILUSTRACIONES**

**ILUSTRACIÓN 1. MAPA REFERENCIAL DE LOS PUNTOS DE MUESTREO ..... 27**

## **CAPÍTULO I. GENERALIDADES DEL OBJETO DE ESTUDIO**

### **1.1. INTRODUCCIÓN**

Los recursos hídricos se caracterizan por ser irremplazables, su importancia se basa en las funciones que cumplen en los distintos ciclos químicos y biológicos de una declaración sobre la supervivencia en la Tierra<sup>1</sup>. Los ríos, lagos, cumbres nevadas y espacios subterráneos son uno de los ejemplos claros de lo que comprende este recurso. Ecuador es una nación privilegiada, pues posee una gran cantidad de espacios naturales de esta reserva hídrica, con una gran cantidad de cuencas hidrológicas, además de importantes obras hidráulicas que almacenan millones de metros cuadrados de agua, que a nivel anual representan un interesante porcentaje que benefician a regiones de esta nación e incluso de naciones hermanas<sup>2</sup>.

Sin embargo, en los últimos años esta fuente importante se ha visto afectada por un alto nivel de contaminación, que afecta no solo al medio ambiente y ecosistema, sino que perjudica gravemente a la primera especie en beneficiarse del mismo, que es el ser humano. Durante este proceso, en el que el suelo es alterado como consecuencia de las extracciones y el aumento de elementos tóxicos que funcionan como inhibidores de los factores ecológicos, los mismos que disminuyen el contenido de nutrientes fundamentales, la interrupción de los ciclos biogeoquímicos, la dificultad de arrastre, la mala retención de agua y la ausencia de la estructura edáfica son todos problemas como parte de las consecuencias graves para la cubierta vegetal<sup>3,4</sup>.

El análisis de la presencia de los metales pesados que intervienen en estos procesos constituye un aporte de carácter ambiental, su conocimiento es fundamental pues éstos representan un serio problema debido a su toxicidad y repercusiones tanto en personas como en animales.

En la Espectrometría de absorción atómica es la más utilizada a la hora de determinar elementos químicos, la misma que es encargada de emitir energía hacia la muestra a analiza. Como resultado, la señal se debilita y el detector mide estos datos<sup>5</sup>. Basándose en la medida de la cantidad de luz absorbida, la cantidad del analito se puede determinar cuantitativamente<sup>6</sup>.

Ecuador cuenta con micro, pequeñas y medianas empresas, estas organizaciones no tienen modelo ni parámetros para el cuidado y protección del medio ambiente<sup>7</sup>, en la presente investigación de estudio se comparó los resultados con los parámetros máximos permisibles de la Tabla 2, Anexo 1: Norma de Calidad Ambiental y Descarga de Efluentes: Recurso Hídrico del Libro TULSMA<sup>8</sup>.

## **1.2. OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

Determinar la calidad y cantidad del recurso hídrico en relación a los metales pesados Arsénico, Cadmio y plomo en los ríos San Jacinto y Villacres, pertenecientes al Cantón El Guabo.

### **Objetivos Específicos**

- ✓ Establecer la presencia o ausencia de metales pesados en los ríos San Jacinto y Villacres, en toda su microcuenca a través de análisis en un laboratorio acreditado por la SAE.
- ✓ Conocer los metales pesados identificados como Arsénico, Cadmio y Plomo y los efectos que pueden ocasionar su presencia en los recursos hídricos en estudio.
- ✓ Analizar los resultados obtenidos en laboratorio, a través del uso de métodos estadísticos, para comparar con la normativa nacional ambiental y determinar su cumplimiento.

### 1.3. ANTECEDENTES

Es evidente que la contaminación en el planeta Tierra ha aumentado y aumenta gravemente cada año, los índices que proporcionan los expertos en la materia determinan que las consecuencias a largo plazo son más devastadoras que la que estamos viviendo en la actualidad.

Las responsabilidades de estos actos de contaminación se le atribuyen al hombre y las actividades que éste realiza, las principales causas serían el funcionamiento de diferentes industrias especialmente del área minera, en donde se mezclan productos químicos con grandes cantidades de agua utilizada en pozos de extracción de minerales y plantas de tratamiento, lo que genera una amplia gama de subproductos tóxicos que terminan en los ríos<sup>9</sup>. Es por ello que, el Estado a través de las diferentes entidades públicas competentes han implementado las normativas de ley que prohíban el desarrollo de estas actividades de forma irresponsable, entendiendo que la minería no debería detenerse, sin embargo tampoco debería continuar sin la implementación de nuevas metodologías que no afecten al ecosistema<sup>10</sup>.

En el Ecuador las altas concentraciones de metales pesados, incluidos Cadmio, Plomo y Arsénico en los sedimentos<sup>11</sup>, confirman una vez más que la extracción minera ha traído consigo graves e irreparables afectaciones al medio ambiente, principalmente en los ríos pertenecientes al Sur de este estado. El sector de Ponce Enríquez, provincia del Azuay es uno de los principales sitios mineros del país, región que cuenta en la actualidad con un aproximado de 22.000 habitantes<sup>9</sup>. En este sector es altamente peligroso para el ecosistema y la biodiversidad, se considera que las descargas de minería representan un alto índice de probabilidad de intoxicación y que las personas puedan contraer cáncer, siendo los más vulnerables los niños, pues se entiende que por su condición de inocencia son quienes tienen mayor exposición, tienen tendencia a meterse las manos a la boca y por consecuencia a ingerir más elementos contaminantes.

Los metales que intervienen en estos procesos son identificables y su estudio ha permitido comprender las consecuencias de su intervención. Estos metales al ser utilizados en estos procesos, tienden a acumularse en la superficie de los suelos y quedan a expensas del consumo de las raíces vegetales, estas excesivas concentraciones de

metales en los suelos impactan la calidad de los alimentos, interrumpen la correcta producción de cultivos y la estabilidad del medio ambiente, rompiendo así la cadena alimenticia animal y vegetal, y por consecuencia la de los seres humanos<sup>9</sup>.

También existen metales que se encuentran en los minerales que contienen los metales valiosos como el oro, cobre los cuales en forma indirecta ingresan a los procesos metalúrgicos y ocasionan problemas tanto ambientales como económicos debido a su alta toxicidad.

## **1.4. JUSTIFICACIÓN**

Todos los antecedentes en mención afirman que el problema de la contaminación se da por diferentes factores, pero principalmente por la actividad minera, siendo un problema de carácter ecológico que ha aumentado notablemente cada año, entendiéndose además que en nuestro país son los niños los más vulnerables y propensos a padecer las consecuencias.

Por tal motivo, es importante que el ser humano proteja estos espacios y maneje el desarrollo de estas actividades con responsabilidad, exista una consciencia de la realidad y un conocimiento pleno del manejo de estos elementos químicos, su importancia y lo que pueden aportar a nuestro ecosistema, a fin de limitar su exposición y evitar mayores riesgos como el deterioro de la vida<sup>1</sup>.

La importancia de incluir el análisis de la Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua, en comparación a los resultados de laboratorio obtenidos a partir de las muestras recopiladas en los ríos antes mencionados permitirá establecer el correcto procedimiento para el desarrollo de estas actividades mineras, y frenar así el mal manejo de estos metales que desembocan en un serio peligro que atenta contra la vida misma.

## **1.5. Problemática**

¿Cuál es el impacto de la alta concentración de estos metales en las vertientes pertenecientes al cantón El Guabo, para la vida humana y el ecosistema, al entrar en contacto directo con estos elementos?

## **CAPÍTULO II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICO-EPISTEMOLÓGICA DEL ESTUDIO.**

### **2.1. Recursos Hídricos**

En general, los recursos hídricos son las grandes cantidades de agua dulce que, en sus distintos estados; sólidos, líquidos y gaseosos, son aprovechados en gran manera por el ser humano, por este motivo se considera como un recurso vital para su supervivencia.

Su importancia además radica en la intervención que cumple para la sostenibilidad de los recursos naturales y ambientales, conservando no solo la vida humana sino la estabilidad del balance físico y químico del planeta<sup>12</sup>.

La demanda de agua potable ha ido creciendo a medida que el suministro está en camino de colapsar en varias regiones del planeta, conformando las estimaciones de ONU-Agua, que sugieren que hasta 2025 casi dos mil millones de personas estarán en lugares con escasez severa de agua<sup>13</sup>.

La concentración de este importante recurso depende de la situación geográfica en la que se encuentre, los agentes que intervengan en su uso y las actividades en las que se desarrollen, las mismas que se reducen a:

- Ríos y Lagos.
- Aguas Subterráneas
- Glaciares y nieves perpetuas.

Este recurso natural es aprovechado en su totalidad por el ser humano para cumplir labores en diferentes áreas, siendo éstos: el sector Agrícola. Para efectos académicos el desarrollo de este estudio, se concentrará el análisis de este recurso hídrico en ríos y lagos, y se vincularán las actividades en las que intervienen elementos químicos, en este caso, la Minería<sup>2</sup>.

## **2.2. Propiedades del Agua**

Una vez abarcada la importancia de este elemento vital, es importante considerar sus propiedades ópticas, y para ello las deduciremos en lo siguiente:

El hidróxido de hidrogeno (agua) está compuesto covalentemente por dos átomos: 2 de Hidrógeno y 1 de oxígeno y que conserva un peso molecular de 18,016<sup>14</sup>, y se encuentra especialmente en tres estados; solido, líquido y gaseoso. Cuando la luz penetra las partículas del agua, ésta es absorbida y propagada a través de la dispersión, se transforma en longitudes de ondas dentro del mismo y se disuelven convirtiéndose en diferentes formas de energía. Se presenta de forma transparente, sin embargo, nunca es total puesto que la misma absorción interrumpe el paso de la luz dependiendo de la intensidad de la radiación. En otras palabras, la óptica geométrica ha permitido entender la luz cambia su dirección cuando entra en contacto con el agua, sufre un cambio de densidad y define su refracción en relación a su velocidad<sup>15</sup>.

Se resalta el proceso de fluorescencia ya que la relación luz-agua ha permitido desarrollar su estudio, sus análisis han determinado incluso el color del agua, estableciendo que es un líquido de color azul solo en cantidades grandes, ya que en cantidades inferiores su la zona de espectro es muy débil y su absorción no es muy significativa. Algunos investigadores han podido sostener en base a sus indagaciones que el agua absorbe fuertemente en la región del infrarrojo, por esto la deducción y lógica de que el agua no es visible en un rango inferior<sup>12</sup>.

## **2.3. Contaminación del agua**

La modificación severa es responsable de la polución del agua<sup>16</sup>, con respecto a la calidad del agua, la cual es provocada por las manos del hombre, puede generarse este daño debido a los desechos de sustancias tóxicas que son producto de los diferentes procesos industriales y en ocasiones urbanos, dando como resultado que el agua se convierta en peligrosa o tóxica para el consumo humano, así como para su uso en agricultura, industria, actividad pesquera, entre otros<sup>17</sup>.

Es importante mencionar que esta situación no es algo repentino, ya que este problema viene afectando el bienestar de los seres vivos en general desde tiempos antiguos<sup>18</sup>. Por esta razón el Estado del Ecuador ha establecido leyes a favor del medio ambiente, tales como la gestión de calidad del medio ambiente que se encuentran en la Norma ISO 14001.

La aplicación de esta normativa es indispensable para que el profesional bioquímico pueda realizar de manera correcta los protocolos que debe seguir para que dichos residuos tóxicos no afecten tan severamente al medio ambiente de modo que se puedan evitar severos daños o intoxicaciones.

Así mismo, las variaciones en las concentraciones de los elementos tóxicos se dan a conocer en el denominado “ciclo del agua”, con respecto a esto cabe mencionar que aquí ocurre la interacción de diversas actividades humanas y los diferentes compartimentos de origen ambiental, lo que inevitablemente provoca la contaminación del agua<sup>19</sup>.

Por otro lado, hay otros factores que han sido categorizados por la EPA (Agencia de Protección de Ambiente) como destructores directos del medio ambiente tales como los metales pesados, plaguicidas y otras impurezas, esto ocurre debido a su alta toxicidad, movilidad y persistencia, generando daños irreversibles en ríos, lagunas, y canales; además de que debido a las propiedades fisicoquímicas que estos poseen, son totalmente resistentes a la degradación biológica.

#### **2.4. Metales pesados**

Para el presente estudio es necesario conocer sobre que son los metales pesados y por qué motivo la comunidad científica los considera tan peligrosos y perjudiciales para la vida.

Los mismos son considerados dañinos debido a que en su estructura química se presentan una serie de sustancias altamente tóxicas. Recordando que, una sustancia es reconocida como tóxica cuando sus efectos son dañinos para la salud del ser humano, afectando directamente a los órganos internos y externos<sup>20</sup>.

Sin embargo, esto es algo relativamente común, debido a que muchos compuestos químicos o elementos pueden llegar a ser clasificados como nocivos para el goce de una buena salud, claramente los niveles de toxicidad pueden variar dependiendo a diversos factores ambientales. Los niveles de toxicidad que puede tener un elemento químico o sustancia química se miden dependiendo al impacto que generan sus efectos<sup>21</sup>. Es por ello que la relación que existe entre el efecto de un elemento y si se trata de una sustancia no tóxica, su cantidad será diferente.

Con la información previamente mencionada es importante recalcar que los metales pesados que han sido identificados a través del presente estudio no se recomienda la exposición directa con el ser humano debido a su alta toxicidad, entre los metales que mayormente destacan en la presencia de las vertientes hídricas son el Plomo, Arsénico y el Cadmio.

En forma separadas estos metales pesados es que se encuentran en la corteza de la Tierra, se pueden convertir en contaminantes si existe una mala manipulación y distribución en el ambiente mediante el desarrollo de actividades humanas, entre las que resaltan las actividades industriales y desechos provocados por la minería.

Su peligrosidad proviene del hecho que los mismos no alcanzan a degradarse, tanto estructuralmente como biológicamente. Por otro lado, los mismos biológicamente tienden a acumularse y magnificarse<sup>22</sup>, terminando por concentrarse dentro de los organismos de los seres vivos, consecuentemente logran una toxicidad en el cuerpo del receptor<sup>23</sup>.

#### 2.4.1. Arsénico (As)

Este metal por su alta densidad es considerado uno de los más tóxicos, el empleo de este elemento químico es muy frecuente en las actividades industriales que desarrolla el ser humano, con diferentes fines. Por su alta demanda en el sistema de fabricación de productos, es el mayor contaminante de los ríos, pues su vertido cae como residuo concentrándose en las especies de consumo, tanto animal como de cultivo, dentro de la cadena alimenticia.

Siendo el arsénico un metal que se concentra fácilmente en las fuentes de abastecimiento, como en el caso del presente análisis, en el agua, es también susceptible de procesos que reducirían su presencia, es importante señalar que un tratamiento correcto del agua que consumimos podría evitar el contagio y la propagación de enfermedades altamente perjudiciales para el ser humano.

Según los autores este posee propiedades de los metales y no metales, por lo que es conocido como un metaloide, en la tabla periódica el arsénico representa el lugar número 20 entre otros elementos y se distribuye principalmente en suelos, fuentes de agua y rocas. Este metaloide tiene mayor concentración en cuerpos de agua natural donde su concentración es menor a 10ug/L mientras que en zonas minera se puede encontrar entre 0,2 a 1g/L<sup>24</sup>.

#### 2.4.2. Plomo (Pb)

El plomo es un metal gris, opaco y quebradizo<sup>25</sup>, está naturalmente presente en todas las rocas, suelos, tierra y polvo, con niveles típicamente entre 2 y 200 ppm. La cantidad total de plomo presente en la corteza terrestre se estima en unas  $3,1 \times 10^{14}$  toneladas. Algunos suelos tienen concentraciones de plomo relativamente altas, entre 8 y 20 mg Pb/kg se dan en suelos no tratados, mientras que en tierras de cultivo por encima de 360 mg Pb/kg y en las inmediaciones de fuentes de contaminación industrial, los suelos alcanzan concentraciones de 10 g Pb/Kg. kg o más<sup>26</sup>.

En cada caso, aquellas radiaciones naturales en comparación con las derivadas de las actividades humanas son reducidos. Industria del Plomo: Históricamente, La extracción minera y conversión de plomo han sido fuentes importantes de emisiones y su mayor parte en forma de desechos sólidos, pero también hubo emisiones significativas. al agua y al aire. En muchos países, las fuentes móviles, como los vehículos que funcionan con Tetraetilo de Plomo, siguen siendo una fuente importante de emisiones y contaminación del aire, el agua y el suelo; sin embargo, en ciertos países, el uso de este combustible está prohibido<sup>27,28</sup>.

Antes del siglo XX la pintura que se utilizaba para colorear los juguetes de los niños contenía un alto índice de plomo, lo cual provocó en los infantes que tenían un contacto

directo con dichos objetos grandes afectaciones en su sistema inmunológico, es así que a partir de este descubrimiento los especialistas en su mayoría ligaban a la encefalopatía con la intoxicación por plomo<sup>29</sup>. Por otro lado, la pintura con plomo en general tiende a ausentarse, los restos de construcciones antiguas y los usos especiales continúan siendo una fuente relativamente importante de contaminación del suelo y el agua, causada por el desgaste y la corrosión de las conexiones de plomo<sup>30</sup>.

Mediante la precipitación, las pequeñas partículas que se alojan en el aire caen y se depositan en el suelo y en las aguas superficiales, contribuyendo así a la contaminación de los recursos hídricos. Otras de las formas más comunes en las que el ecosistema se contamina es por el uso de las pinturas a base de plomo ya que se deteriora en edificios y otras estructuras es una fuente importante de polución del suelo<sup>30</sup>.

Es muy difícil asegurar una victoria en la lucha contra la desaparición o la disminución del uso de este metal en las producciones industriales, ya que la demanda de los productos que con este metal se producen no termina, como es el claro ejemplo, la fabricación de las baterías<sup>31</sup>. El ser humano no ha adaptado herramientas para reemplazar este consumo, la utilización de la energía eólica sería una gran solución.

Este metal se presenta de color azulado, muy resistente a condiciones de acidez y corrosión de la atmósfera terrestre, por lo que, puede aparecer en todas sus formas, con la exclusión de la forma Plomo "I", y son importante para el medio ambiente. Como resultado, en los diferentes recursos hídricos existe una alta presencia del metal Plomo, que, además de lo señalado anteriormente, resulta de la actividad minera<sup>11</sup>.

La contaminación de estas aguas se produce por los vertidos de aguas residuales que contienen desechos de lodos industriales<sup>32</sup>. Por partículas de suelo contaminadas que también han sido drenadas a fuentes de agua.

#### 2.4.3. Cadmio (Cd)

El cadmio, no es menos importante que los mencionados en los párrafos anteriores, pues su uso en la industria textil ha permitido que se desarrolle de manera significativa la producción y fabricación de telas, pinturas, esmaltes, plástico como el PVC, entre otros.

La particularidad de este metal es que, al fundirlo con otros afines, permite brindar una gran variedad de opciones de productos a fabricarse.

En la actualidad gracias a las investigaciones realizadas y al trabajo de los especialistas que se han aportado a la consciencia con el medio ambiente y su entorno, ha permitido frenar en impacto de las consecuencias de su uso, por lo que se podría considerar que cada vez llega menos cadmio a las aguas. No obstante, su presencia aún es evidente y real en aguas residuales provenientes de industrias que desechan residuos y en el uso de fertilizantes. Un dato importante que resaltar, es que este metal llega y contamina al ser humano especialmente por el consumo de alimentos como champiñones, cacao, mariscos en general y además por el consumo del tabaco a través de la respiración del humo que éste produce.

El cadmio es considerado un elemento cancerígeno, pues ataca principalmente a los riñones, y provoca que el cuerpo humano deseche proteínas y azúcares esenciales que en el proceso digestivo normal no debería suceder.

Decir que es posible lograr la desaparición de este metal es mentirse, al menos no a corto plazo, sin embargo, reducir su producción sí que es ejecutable y depende del ente más afectado por su impacto: el ser humano. Adaptar nuevas costumbres como dejar el consumo del tabaco, reciclar productos que contienen este metal, reducir su uso en las actividades industriales, menguar en el consumo de alimentos que lo contienen, y en general promover mejores condiciones de salud en las áreas de trabajo, especialmente donde se lo produce.

Este metal es blando de color blanco plateado dentro de la tabla de los elementos químicos con su cifra atómica “8” y su respectivo peso “112,140” dentro de su formación pura, generalmente este metal se presenta como un mineral combinado con otros elementos, por lo que es un compuesto que influyen altamente por su solubilidad con el agua, es decir, que sus otros componentes como lo son el cloruro y el sulfato son altamente solubles. Lo que representa el cadmio en la contaminación de vertientes hídricas “pueden provenir de la corrosión de los tubos galvanizados, de la erosión de depósitos naturales, de los efluentes de refinerías de metales o de líquidos de escorrentía de baterías usadas o pintura”<sup>11</sup>.

## **2.5. Presencia de metales pesados en el Agua**

Naturalmente el agua presenta niveles bajos de contaminación por parte de estos elementos, al encontrarse en contacto con la vida representada en diferentes especies, en ríos y mares. Su alta concentración se debe al choque de este elemento con las rocas al encontrarse en zonas acuíferas.

Sin embargo, en el recurso hídrico existe un alto nivel de estos elementos y propiedades químicas del mismo, se debe o está estrechamente relacionado a las actividades de producción que genera el ser humano, en diferentes áreas como es la minería y la industria. Por ejemplo, la combustión de gasolina con plomo, que libera metales a la atmósfera y se concentran en las zonas acuíferas que en muchas ocasiones son utilizadas para la agricultura y la ganadería, contaminando en gran parte a los organismos vivos, animales y producciones de plantas en general<sup>33</sup>.

Debido a estas actividades que de manera constante generan residuos químicos que son expulsados a los mares y ríos contaminando las aguas subterráneas, a través de procesos naturales e inevitables como son la erosión y escorrentía.

Es fundamental conocer que el agua es un elemento tratable, que a través de una producción correcta se puede reducir considerablemente la concentración de estos metales químicos y con esto evitar la intoxicación y la propagación de enfermedades transmisibles, o en sus peores casos enfermedades mortales.

Todos los tipos de ecosistemas acuáticos pueden verse afectados por la contaminación de metales pesados, ya que permanece en el medio natural después de ser vertido. Suelen llegar a los acuíferos por percolación de estos compuestos, que dependen de factores como el pH del ambiente y la propia escorrentía, y entran en humedales y lagunas por escorrentía o incluso por ser alimentadas por ríos y acuíferos. Se requiere su uso debido a la gran importancia que lleva este recurso para las industrias en general. Por lo tanto, su uso como fuente de agua puede verse afectado negativamente, limitando los recursos hídricos básicos en las zonas semiáridas, la explotación pesquera, el uso recreativo y por supuesto afectando el equilibrio de los ecosistemas, dando como resultado que muchos puedan conducir a la muerte y desaparición de especies del hábitad<sup>34</sup>.

También aumentan las aguas sobrantes de las actividades industriales y domésticas, de las cuales sólo el 5% son tratadas para su depuración y reciclaje<sup>35</sup>. Según datos reportados por Naciones Unidas, 1 de cada 5 personas en el mundo carecen de los servicios básicos como lo es el líquido vital (agua) y aproximadamente superan los dos millones de habitantes no cuentan con un saneamiento adecuado.

Para este estudio se ha tomado en cuenta a los metales pesados As, Pb y Cd porque la caracterización mineralógica del sector indica la presencia de minerales ricos en estos metales tales como arsenopirita, galena, anglesita, etc.

## **2.6. Efectos contaminantes en los seres vivos**

La problemática del alto nivel de contaminación en los recursos hídricos no es algo nuevo ya que se presenta como un problema global, en Ecuador se presentan diversas formas de contaminación como lo son los riegos agrícolas, industriales, zonas urbanas y zonas próximas a las riveras de los ríos San Jacinto y Villacres, pertenecientes a la jurisdicción de la Provincia de El Oro<sup>36</sup>.

En los ríos de la zona Sur del Ecuador, principalmente en vertientes de los cantones Zaruma y Portovelo, los ríos Amarillo, Pindo y Calera donde los efectos de las descargas de contaminantes de la industria minera dañan todas las formas de vida, teniendo graves efectos ambientales y presentando serios riesgos para la salud humana por el consumo del recurso hídrico contaminado<sup>9</sup>.

El incremento por concentración de estos metales esta constituidos principalmente por minería u origen industrial, donde los vertederos y vertientes de agua son la principal fuente de contaminación, no obstante, existen casos en que algunas vertientes crean naturalmente metales pesados a través del paso de acuíferos formados por rocas compuestas por dichos metales<sup>17</sup>.

Es realmente evidente que la fuente de estos metales pesados radica en las actividades realizadas por la mano humana y su intervención alterando todos los procesos naturales, esto afecta de manera considerable a todas las formas de vida, animal, vegetal y

principalmente humana<sup>37</sup>. Estas fuentes hídricas y los suelos, afectan toda la cadena de alimentación y producción natural fundamentales para la vida<sup>38</sup>.

De hecho, los estudios que se han realizado sobre estos metales, especialmente del Arsénico, Cadmio y Plomo, han determinado su presencia y la peligrosidad de su concentración en vertientes, donde existe contacto directo con los seres vivos, al momento que entra en contacto con el ecosistema y su entorno se altera. Al darse una modificación del ecosistema por la presencia de estos metales pesados junto con otros elementos, si bien es cierto que la contaminación se da sobre los suelos, es cierto mencionar también que estos elementos viajan a hasta concentrarse en organismos vivos e incluso en el aire, repitiendo este proceso contaminante de manera indefinida<sup>28</sup>.

Es crucial tener presente el nivel de toxicidad de los metales pesados, se recomienda mantener presente sus alcances y establecer las concentraciones máximas permitidas de metales en diversos materiales, como el suelo y el agua, entre otros.

De los estudios realizados se pudo determinar que la presencia de estos metales contaminantes se extiende a través del recorrido fluido del agua y se concentra en el suelo por donde pasa, en el aire y en el entorno que lo rodea, por este motivo tiene una mayor repercusión en los seres vivos, incluso con más impacto en aquellos que viven cerca de estos ríos, quienes utilizan este líquido vital para satisfacer desde las necesidades básicas para la subsistencia hasta para la producción o realización de diferentes labores de campo mismo. Al tomar contacto directo con estos elementos tóxicos el riesgo es mayor a contraer diferentes enfermedades, siendo los más vulnerables los niños, quienes no solo utilizan el agua sino también rodean el ambiente, entrando en contacto con estos elementos contaminados, juegan en la tierra y por su estado de menores de edad y la inocencia que les asiste en muchas cosas ocasiones llevan sus dedos a la boca, donde estos residuos que quedan en la uñas son ingeridos de manera directa, provocando un riesgo de infección y en los peores casos que contraigan enfermedades mortales, deformaciones, e incluso cáncer<sup>39</sup>.

Por ser el agua un elemento, una necesidad de los seres vivos para existir<sup>40</sup>, y al encontrarse contaminado por estas sustancias, los seres vivos especialmente el ser humano esta propenso a ser víctima de enfermedades y disfunciones tales como:

trastornos reproductivos, insuficiencia renal, intoxicación, enfermedades neurológicas y en el sistema nervioso, daños al sistema inmunológico, afectación a la sangre en su proceso de circulación, problemas en la piel, daños en el sistema reproductivo y hasta cáncer<sup>41</sup>.

Para considerar una posible reducción en las enfermedades propagadas debido a la presencia de estos metales es necesario llevar a cabo un tratamiento especial en el suministro de agua potable que permitan la eliminación segura de heces y microorganismos que se encuentran presentes, esto a fin de prevenir su desarrollo en los sistemas de distribución y consecuentemente en la cadena alimenticia<sup>42</sup>.

## **2.7. Vías de Entrada**

Existen tres puntos principales de entrada de metales hacia el medio agua<sup>32</sup>.

- Vías atmosféricas formadas por la acumulación de moléculas liberadas al medio ambiente debido a las transformaciones naturales o artificiales (igniciones y desarrollos de cimentación metálica)<sup>43</sup>.
- Vías terrestres, productos de infiltración de aguas residuales, escorrentía superficial de contaminantes (minería, uso de lodo como fertilizante) y otros factores originarios.
- La descarga directa de aguas residuales industriales y municipales en las orillas de los ríos da como resultado la intrusión directa de metales.

## **2.8. Acuerdo 097-A del T.U.L.S.M.A.**

Esta política nos establece garantiza un ecosistema seguro y de calidad mediante el cumplimiento de obligaciones y procedimientos para los diferentes procesos que tienen estipulados las empresas o industrias públicas y privadas, la calidad del ecosistema se entiende por la ausencia de sustancias tóxicas en los distintos recursos como el aire, suelo y agua en el que pueden alterar su ciclo de vida<sup>44</sup>.

El Apéndice primero del libro VI de TULSMA<sup>8</sup> “Estándares de Calidad Ambiental y Descarga de Efluentes a los Recursos Hídricos” está contenido en este reglamento que establece estándares de agua para varios usos.

- Estándares de calidad para el agua humana y doméstica antes de la purificación.
- Normas de calidad para la protección de los animales acuáticos y silvestres en aguas dulces, frías o templadas, océanos y estuarios.
- Normas de calidad del agua para riego agrícola.
- Estándares para la calidad del recurso hídrico del ganado.
- Estándares para la calidad del recurso hídrico recreativa.
- Normas de calidad del agua con fines estéticos.

El acuerdo tiene en cuenta estándares de calidad aceptables para la protección de la vida silvestre y acuática.

Tabla 1. Norma para la conservación de la existencia acuática y campestre de los cuerpos de agua dulce, marítimas y de estuario.

Parámetros	Expresados como	Unidad	Criterio de Calidad	
			Agua Dulce	Agua Marina y de Estuario
<b>Aluminio</b>	Al	mg/l	0,1	1,5
<b>Amoníaco Total</b>	NH3	mg/l	-	0,4
<b>Arsénico</b>	As	mg/l	0,05	0,05
<b>Bario</b>	Ba	mg/l	1	1.0
<b>Berilio</b>	Be	mg/l	0,1	1,5
<b>Bifenilos Policlorados</b>	Concentración de PCBs totales	ug/l	1	1
<b>Boro</b>	B	mg/l	0,75	5
<b>Cadmio</b>	Cd	mg/l	0,001	0,005
<b>Cianuros</b>	CN	mg/l	0,01	0,01
<b>Cinc</b>	Zn	mg/l	0,03	0,015
<b>Cloro residual total</b>	Cl2	mg/l	0,01	0,01

<b>Clorofenoles</b>		mg/l	0,05	0,05
<b>Cobalto</b>	Co	mg/l	0,2	0,2
<b>Cobre</b>	Cu	mg/l	0,005	0,005
<b>Cromo Total</b>	Cr	mg/l	0,032	0,05
<b>Estaño</b>	Sn	mg/l		2
<b>Fenoles monohídricos</b>	Expresado como fenoles	mg/l	0,001	0,001
		mg/l		
<b>Aceite y Grasas</b>	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3	0,3
<b>Hidrocarburos Totales de Petróleo</b>	TPH	mg/l	0,5	0,5
<b>Hierro</b>	Fe	mg/l	0,3	0,3
<b>Manganeso</b>	Mn	mg/l	0,1	0,1
<b>Materia flotante de origen antrópico</b>	visible		Ausencia	Ausencia
<b>Mercurio</b>	Hg	mg/l	0,0002	0,0001
<b>Níquel</b>	Ni	mg/l	0,025	0,1
<b>Oxígeno disuelto</b>	OD	% de saturación	> 80	> 60
<b>Piretroides</b>	Concentración de piretroides totales	mg/l	0,05	0,05
<b>Plaguicidas Organoclorados Totales</b>	Organoclorados totales	ug/l	10	10
<b>Plata</b>	Ag	mg/l	0,01	0,005
<b>Plomo</b>	Pb	mg/l	0,001	0,001
<b>Potencial de Hidrogeno</b>	pH	unidades de pH	6,5 - 9	6,5 - 9,5
<b>Selenio</b>	Se	mg/l	0,001	0,001
<b>Tensoactivos</b>	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5	0,5
<b>Nitritos</b>	NO2	mg/l	0,2	
<b>Nitratos</b>	NO3	mg/l	13	200
<b>DQO</b>	DQO	mg/l	40	-
<b>DBO5</b>	DBO5	mg/l	20	-
<b>Solidos Suspendidos Totales</b>	SST	mg/l	máx. incremento de 10% de la Condición Natural	-

Fuente: <sup>45</sup>

## **CAPITULO III. METODOLOGÍA**

### **3.1. Ubicación del sitio de estudio**

La presente investigación tuvo lugar en las microcuencas de los ríos San Jacinto y Villacrés pertenecientes al Sitio Cooperativa 10 de Agosto del cantón El Guabo y Sitio El Progreso. Estos sitios se encuentran ligados y sus dimensiones alrededor se enmarcan en las siguientes:

POR EL NORTE: Por el Sitio San Vicente constitutiva del Cantón El Guabo, de la provincia de El Oro; POR EL SUR: Por el sitio El Progreso del Cantón El Guabo, Provincia de El Oro; POR EL ESTE: Por el sitio La Loma, también integrante del Cantón El Guabo, y; POR EL OESTE: Por el sitio Cooperativa 10 de Agosto Cantón El Guabo.

### **3.2. Equipos Y Materiales**

Los materiales y equipos utilizados para desarrollar el estudio se describen con más detalle a continuación:

#### **3.2.1. Protección personal**

- Botas de caucho
- Botines de seguridad
- Impermeable dos piezas (pantalón y chompa)
- Casco
- Mochila
- Guantes de caucho y nitrilo
- chaleco salvavidas
- Cuerda con mosquetón (línea vida)

### **3.2.2. Preservantes**

- Ácido nítrico

### **3.2.3. Equipos de medición de Campo**

- Potenciómetro
- Termómetro digital

### **3.2.4. Materiales de campo**

- Fundas
- Botella
- Frascos de Poliestireno (primer uso)
- Frascos de vidrio ámbar 1L, 500 mL
- Frascos estériles
- Solución estándar de pH y conductividad
- GPS
- Cinta adhesiva
- Cadena de custodia
- Gotero
- Cuerda
- Balde
- Marcador Permanente

### **3.3. Preservantes**

En algunos casos, para garantizar que la muestra no cambie mientras se manipula o transporta al laboratorio, podría ser necesario agregar las sustancias adecuadas. En este caso, para el análisis que se ha efectuado, ha sido necesario emplear como preservante al ácido nítrico concentrado.

Sin embargo, se debe considerar tener sumamente cuidado, ya que su aplicación ya que se trata de productos químicos que provocan severos daños para la salud, a tal punto de poder generar quemaduras e intoxicaciones a causa de su inhalación.

### **3.4. Plan de muestreo**

Cada río tiene su propio diseño de sondeo por separado. En el cual se considerarán los siguientes parámetros: puntos de muestreo, parámetros de análisis, actividades antrópicas en los puntos de muestreos, frecuencia de muestreo, tipo de contenedor, conservantes, métodos, tipos y tiempos de conservación.

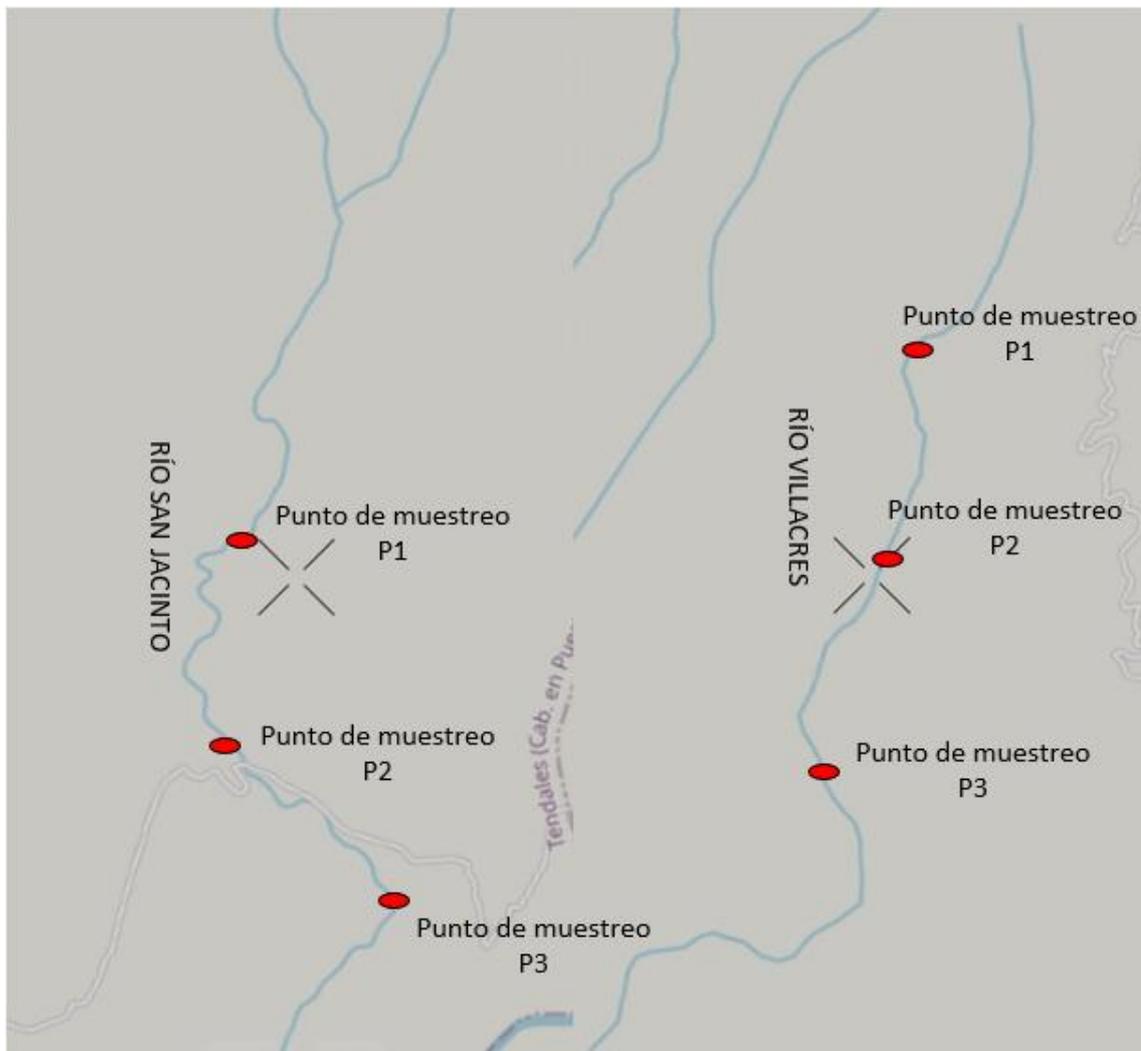
### **3.5. Recogida de muestras**

El protocolo de la exposición se apegó a los lineamientos de las normas nacionales e internacionales para garantizar la reducción de los errores de muestreo. Se describieron las metodologías para recolectar muestras en el sitio, ubicar, almacenar y transportar muestras al laboratorio.

Se recolectaron muestras de agua de seis sitios diferentes (tres en sitios diferente del rio San Jacinto y las restantes tres en el rio Villacres, las mismas las cuales se tomaron en época o estación de verano. El muestreo se realizó durante 7 días. Del 17 de agosto de 2022 al 23 de agosto de 2022. Los envases que se utilizaron para el muestreo fueron botellas de vidrio color ámbar de ½ litro.

Antes de proceder a muestrear, se realizó una homogenización de la botella con la respectiva agua del río según el punto de muestreo, luego se procedió a tomar la muestra y de igual manera sus respectivas coordenadas del punto, caudal y observaciones del lugar. Para conservar las muestras se le agregaron aproximadamente 6 gotas de Ácido Nítrico (1,7 ml de HNO<sub>3</sub> concentrado/litro de muestra). Cada muestra se conservó en un cooler para que no exista variación de temperaturas.

Ilustración 1. Mapa referencial de los puntos de muestreo



**Fuente:** Propia

Tabla 2. Coordenadas y caudales de los ríos.

<b>PUNTO DE MUESTREO</b>	<b>COORDENADAS WGS 84 DATUM 17M</b>		<b>CAUDAL</b>
<b>RÍO SAN JACINTO</b>			
<b>Punto cuenca alta P1</b>	X:640383	Y:9647284	55 L/seg
<b>Punto cuenca media P2</b>	X:640258	Y:9647150	85 L/seg
<b>Punto cuenca baja P3</b>	X:639958	Y:9646355	90 L/seg
<b>RÍO VILLACRES</b>			
<b>Punto cuenca alta P1</b>	X:646845	Y:9645897	6 L/seg
<b>Punto cuenca media P2</b>	X:640500	Y:9645364	79 L/seg
<b>Punto cuenca baja P3</b>	X:640202	Y:9645327	110 L/seg

Fuente: Propia

### 3.6. Validación del método.

Todo laboratorio en general tiene que tener el deber de entregar una información notable y fiable para la toma de decisiones. Los mismos que garanticen que se han utilizado métodos confiables y precisos a la hora de obtener resultados<sup>46</sup>. La norma establece que el laboratorio debe de planificar e implemente medidas para abordar los riesgos y oportunidades. Los mismos que son base para aumentar la efectividad del sistema de gestión, para así lograr resultados y evitar consecuencias negativas<sup>47</sup>.

Según la norma 17025 el laboratorio deberá informar sobre los resultados, el método utilizado para validarlos y la idoneidad de la metodología<sup>48</sup>. En este caso el laboratorio que se ha seleccionado para la determinación de la presencia de estos metales ha sido “ANAVANLAB CIA LTDA.” ACREDITACION SAE LEN 13-006 (1) que cuenta con las debidas acreditaciones ambientales SAE.

## CAPITULO IV

### 4.1. Resultados

En la siguiente tabla se puede observar los resultados de los análisis de metales pesados de los ríos San Jacinto y Villacres con sus respectivos puntos. En lo que respecta a los resultados, la incertidumbre (U%) los valores se han estimado con  $k=2$ , con un nivel de confianza del 95,45%.

Tabla 3. Resultados de los análisis.

Río	Punto	Arsénico	Cadmio	Plomo	Unidad	VALOR NORMA			+/- % U**		
						Arsénico	Cadmio	Plomo	Arsénico	Cadmio	Plomo
San Jacinto	P1	< 0,0005	< 0,001	< 0,001	mg/L	0,05	0,001	0,001	25,90 %	20,00 %	30,00 %
	P2	< 0,0005	< 0,001	< 0,001	mg/L						
	P3	< 0,0005	< 0,001	< 0,001	mg/L						
Villacres	P1	< 0,0005	< 0,001	< 0,001	mg/L						
	P2	< 0,0005	< 0,001	< 0,001	mg/L						
	P3	0,0005	< 0,001	< 0,001	mg/L						

Fuente: Propia

### 4.2. Evaluación de los riesgos para la salud pública derivados de la exposición a metales pesados

Las evaluaciones de riesgos han revelado las diferentes consecuencias debido al alto nivel de exposición para la vida humanitaria en diferentes ámbitos. Esto se podría hacer en función del riesgo de cáncer en adultos y grupos vulnerables. Las principales rutas por las que estos químicos se establecen en los seres vivos son a través del contacto directo, la boca y la inhalación<sup>49</sup>.

Este es un proceso para determinar el alcance y la probabilidad de los efectos negativos de una contaminación. Se puede utilizar para determinar si los niveles de exposición actuales en un área determinada están causando efectos adversos. Cuanto mayor sea el riesgo de contaminación de organismos vivos, mayor será la necesidad de programas de tratamiento<sup>50</sup>.

La existencia de los metales pesados Plomo, Arsénico y Cadmio en las Subcuencas de los Ríos San Jacinto y Villacres, en el medio ambiente y los alimentos, tal como se ha descrito, puede causar una variedad de intoxicaciones que causan daños irreversibles a los seres vivos en general, teratogenicidad, cáncer e inclusive la muerte<sup>41</sup>.

La falta de conocimientos de los peligros puede incidir a la incapacidad de cumplir adecuadamente su función, para valorar el riesgo de manera verídica<sup>51</sup>. Es primordial tener en cuenta las normas adecuadas que garanticen que el recurso hídrico se encuentre en los parámetros aceptables para conservar el líquido vital en buenas condiciones<sup>47</sup>.

Es significativo proteger el medio ambiente de estos elementos tóxicos ya que el líquido vital es primordial para la supervivencia de los seres vivos, tomando como consideración la utilización de los criterios que establece la norma calidad del agua para la preservación de la vida acuática y efímera<sup>8,44</sup>.

Los peligros más eminentes para la vida humana, son los llamados “metales pesados” debido a la contaminación ambiental persistente en el ecosistema, estos mismo que son ingeridos de manera involuntaria por los individuos se radican permanentemente sin opción a desaparecer al contrario tiende a acumularse y así causar un sin fin de efectos perjudiciales para la vida del ser humano<sup>20</sup>.

## CONCLUSIONES

La investigación actual muestra que los niveles de contaminación por elementos químicos: como el arsénico, cadmio y plomo no superan los niveles máximos permisibles establecidos por la ley ecuatoriana (AM 097 MAE) en sitios de los ríos San Jacinto y Villacres, en el cantón El Guabo. En el cual se realizó un muestreo de toda la cuenca hidrográfica de los ríos de estudio, estableciendo 3 puntos a muestrear.

Las evaluaciones de riesgos asociados a los metales pesados en la salud humana han mostrado importantes riesgos no cancerígenos del Plomo en grupos vulnerables (adultos y niños). La exposición a largo plazo a ciertos metales pesados puede tener efectos nocivos para la salud.

Los presentes resultados que logramos en relación con la norma nacional ambiental (AM097A, ANEXO 1, TABLA 2), demuestran que las concentraciones de Arsénico, Cadmio y Plomo están dentro del máximo permisible que establece dicha norma. Respectivamente Arsénico: 0,0005 mg/L; Cadmio: <0,001 mg/L; Plomo: <0,001 mg/L.

## **RECOMENDACIONES**

Es necesario establecer un monitoreo suficientemente detallado para permitir tomar las restricciones respectivas para obtener un recurso hídrico de calidad en los ríos de estudio. Por lo que al Norte de la cuenca alta existe presencia de actividad minera, por consecuente en un futuro hay posibilidades de que se establezca una explotación en toda la cuenca alta y pueda afectar a la calidad del agua de las quebradas en estudio.

Implementación de campañas de concientización para la población en general del sitio El Retiro y Cooperativa 10 de Agosto, sobre los efectos que causan estos tipos de metales pesados y el respectivo protección y preservación del medio ambiente.

Coordinación con la empresa de EPA AGUA del cantón El Guabo, con el fin de realizar seguimientos a las cuencas con el propósito de garantizar un consumo de calidad del líquido vital de los ríos San Jacinto y Villacres, y así evitar los asentamientos ilegales de macro y pequeñas empresas mineras.

Establecer nuevos parámetros para el análisis de otro tipo de contaminante ya que en la cuenca baja existen actividades agrícolas.

Por esta razón, este estudio es de vital importancia para que las autoridades tengan el debido conocimiento con respecto a la situación que atraviesan estos lugares y su grado de toxicidad de agua, de modo que exista un debido control para así poder mejorar las condiciones de vida en los habitantes en ese sector ya que esta situación nos afecta a todos los seres vivos.

## BIBLIOGRAFÍA

- (1) Rodríguez, A. N. S.; Bustamante, V. V. C.; Ortega, Y. C. Modelo de Gestión Sostenible de Los Recursos Hídricos de La Microcuenca Alta Del Río Santa Rosa. *Ciencia Digital* **2021**, 5 (1), 182–196. <https://doi.org/https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v5i1.1532>.
- (2) Villena Chávez, J. A. Calidad Del Agua y Desarrollo Sostenible. *Rev Peru Med Exp Salud Publica* **2018**, 35 (2). <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2018.352.3719>.
- (3) *Benemérita Universidad Autónoma de Puebla FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA*.
- (4) Pincay, W. V.; Encarnación, M. E.; González, A. B. La Contaminación Ambiental Ocasionada Por La Minería En La Provincia de El Oro. *Revista Internacional de Administración* **2020**, No. 8. <https://doi.org/10.32719/25506641.2020.8.8>.
- (5) Martínez Guijarro, M. Análisis Instrumental: Espectrometría de Absorción Atómica (EAA), Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos Canales y Puertos. Universitat Politècnica de València, 2020.
- (6) Pérez López, E.; Rodríguez Alvarado, C. Cuantificación Por Absorción Atómica de Cu, Fe y Zn En Alcohol Destilado y Agua. *Cuadernos de Investigación UNED* **2018**, 10 (2). <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.22458/urj.v10i2.1998>.
- (7) Alaña Castillo, T. P.; Capa Benítez, L. B.; Sotomayor Pereira, J. G. Desarrollo Sostenible y Evolución de La Legislación Ambiental En Las Mipymes Del Ecuador. *Revista Universidad y Sociedad* **2017**, 9 (1).
- (8) Ministerio del Ambiente. *TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACION SECUNDARIA DE MEDIO AMBIENTE*; Quito, 2017.
- (9) Oviedo Anchundia, R.; Moina Quimí, E.; Naranjo Morán, J.; Barcos Arias, M. Contaminación Por Metales Pesados En El Sur Del Ecuador Asociada a La Actividad Minera. *Bionatura* **2017**, 2 (4), 437–441. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.21931/RB/2017.02.04.5>.

- (10) Solórzano Poma, J.; Ramírez Maldonado, J. Evaluación Del Impacto Ambiental de Las Aguas Superficiales de La Quebrada Sipchoc, Por Efecto Del Drenaje de La Actividad Minera Huancapetí SAC, 2015. *APORTE SANTIAGUINO* **2017**, 9 (1). <https://doi.org/https://doi.org/10.32911/as.2016.v9.n1.215>.
- (11) Quispe Yana, R. F.; Belizario Quispe, G.; Chui Betancur, H. N.; Huaquisto Cáceres, S.; Calatayud Mendoza, A. P.; Yábar Miranda, P. S. Concentración de Metales Pesados: Cromo, Cadmio Y En Los Sedimentos Superficiales En El Río Coata, Perú. *Revista Boliviana de Química* **2019**, 36 (2).
- (12) Cristancho Montenegro, D. L.; Torres Mejía, A. S.; Lobatón Orduz, J. F. Análisis Comparativo Del Impacto al Recurso Hídrico Generado En Los Principales Rellenos Sanitarios En Colombia. *Revista Mutis* **2020**, 10 (1), 25–45. <https://doi.org/https://doi.org/10.21789/22561498.1601>.
- (13) Ferreira de Souza, C.; Garcia Knapik, H.; Rodrigues de Azevedo, J. C. Dissolved Organic Matter Photodegradation in a Water Supply Reservoir on Temperate Oceanic Climate (Cfb): A Case Study of Passaúna Reservoir, Brazil. **2022**. <https://doi.org/https://doi.org/10.1590/2318-0331.272220210082>.
- (14) Fuentes, A. M.; Amábile Cuevas, C. F. El Agua En Bioquímica y Fisiología. *Acta Pediátrica de México* **2013**, 34 (2).
- (15) Menchaca Dávila, S.; Ríos Fuentes, L. M. Análisis Diacrónico de La Contaminación Por Cadmio En La Microcuenca Del Río Pixquiác, Veracruz. *UVserva* **2020**, No. 9. <https://doi.org/https://doi.org/10.25009/uvs.v0i9.2644>.
- (16) Ramírez Guevara, S. J.; Galindo Mendoza, M. G.; Contreras Servín, C. Justicia Ambiental. Entre La Utopía y La Realidad Social. *Culturales* **2015**, 3 (1).
- (17) Pabón, S. E.; Benítez, R.; Sarria, R. A.; Gallo, J. A. Contaminación Del Agua Por Metales Pesados, Métodos de Análisis y Tecnologías de Remoción. *Entre Ciencia e Ingeniería* **2020**, 14 (27).
- (18) Salas Canales, H. J. Educación Ambiental y Su Contribución al Cuidado y Protección Del Ecosistema. *Fides et Ratio - Revista de Difusión cultural y científica de la Universidad La Salle en Bolivia* **2021**, 21 (21).

- (19) Espinoza Jervez, K. A.; Pozo Guerrero, W. O.; Macas Espinosa, V. X.; Sánchez Cortez, J. L. Situación Actual Del Río Jubones En El Ecuador, Un Análisis de Los Metales Traza, Calidad y Parámetros Físicoquímicos Del Agua. *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS* **2022**, 4 (2).
- (20) Larrea Killinger, C.; Muñoz, A.; Mascaró, J. Cuerpos Tóxicos: La Percepción Del Riesgo de La Contaminación Interna Por Compuestos Químicos En España. *Salud Colect* **2017**, 13 (2). <https://doi.org/10.18294/SC.2017.1161>.
- (21) Mantari Camarena, A. E.; Pinchi Ramírez, W. Influencia de La Minería Artesanal e Informal En La Calidad Del Recurso Hídrico de Parcoy, La Libertad. *Revista Ciencia y Tecnología* **2021**, 17 (2). <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.17268/rev.cyt.2021.02.01>.
- (22) Trujillo, J. E.; Caballero, J. E.; Ramón, J. D. Determinación de Las Concentraciones de Metales Pesados Presentes En El Material Particulado PM10 Del Municipio de San José de Cúcuta, Norte de Santander. *Revista Ambiental Agua, Aire y Suelo* **2019**, 10 (1). <https://doi.org/https://doi.org/10.24054/19009178.v1.n1.2019.402>.
- (23) Madariaga Mamani, M. Contaminación Minera En Macrofitas Acuáticas En Vacunos Lácteos En La Comunidad Campesina de Titihue Huancane-Puno. *Revista de Investigaciones: Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno* **2018**, 7, 2.
- (24) Brito Tucto, M. A.; Méndez Zambrano, P. V.; Alvarado Barba, R. A.; Cazorla Vinuesa, X. R. Evaluación de La Contaminación Por Metales Pesados Del Río Cuchipamba, Morona Santiago. **2022**, 7 (7). <https://doi.org/https://dx.doi.org/10.23857/pc.v7i7>.
- (25) Salas Marcial, C.; Garduño Ayala, M. A.; Mendiola Ortiz, P.; Vences García, J. H.; Zetina Román, V. C.; Martínez Ramírez, O. C.; Ramos García, M. D. L. Fuentes de Contaminación Por Plomo En Alimentos, Efectos En La Salud y Estrategias de Prevención. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha* **2019**, 20 (1).

- (26) Rubio, C.; Gutiérrez, A. J.; Martín Izquierdo, R. E.; Revert, C.; Lozano, G.; Hardisson, A. El Plomo Como Contaminante Alimentario. *Revista de toxicología* **2004**, *21* (2–3).
- (27) Martínez Martínez, J. L. Determinación de Los Contaminantes Producto de La Combustión Del Parque Automotor a Gasolina En La Parroquia Eloy Alfaro, Ciudad de Latacunga, Período 2015, Universidad Técnica De Cotopaxi, 2016.
- (28) Correa Cuba, O.; Fuentes Bernedo, F. E.; Coral Surco, R. G. Contaminación Por Metales Pesados de La Microcuenca Agropecuaria Del Río Huancaray– Perú. *Revista de la Sociedad Química del Perú* **2021**, *87* (1). <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.37761/rsqp.v87i1.320>.
- (29) Vargas Torres, E. A. Investigación de La Intoxicación Secundaria Por Plomo de Un Proyecto de Arma de Fuego Retenido En El Cuerpo: Reporte de Caso. *Medicina Legal de Costa Rica* **2020**, *37* (2).
- (30) Poma, P. A. Intoxicación Por Plomo En Humanos. *Anales de la Facultad de Medicina* **2008**, *69* (2).
- (31) Rojas Reyes, N. R.; Echeverry Vargas, L.; Sierra Pérez, S. Termo-Cinética de La Lixiviación de Plomo a Partir de Baterías Recicladas. *Ingeniería y Desarrollo* **2018**, *36* (1). <https://doi.org/10.14482/inde.36.1.10944>.
- (32) Correa Cuba, O.; Olivera deLescano, O.; Fuentes Bernedo, F.; Rodas Guizado, E.; Reynaga Medina, A.; Olivares Pastor, O.; Porras Días, N. Determinación de Metales Pesados Mediante Fluorescencia de Rayos X En Sedimentos Del Agua En La Microcuenca Del Río Huancaray, Apurímac-Perú, Para Periodos de Estiaje y Lluvia. *Acta Nova* **2020**, *9* (4).
- (33) González Aportela, O.; Murga Paulino, L. R. Evaluación de Metales Pesados En Ríos y Truchas *Oncorhynchus Mykiss* de La Región Pasco, Perú. *Revista Iberoamericana Ambiente & Sustentabilidad* **2020**, *3* (2). <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.46380/rias.v3i2.93>.
- (34) Acharte Lume, M. L.; Enriquez Donaires, A.; Quispealaya Armas, L.; Lovera, D. Evaluación de Contaminantes de Polvo de Perforación En Frente Minero de La

Mina Castrovirreyna Compañía S.A. Unidad San Genaro- Perú Mediante El Espectrofotómetro de Absorción Atómica. *Revista de Investigación Ciencia, Tecnología y Desarrollo* **2018**, 4 (2).  
<https://doi.org/https://doi.org/10.17162/rictd.v4i2.1098>.

- (35) Espigares García, M.; Pérez López, J. A. AGUAS RESIDUALES. COMPOSICIÓN.
- (36) Quispealaya Armas, L.; Acharte, L. M.; Enríquez, A.; Asto, J. M. Contaminación Con Metales Pesados En Sedimentos y Truchas En Los Ríos Opamayo y Sicra, Huancavelica-Perú. *Revista de Investigación Científica Siglo XXI* **2021**, 1 (1).  
<https://doi.org/https://doi.org/10.54943/rscsxxi.v1i1.12>.
- (37) Rodríguez Guerra, A.; Martínez, F. S. Responsabilidad Social y Gestión Ambiental Del Agua, Solución La Industria de Lácteos de Ecuador. *Alfa Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinaria* **2020**, 4 (12).
- (38) Soto Benavente, M.; Rodríguez Achata, L.; Olivera, M.; Arostegui, V.; Colina, C.; Garate, J. Riesgos Para La Salud Por Metales Pesados En Productos Agrícolas Cultivados En Áreas Abandonadas Por La Minería Aurífera En La Amazonía Peruana. *Scientia Agropecuaria* **2020**, 11 (1), 49–59.  
<https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.01.06>.
- (39) Calao, C. R.; Marrugo, J. L. Efectos Genotóxicos En Población Humana Asociados a Metales Pesados En La Región de La Mojana, Colombia, 2013. *Biomédica* **2015**, 35. <https://doi.org/https://doi.org/10.7705/biomedica.v35i0.2392>.
- (40) Arredondo García, J. L.; Méndez Herrera, A.; Medina Cortina, H.; Pimentel Hernández, C. Agua: La Importancia de Una Ingesta Adecuada En Pediatría. *Acta Pediátrica de México* **2017**, 38 (2), 116.  
<https://doi.org/10.18233/APM38No2pp116-1241363>.
- (41) Londoño Franco, L. F.; Londoño Muñoz, P. T.; Muñoz Garcia, F. G. Los Riesgos de Los Metales Pesados En La Salud Humana y Animal. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial* **2016**, 14 (2).
- (42) Arias Ortiz, N. E. Estudios Epidemiológicos En Áreas Pequeñas: Herramientas Para Analizar La Contaminación Ambiental y Sus Efectos En Salud a Escala Local.

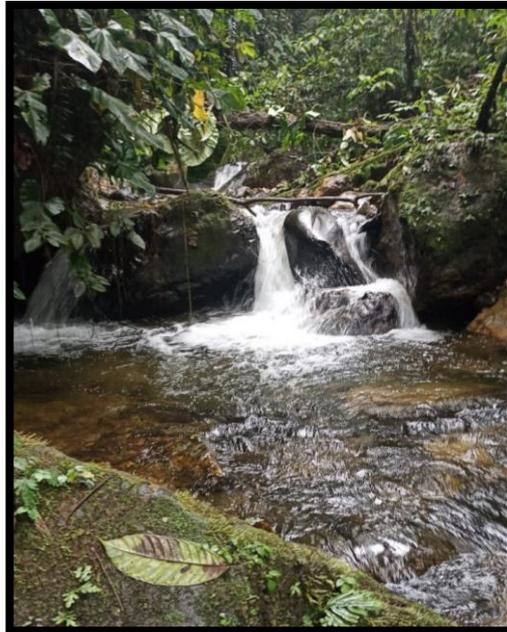
- (43) Benavides Ballesteros, H. O.; León Aristizabal, G. E. Información Técnica Sobre Gases de Efecto Invernadero y El Cambio Climático, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM, 2007.
- (44) Ministerio del Ambiente. *Acuerdo Ministerial No. 061 Reforma Del Libro VI Del Texto Unificado de Legislación Secundaria*, Edición Especial.; Quito, 2015.
- (45) Ministerio del Ambiente. *Documento Registro Oficial No 387*, Edición Especial.; 2015.
- (46) Rodríguez Benavides, G.; Blanco Sáenz, R. Aseguramiento de La Calidad Analítica y Norma ISO 17 025 Laboratorios Clínicos y Químicos. *Rev Costarric Cienc Med* **2001**, 22 (1–2).
- (47) Organización Mundial de la Salud. *Guías Para La Calidad Del Agua de Consumo Humano*, Cuarta Edición.; Ginebra, 2018.
- (48) Ministerio de Industrias y Productividad; Subsecretaría del Sistema de la Calidad. *Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-ISO/IEC 17025 (Requisitos Generales Para La Competencia de Los Laboratorios de Ensayo y Calibración (ISO/IEC 17025:2017, IDT))*, Tercera edición.; 2018.
- (49) Rodríguez Heredia, D. Intoxicación Ocupacional Por Metales Pesados. *MEDISAN* **2017**, 21 (12).
- (50) García García, N.; Pedraza Garciga, J.; Montalvo José F.; Martínez Marta; Leyva, J. Evaluación Preliminar de Riesgos Para La Salud Humana Por Metales Pesados En Las Bahías de Buenavista y San Juan de Los Remedios, Villa Clara, Cuba. **2012**, XXIV (2).
- (51) Santana Faubla, M. D. Evaluación Del Riesgo de Contaminación Por Metales Pesados En Sedimentos de Manglar En Ecuador, Universidad de Guayaquil, 2020.

- (52) Daquilema Pilamunga, Á. E. Análisis de Metales Pesados En El Atún, Universidad Técnica de Machala, Machala, 2021.

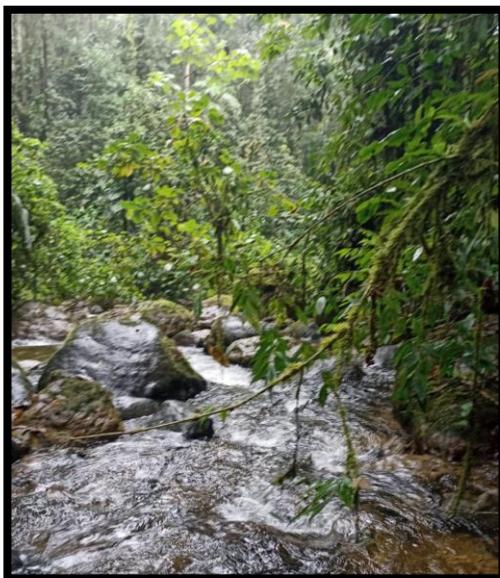
## ANEXOS

### Anexo A: Ríos San Jacinto y Villacres

Río San Jacinto



Río Villacres



## Anexo B: Equipo utilizado para el análisis de Arsénico, Cadmio y Plomo

Espectrofotometría de absorción atómica.<sup>52</sup>



## Anexo C: Análisis de los resultados en el laboratorio.

### Resultado del punto de muestreo P1. Río Villacres

INFORME DE RESULTADOS No. 41248							
<b>1.- DATOS GENERALES</b>							
CLIENTE:	GOLDWASHER SERVICES S A			TELEFONO:	0991307157		
DIRECCION:	MACHALA / MACHALA / AV BOLIVAR 521 Y TARQU			ATENCION A:	WASHINGTON ESPINOZA		
<b>2.-INFORMACION DE LA MUESTRA</b>		INTEGRIDAD DE LA MUESTRA:	CUMPLE	LUGAR DE TOMA DE MUESTRA:	TESIS UNIVERSIDAD		
TIPO DE MUESTRA:	AGUA SUPERFICIAL			FECHA DE TOMA DE MUESTRA:	10/08/2022		
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA:	P1. VILLACREZ			RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA:	CLIENTE		
FECHA DE RECEPCION MUESTRA:	15/08/2022			PERIODO DE REALIZACION DE ANALISIS:	17/08/2022 al 23/08/2022		
<b>NORMA: AM097A, ANEXO 1, TABLA 2. CRITERIOS CALIDAD PRESERVACION VIDA ACUATICA Y SILVESTRE EN AGUAS DULCES</b>							
<b>3.-RESULTADOS</b>							
AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO	VALORES NORMA	CUMPLIMIENTO*	+/- % U**
1	Arsénico	AAA-PE-A023/ SM 3114 C, 3112 B. EPA 3015	mg/L	< 0,0005	0,05	CUMPLE	25,9%
1	Cadmio	AAA-PE-A022/ SM 3111 B. EPA 3015	mg/L	< 0,001	0,001	CUMPLE	20,0%
1	Plomo	AAA-PE-A022/ SM 3111 B. EPA 3015	mg/L	< 0,001	0,001	CUMPLE	30,0%
<b>AA (Acreditaciones):</b>				<b>NOTAS</b>			
1: Ensayos dentro del alcance de acreditación del SAE realizados en Matriz Quito.		2: Ensayos subcontratados acreditados. Ver observaciones.		*Interpretaciones fuera del alcance de acreditación SAE.			
3: Ensayos dentro del alcance de acreditación del SAE realizados en Sucursal Coca.		4: Ensayos subcontratados no acreditados. Ver observaciones.		**INCERTIDUMBRE (U%): Los valores se han estimado con k=2, nivel de confianza 95,45%.			
(*) Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el Alcance de Acreditación SAE.		ANAVANLAB asume la responsabilidad por los análisis subcontratados.		Procedimiento de Toma de muestra utilizado por ANAVANLAB: AAA-PI-A003 / AAA-PI-S001			
El presente informe solo afecta a la muestra analizada. Si el cliente suministró la muestra, su información y sus resultados aplican a la muestra como se recibió.							
Este informe es de propiedad del cliente y se considera de carácter privado y confidencial. Los datos suministrados por el cliente se detallan en el apartado de Datos Generales, y en el de identificación de la muestra cuando aplique.							
<b>4.-OBSERVACIONES</b> Resultados de Cadmio y Plomo reportados en límite de detección validado.				<b>INFORME REVISADO Y AUTORIZADO POR:</b> Lcda. Alejandra Hidalgo Gerente Técnica ANAVANLAB CIA. LTDA.  Quito, 23/08/2022			
<p>MC0703-09</p> <p style="text-align: center;">Se prohíbe su reproducción total o parcial sin autorización de ANAVANLAB CIA LTDA.</p>							

# Resultado del punto de muestreo P2. Río Villacres



## ANALITICA AVANZADA - ASESORIA Y LABORATORIOS ANAVANLAB CIA. LTDA.

Matriz: La Primavera I, Leonardo da Vinci S6-236 y Alberto Dureró, Cumbaya.  
Contactos: 3550852 / 5143303 / servicioalcliente@aaalab.com.ec

Sucursal: Avenida 9 de Octubre y Miguel Gamboa esquina, El Coca

Orden No. 41245-41247  
Muestra AAALab No. 41245  
Página 1 de 1

### INFORME DE RESULTADOS No. 41245

#### 1.- DATOS GENERALES

CLIENTE:	GOLDWASHER SERVICES S A	TELEFONO:	0991307157
DIRECCION:	MACHALA / MACHALA / AV BOLIVAR 521 Y TARQU	ATENCION A:	WASHINGTON ESPINOZA

2.-INFORMACION DE LA MUESTRA	INTEGRIDAD DE LA MUESTRA:	CUMPLE	LUGAR DE TOMA DE MUESTRA:	TESIS UNIVERSIDAD
TIPO DE MUESTRA:	AGUA SUPERFICIAL		FECHA DE TOMA DE MUESTRA:	05/08/2022
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA:	P2. VILLACREZ		RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA:	CLIENTE
FECHA DE RECEPCION MUESTRA:	15/08/2022		PERIODO DE REALIZACION DE ANALISIS:	17/08/2022 al 23/08/2022

NORMA: AM097A, ANEXO 1, TABLA 2. CRITERIOS CALIDAD PRESERVACION VIDA ACUATICA Y SILVESTRE EN AGUAS DULCES

AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO	VALORES NORMA	CUMPLIMIENTO*	+/- % U**
1	Arsénico	AAA-PE-A023/ SM 3114 C, 3112 B. EPA 3015	mg/L	< 0,0005	0,05	CUMPLE	25,9%
1	Cadmio	AAA-PE-A022/ SM 3111 B. EPA 3015	mg/L	< 0,001	0,001	CUMPLE	20,0%
1	Plomo	AAA-PE-A022/ SM 3111 B. EPA 3015	mg/L	< 0,001	0,001	CUMPLE	30,0%

AA (Acreditaciones):		NOTAS
1: Ensayos dentro del alcance de acreditación del SAE realizados en Matriz Quito.	2: Ensayos subcontratados acreditados. Ver observaciones.	*Interpretaciones fuera del alcance de acreditación SAE.
3: Ensayos dentro del alcance de acreditación del SAE realizados en Sucursal Coca.	4: Ensayos subcontratados no acreditados. Ver observaciones.	**INCERTIDUMBRE (U%): Los valores se han estimado con k=2. nivel de confianza 95,45%.
(*Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el Alcance de Acreditación SAE.	ANAVANLAB asume la responsabilidad por los análisis subcontratados.	Procedimiento de Toma de muestra utilizado por ANAVANLAB: AAA-PI-A003 / AAA-PI-S001

El presente informe solo afecta a la muestra analizada. Si el cliente suministró la muestra, su información y sus resultados aplican a la muestra como se recibió.

Este informe es de propiedad del cliente y se considera de carácter privado y confidencial. Los datos suministrados por el cliente se detallan en el apartado de Datos Generales, y en el de identificación de la muestra cuando aplique.

4.-OBSERVACIONES Resultados de Cadmio y Plomo reportados en límite de detección validado.	INFORME REVISADO Y AUTORIZADO POR: Lcda. Alejandra Hidalgo Gerente Técnica ANAVANLAB CIA. LTDA. Quito, 23/08/2022	
--	--	--

# Resultado del punto de muestreo P3. Río Villacres



## ANALITICA AVANZADA - ASESORIA Y LABORATORIOS ANAVANLAB CIA. LTDA.

Matriz: La Primavera I. Leonardo da Vinci S6-236 y Alberto Durero, Cumbaya.  
Contactos: 3550852 / 5143303 / servicioalcliente@aanalab.com.ec

Sucursal: Avenida 9 de Octubre y Miguel Gamboa esquina, El Coca

Orden No. 41245-41247  
Muestra AAALab No. 41246  
Página 1 de 1

### INFORME DE RESULTADOS No. 41246

#### 1.- DATOS GENERALES

CLIENTE:	GOLDWASHER SERVICES S A	TELEFONO:	0991307157
DIRECCION:	MACHALA / MACHALA / AV BOLIVAR 521 Y TARQU	ATENCION A:	WASHINGTON ESPINOZA

2.- INFORMACION DE LA MUESTRA	INTEGRIDAD DE LA MUESTRA:	CUMPLE	LUGAR DE TOMA DE MUESTRA:	TESIS UNIVERSIDAD
TIPO DE MUESTRA:	AGUA SUPERFICIAL		FECHA DE TOMA DE MUESTRA:	05/08/2022
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA:	P3. VILLACREZ		RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA:	CLIENTE
FECHA DE RECEPCION MUESTRA:	15/08/2022		PERIODO DE REALIZACION DE ANALISIS:	17/08/2022 al 23/08/2022

NORMA: AM097A, ANEXO 1, TABLA 2. CRITERIOS CALIDAD PRESERVACION VIDA ACUATICA Y SILVESTRE EN AGUAS DULCES

#### 3.- RESULTADOS

AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO	VALORES NORMA	CUMPLIMIENTO*	+/- % U**
1	Arsénico	AAA-PE-A023/ SM 3114 C, 3112 B. EPA 3015	mg/L	0,0005	0,05	CUMPLE	25,9%
1	Cadmio	AAA-PE-A022/ SM 3111 B. EPA 3015	mg/L	< 0,001	0,001	CUMPLE	20,0%
1	Plomo	AAA-PE-A022/ SM 3111 B. EPA 3015	mg/L	< 0,001	0,001	CUMPLE	30,0%

AA (Acreditaciones):		NOTAS
1: Ensayos dentro del alcance de acreditación del SAE realizados en Matriz Quito.	2: Ensayos subcontratados acreditados. Ver observaciones.	*Interpretaciones fuera del alcance de acreditación SAE.
3: Ensayos dentro del alcance de acreditación del SAE realizados en Sucursal Coca.	4: Ensayos subcontratados no acreditados. Ver observaciones.	**INCERTIDUMBRE (U%): Los valores se han estimado con k=2. nivel de confianza 95.45%.
(*) Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el Alcance de Acreditación SAE.	ANAVANLAB asume la responsabilidad por los análisis subcontratados.	Procedimiento de Toma de muestra utilizado por ANAVANLAB: AAA-PI-A003 / AAA-PI-S001

El presente informe solo afecta a la muestra analizada. Si el cliente suministró la muestra, su información y sus resultados aplican a la muestra como se recibió.

Este informe es de propiedad del cliente y se considera de carácter privado y confidencial. Los datos suministrados por el cliente se detallan en el apartado de Datos Generales, y en el de identificación de la muestra cuando aplique.

#### 4.- OBSERVACIONES

Resultados de Cadmio y Plomo reportados en límite de detección validado.

**INFORME REVISADO  
Y AUTORIZADO POR:**  
Lcda. Alejandra Hidalgo  
Gerente Técnica  
ANAVANLAB CIA. LTDA.  
Quito, 23/08/2022

# Resultado del punto de muestreo P1. Río San Jacinto



## ANALÍTICA AVANZADA - ASESORIA Y LABORATORIOS ANAVANLAB CIA. LTDA.

Matriz: La Primavera I, Leonardo da Vinci S6-236 y Alberto Durero, Cumbaya.  
Contactos: 3550852 / 5143303 / servicioalcliente@aaalab.com.ec

Sucursal: Avenida 9 de Octubre y Miguel Gamboa esquina, El Coca

Orden No. 41248-41250  
Muestra AAALab No. 41249  
Página 1 de 1

### INFORME DE RESULTADOS No. 41249

#### 1.- DATOS GENERALES

CLIENTE:	GOLDWASHER SERVICES S A	TELEFONO:	0991307157
DIRECCION:	MACHALA / MACHALA / AV BOLIVAR 521 Y TARQU	ATENCION A:	WASHINGTON ESPINOZA

2.-INFORMACION DE LA MUESTRA	INTEGRIDAD DE LA MUESTRA:	CUMPLE	LUGAR DE TOMA DE MUESTRA:	TESIS UNIVERSIDAD
TIPO DE MUESTRA:	AGUA SUPERFICIAL		FECHA DE TOMA DE MUESTRA:	10/08/2022
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA:	P1. SAN JACINTO		RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA:	CLIENTE
FECHA DE RECEPCION MUESTRA:	15/08/2022		PERIODO DE REALIZACION DE ANALISIS:	17/08/2022 al 23/08/2022

NORMA: AM097A, ANEXO 1, TABLA 2. CRITERIOS CALIDAD PRESERVACION VIDA ACUATICA Y SILVESTRE EN AGUAS DULCES

#### 3.-RESULTADOS

AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO	VALORES NORMA	CUMPLIMIENTO*	+/- % U**
1	Arsénico	AAA-PE-A023/ SM 3114 C, 3112 B. EPA 3015	mg/L	< 0,0005	0,05	CUMPLE	25,9%
1	Cadmio	AAA-PE-A022/ SM 3111 B. EPA 3015	mg/L	< 0,001	0,001	CUMPLE	20,0%
1	Plomo	AAA-PE-A022/ SM 3111 B. EPA 3015	mg/L	< 0,001	0,001	CUMPLE	30,0%

#### AA (Acreditaciones):

#### NOTAS

1: Ensayos dentro del alcance de acreditación del SAE realizados en Matriz Quito.	2: Ensayos subcontratados acreditados. Ver observaciones.	*Interpretaciones fuera del alcance de acreditación SAE.
3: Ensayos dentro del alcance de acreditación del SAE realizados en Sucursal Coca.	4: Ensayos subcontratados no acreditados. Ver observaciones.	**INCERTIDUMBRE (U%): Los valores se han estimado con k=2, nivel de confianza 95,45%.
(* Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el Alcance de Acreditación SAE.	ANAVANLAB asume la responsabilidad por los análisis subcontratados.	Procedimiento de Toma de muestra utilizado por ANAVANLAB: AAA-PI-A003 / AAA-PI-S001

El presente informe solo afecta a la muestra analizada. Si el cliente suministró la muestra, su información y sus resultados aplican a la muestra como se recibió.

Este informe es de propiedad del cliente y se considera de carácter privado y confidencial. Los datos suministrados por el cliente se detallan en el apartado de Datos Generales, y en el de identificación de la muestra cuando aplique.

#### 4.-OBSERVACIONES

Resultados de Cadmio y Plomo reportados en límite de detección validado.

INFORME REVISADO  
Y AUTORIZADO POR:  
Lcda. Alejandra Hidalgo  
Gerente Técnica  
ANAVANLAB CIA. LTDA.  
Quito, 23/08/2022

## Resultado del punto de muestreo P2. Río San Jacinto



### ANALÍTICA AVANZADA - ASESORIA Y LABORATORIOS ANAVANLAB CIA. LTDA.

Matriz: La Primavera I, Leonardo da Vinci S6-236 y Alberto Durero, Cumbaya.  
Contactos: 3550852 / 5143303 / servicioalcliente@aaalab.com.ec

Sucursal: Avenida 9 de Octubre y Miguel Gamboa esquina, El Coca

Orden No. 41245-41247  
Muestra AAALab No. 41247  
Página 1 de 1

#### INFORME DE RESULTADOS No. 41247

#### 1.- DATOS GENERALES

CLIENTE:	GOLDWASHER SERVICES S A	TELEFONO:	0991307157
DIRECCION:	MACHALA / MACHALA / AV BOLIVAR 521 Y TARQU	ATENCION A:	WASHINGTON ESPINOZA

2.-INFORMACION DE LA MUESTRA	INTEGRIDAD DE LA MUESTRA:	CUMPLE	LUGAR DE TOMA DE MUESTRA:	TESIS UNIVERSIDAD
TIPO DE MUESTRA:	AGUA SUPERFICIAL		FECHA DE TOMA DE MUESTRA:	05/08/2022
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA:	P2 . S. JACINTO		RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA:	CLIENTE
FECHA DE RECEPCION MUESTRA:	15/08/2022		PERIODO DE REALIZACION DE ANALISIS:	17/08/2022 al 23/08/2022

#### NORMA: AM097A, ANEXO 1, TABLA 2. CRITERIOS CALIDAD PRESERVACION VIDA ACUATICA Y SILVESTRE EN AGUAS DULCES

AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO	VALORES NORMA	CUMPLIMIENTO*	+/- % U**
1	Arsénico	AAA-PE-A023/ SM 3114 C, 3112 B. EPA 3015	mg/L	< 0,0005	0,05	CUMPLE	25,9%
1	Cadmio	AAA-PE-A022/ SM 3111 B. EPA 3015	mg/L	< 0,001	0,001	CUMPLE	20,0%
1	Plomo	AAA-PE-A022/ SM 3111 B. EPA 3015	mg/L	< 0,001	0,001	CUMPLE	30,0%

AA (Acreditaciones):		NOTAS
1: Ensayos dentro del alcance de acreditación del SAE realizados en Matriz Quito.	2: Ensayos subcontratados acreditados. Ver observaciones.	*Interpretaciones fuera del alcance de acreditación SAE.
3: Ensayos dentro del alcance de acreditación del SAE realizados en Sucursal Coca.	4: Ensayos subcontratados no acreditados. Ver observaciones.	**INCERTIDUMBRE (U%): Los valores se han estimado con k=2, nivel de confianza 95,45%
(*) Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el Alcance de Acreditación SAE.		Procedimiento de Toma de muestra utilizado por ANAVANLAB: AAA-PI-A003 / AAA-PI-S001

El presente informe solo afecta a la muestra analizada. Si el cliente suministró la muestra, su información y sus resultados aplican a la muestra como se recibió.

Este informe es de propiedad del cliente y se considera de carácter privado y confidencial. Los datos suministrados por el cliente se detallan en el apartado de Datos Generales, y en el de identificación de la muestra cuando aplique.

4.-OBSERVACIONES	INFORME REVISADO Y AUTORIZADO POR:	
Resultados de Cadmio y Plomo reportados en límite de detección validado.	Lcda. Alejandra Hidalgo Gerente Técnica ANAVANLAB CIA. LTDA.	
	Quito, 23/08/2022	

# Resultado del punto de muestreo P3. Río San Jacinto



## ANALITICA AVANZADA - ASESORIA Y LABORATORIOS ANAVANLAB CIA. LTDA.

Matriz: La Primavera I, Leonardo da Vinci S6-236 y Alberto Dureró, Cumbaya.  
Contactos: 3550852 / 5143303 / servicioalcliente@aaalab.com.ec

Sucursal: Avenida 9 de Octubre y Miguel Gamboa esquina, El Coca

Orden No. 41248-41250  
Muestra AAALab No. 41250  
Página 1 de 1

### INFORME DE RESULTADOS No. 41250

#### 1.- DATOS GENERALES

CLIENTE:	GOLDWASHER SERVICES S A	TELEFONO:	0991307157
DIRECCION:	MACHALA / MACHALA / AV BOLIVAR 521 Y TARQU	ATENCION A:	WASHINGTON ESPINOZA

2.-INFORMACION DE LA MUESTRA	INTEGRIDAD DE LA MUESTRA:	CUMPLE	LUGAR DE TOMA DE MUESTRA:	TESIS UNIVERSIDAD
TIPO DE MUESTRA:	AGUA SUPERFICIAL		FECHA DE TOMA DE MUESTRA:	10/08/2022
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA:	P3. SAN JACINTO		RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA:	CLIENTE
FECHA DE RECEPCION MUESTRA:	15/08/2022		PERIODO DE REALIZACION DE ANALISIS:	17/08/2022 al 23/08/2022

NORMA: AM097A, ANEXO 1, TABLA 2. CRITERIOS CALIDAD PRESERVACION VIDA ACUATICA Y SILVESTRE EN AGUAS DULCES

#### 3.-RESULTADOS

AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO	VALORES NORMA	CUMPLIMIENTO*	+/- % U**
1	Arsénico	AAA-PE-A023/ SM 3114 C, 3112 B. EPA 3015	mg/L	< 0,0005	0,05	CUMPLE	25,9%
1	Cadmio	AAA-PE-A022/ SM 3111 B. EPA 3015	mg/L	< 0,001	0,001	CUMPLE	20,0%
1	Plomo	AAA-PE-A022/ SM 3111 B. EPA 3015	mg/L	< 0,001	0,001	CUMPLE	30,0%

AA (Acreditaciones):		NOTAS
1: Ensayos dentro del alcance de acreditación del SAE realizados en Matriz Quito.	2: Ensayos subcontratados acreditados. Ver observaciones.	*Interpretaciones fuera del alcance de acreditación SAE.
3: Ensayos dentro del alcance de acreditación del SAE realizados en Sucursal Coca.	4: Ensayos subcontratados no acreditados. Ver observaciones.	**INCERTIDUMBRE (U%): Los valores se han estimado con k=2, nivel de confianza 95,45%.
(*) Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el Alcance de Acreditación SAE.	ANAVANLAB asume la responsabilidad por los análisis subcontratados.	Procedimiento de Toma de muestra utilizado por ANAVANLAB: AAA-PI-A003 / AAA-PI-S001

El presente informe solo afecta a la muestra analizada. Si el cliente suministró la muestra, su información y sus resultados aplican a la muestra como se recibió.

Este informe es de propiedad del cliente y se considera de carácter privado y confidencial. Los datos suministrados por el cliente se detallan en el apartado de Datos Generales, y en el de identificación de la muestra cuando aplique.

4.-OBSERVACIONES Resultados de Cadmio y Plomo reportados en límite de detección validado.	INFORME REVISADO Y AUTORIZADO POR: Lcda. Alejandra Hidalgo Gerente Técnica ANAVANLAB CIA. LTDA. Quito, 23/08/2022	
--	---	--

## Anexo D: Tabla 2, Anexo 1 del libro TULSMA

Criterios de calidad de aguas para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, y en aguas.<sup>45</sup>

PARÁMETROS	Expresados como	Unidad	Criterio de calidad	
			Agua dulce	Agua marina y de estuario
Aluminio <sup>(1)</sup>	Al	mg/l	0,1	1,5
Amoniaco Total <sup>(2)</sup>	NH <sub>3</sub>	mg/l	-	0,4
Arsénico	As	mg/l	0,05	0,05
Bario	Ba	mg/l	1,0	1,0
Berilio	Be	mg/l	0,1	1,5
Bifenilos Policlorados	Concentración de PCBs totales	µg/l	1,0	1,0
Boro	B	mg/l	0,75	5,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,001	0,005
Cianuros	CN	mg/l	0,01	0,01
Cinc	Zn	mg/l	0,03	0,015
Cloro residual total	Cl <sub>2</sub>	mg/l	0,01	0,01
Clorofenoles <sup>(3)</sup>		mg/l	0,05	0,05
Cobalto	Co	mg/l	0,2	0,2
Cobre	Cu	mg/l	0,005	0,005
Cromo total	Cr	mg/l	0,032	0,05
Estaño	Sn	mg/l		2,00
Fenoles monohídricos	Expresado como fenoles	mg/l	0,001	0,001
Aceites y grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3	0,3
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	0,5	0,5
Hierro	Fe	mg/l	0,3	0,3
Manganeso	Mn	mg/l	0,1	0,1
Materia flotante de origen antropológico	visible		Ausencia	Ausencia
Mercurio	Hg	mg/l	0,0002	0,0001
Níquel	Ni	mg/l	0,025	0,1
Oxígeno Disuelto	OD	% de saturación	> 80	> 80
Piretroides	Concentración de piretroides totales	mg/l	0,05	0,05
Plaguicidas organoclorados totales	Organoclorados totales	µg/l	10,0	10,0
Plaguicidas organofosforados totales	Organofosforados totales	µg/l	10,0	10,0
Plata	Ag	mg/l	0,01	0,005
Piomo	Pb	mg/l	0,001	0,001
Potencial de Hidrógeno	pH	unidades de pH	6,5 – 9	6,5 – 9,5
Selenio	Se	mg/l	0,001	0,001
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5	0,5
Nitritos	NO <sub>2</sub>	mg/l	0,2	
Nitratos	NO <sub>3</sub>	mg/l	13	200
DQO	DQO	mg/l	40	-
DBO5	DBO <sub>5</sub>	mg/l	20	-
Sólidos Suspendedos Totales	SST	mg/l	max incremento de 10% de la condicion natural	-

<sup>(1)</sup> Aluminio: Si el pH es menor a 6,5 el criterio de calidad será 0,005 mg/l  
<sup>(2)</sup> Aplicar la Tabla 2a como criterio de calidad para agua dulce  
<sup>(3)</sup> Si sobrepasa el criterio de calidad se debe analizar el diclorofenol cuyo criterio de calidad es 0,2 µg/l

## Anexo E: Puntos de muestreo

Coordenadas WGS 84 DATUM 17M y Caudales de los ríos.

<b>PUNTO DE MUESTREO</b>	<b>COORDENADAS WGS 84 DATUM 17M</b>		<b>CAUDAL</b>
<b>RÍO SAN JACINTO</b>			
<b>Punto cuenca alta P1</b>	X:640383	Y:9647284	55 L/seg
<b>Punto cuenca media P2</b>	X:640258	Y:9647150	85 L/seg
<b>Punto cuenca baja P3</b>	X:639958	Y:9646355	90 L/seg
<b>RÍO VILLACRES</b>			
<b>Punto cuenca alta P1</b>	X:646845	Y:9645897	6 L/seg
<b>Punto cuenca media P2</b>	X:640500	Y:9645364	79 L/seg
<b>Punto cuenca baja P3</b>	X:640202	Y:9645327	110 L/seg

## Anexo F: Tabla de Resultados

Comparación de resultados con la norma

Río	Punto	Arsénico	Cadmio	Plomo	VALOR NORMA			+/- % U**		
					Arsénico	Cadmio	Plomo	Arsénico	Cadmio	Plomo
San Jacinto	P1	< 0,0005	< 0,001	< 0,001	0,05	0,001	0,001	25,90 %	20,00 %	30,00 %
	P2	< 0,0005	< 0,001	< 0,001						
	P3	< 0,0005	< 0,001	< 0,001						
Villacres	P1	< 0,0005	< 0,001	< 0,001						
	P2	< 0,0005	< 0,001	< 0,001						
	P3	0,0005	< 0,001	< 0,001						