



Universidad Nacional
SAN LUIS GONZAGA



Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional

Esta licencia permite a otras combinar, retocar, y crear a partir de su obra de forma no comercial, siempre y cuando den crédito y licencia a nuevas creaciones bajo los mismos términos.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0>



UNIVERSIDAD NACIONAL SAN LUIS GONZAGA
EVALUACION DE ORIGINALIDAD

CONSTANCIA

El que suscribe, deja constancia que se ha realizado el análisis con el software de verificación de similitud al documento cuyo título es:

**Evaluación de Metales Pesados en el Agua para el Desarrollo de
la Piscicultura en el Distrito de Chicla – Huarochiri**

Presentado por:

GUTIERREZ SOTO MARCOS ANTONIO

Bachiller del nivel **PREGRADO** de la Facultad de Ingeniería Pesquera y de Alimentos. El resultado obtenido es **8% de porcentaje de similitud por** el cual se otorga el calificativo de:

APROBADO

Se adjunta al presente el reporte de evaluación con el software de verificación de originalidad.

Observaciones:

APROBADO OBTUVO EL 8% (MENOR AL 20% REQUERIDO)

Ica, 20 de MAYO de 2022


.....
JUAN MARINO ALVA FAJARDO
DIRECTOR DE UNIDAD DE INVESTIGACION
FACULTAD DE INGENIERIA PESQUERA Y DE
ALIMENTOS

UNIVERSIDAD NACIONAL “SAN LUIS GONZAGA”
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
Facultad Ingeniería Pesquera y de Alimentos



Evaluación de metales pesados en el agua para el desarrollo de
la piscicultura en el distrito de Chicla – Huarochirí 2022

Línea De Investigación
Ciencias Naturales, Ingeniería y Tecnologías Sostenibles

TESIS PARA OPTAR EL
TITULO DE INGENIERO PESQUERO

AUTOR

BACH: MARCOS ANTONIO GUTIERREZ SOTO

Ica - Perú

2023

Dedicatoria

A Dios, que me ayudo a fortalecer mi conocimiento para poder realizar esta investigación, a mis padres, hermanos, esposa e hijo que me ayudaron en todo momento, dándome la fuerza para lograr obtener el título de Ingeniero Pesquero.

Agradecimiento

Quiero agradecer a todas aquellas personas que me ayudaron a lograr esta investigación.

Al Dr. Victor Elías Yupanqui, por su apoyo en la elaboración de la investigación.

A mi familia y amigos, quienes me brindaron su apoyo durante la elaboración del proyecto de investigación.

I. Introducción.....	1
1.1. Situación del problema.....	2
1.2. Antecedentes.....	3
1.2.1 Antecedentes Internacional.....	4
1.2.2. Antecedentes Nacionales	6
1.2.3. Antecedentes Local.....	7
II. Estrategia Metodologica.....	9
2.1. Lugar de estudio.....	9
2.1.1. Ubicación geográfica del área de estudio límites hidrográficos	9
2.2. Materia prima e ingredientes.....	10
2.2.1. Materiales.....	10
2.3. Equipos e Instrumentos.....	10
2.3.1. Materiales y equipos de gabinete.....	10
2.3.1.1. Servicios.....	10
2.4. Diseño de Investigación	10
2.4.1. Diseño Experimental.....	11
2.5. Procesamiento y Análisis de datos.....	11
2.5.1. Presencia y concentración de metales pesados.....	11
2.6. Técnicas de Recolección de datos.....	14
2.6.1. Técnicas de recolección de datos.....	14
2.7. Instrumentos de recolección de datos	14
2.8. Población y muestra.....	15
2.8.1. Población de Estudio.....	15
2.8.2. Tamaño de Muestra.....	15

III. Resultados.....	16
3.1. Presencia y concentración de metales pesados.....	16
3.2. Evaluación de grado de concentración de metales pesados en el agua para el desarrollo de la piscicultura.....	19
3.2.1. Evaluación del Arsénico en el agua para el desarrollo de la piscicultura (época de avenida y de estiaje).....	20
3.2.2. Evaluación de Cobre en el agua para el desarrollo de la piscicultura (época de avenida y estiaje).....	21
3.2.3. Evaluación de Mercurio en el agua para el desarrollo de la piscicultura (época de avenida y estiaje).....	22
3.2.4. Evaluación de Níquel en el agua para el desarrollo de la piscicultura (época de avenida y estiaje).....	23
3.2.5. Evaluación de Plomo en el agua para el desarrollo de la piscicultura (época de avenida y estiaje).....	24
3.2.6. Evaluación de Selenio en el agua para el desarrollo de la piscicultura (época de avenida y estiaje).....	25
3.2.7. Evaluación de Zinc en el agua para el desarrollo de la piscicultura (época de avenida y estiaje).....	26
IV. Discusión.....	28
V. Conclusión.....	29
VI. Recomendaciones.....	30
VII. Referencia Bibliográficas.....	31
VIII. Anexo.....	33
8.1. Informe de Laboratorio	38

Tabla 1. Ubicación de la estación.....	12
Tabla 2. Concentración de los metales pesados en el agua superficial en épocas de avenida.....	17
Tabla 3. Concentración de los metales pesados en el agua superficial en épocas de estiaje.....	18
Tabla 4. Resultados de la concentración de arsénico.....	20
Tabla 5. Resultados de la concentración de Cobre.....	21
Tabla 6. Resultados de la concentración de Mercurio.....	22
Tabla 7. Resultados de la concentración de Níquel.....	23
Tabla 8. Resultados de las concentraciones de Plomo.....	24
Tabla 9. Resultados de las concentraciones de Selenio.....	25
Tabla 10. Resultados de la concentración de Zinc.....	26

ÍNDICE DE FIGURAS	PAG
Figura 1 Ubicación del punto de muestreo.....	9
Figura 2 Punto de muestreo.....	9
Figura 3 Pasos para realizar el monitoreo.....	11
Figura 4 Muestreo de agua superficial.....	13
Figura 5 Equipo analizador ICP masa.....	13
Figura 6 Comportamiento de los metales pesados durante la época de avenida.....	17
Figura 7 Comportamiento de los metales pesados durante la época de estiaje.....	19
Figura 8 Comportamiento del Arsénico en el agua superficial.....	20
Figura 9 Comportamiento del Cobre en el agua superficial.....	21
Figura 10 Comportamiento del Mercurio en el agua superficial.....	22
Figura 11 Comportamiento de Níquel en el agua superficial.....	23
Figura 12 Comportamiento del Plomo en el agua superficial.....	24
Figura 13 Comportamiento del selenio en el agua superficial.....	25
Figura 14 Comportamiento del Zinc en el agua superficial.....	27
Figura 15 Estándar de Calidad ambiental para agua.....	33
Figura 16 Subcategoría E2: Ríos.....	34
Figura 17 Mapa de zona de estudio.....	35
Figura 18 Ubicación del punto de investigación	35
Figura 19 Muestreo de agua en la zona de estudio.....	36
Figura 20 Medición de parámetros de campo.....	36
Figura 21 Estanques para el desarrollo de la piscicultura.....	37
Figura 22 Frascos con muestra de agua para el ingreso de laboratorio.....	37

Resumen

En el presente trabajo se evaluó la concentración de los metales pesados en el agua superficial de la quebrada yauliyacu, fuente que nace de un afloramiento. Los metales pesados que se hallaron en el agua pueden ser provenientes de pasivos ambientales o relaves de procesos mineros, también podemos encontrarla de forma natural del propio suelo del lugar, ya que son fuente de contaminación para el poblador que consume estas aguas y las utiliza para la crianza de peces. El objetivo fue evaluar la presencia y el grado de contaminación de las concentraciones de los metales pesados As, Cu, Hg, Ni, Pb, Se y Zn en el agua superficial, el cual se han realizado muestreo en dos épocas (época de avenida y época de estiaje, el muestreo para la investigación se realizó durante tres meses de época de avenida, enero, febrero, marzo y tres meses de época de estiaje, abril, mayo, junio. Analizando la concentración de los metales en el laboratorio de SGS del Perú SAC, por el método Epa 200-8 ICP MASA. La concentración máxima de los metales en los meses de avenida fue: arsénico con un valor de 0.00494 mg/L en el mes de marzo, cobre con un valor de 0.00238 mg/L en el mes de marzo, mercurio con un valor de <0.00009 mg/L en los tres meses, níquel con un valor de 0.0013 mg/L en el mes de enero, plomo con un valor de 0.0068 mg/L en el mes de enero, selenio de con un valor de 0.0015 mg/L, en el mes de enero, zinc con un valor de 0.032 mg/L en el mes de enero. Siendo plomo el único de los siete metales pesados analizados en tiempo de avenida, que se encuentra por encima del límite del ECA, ya que en el mes de enero y marzo. Por el cual el resto de los metales pesados se encuentra por debajo del límite de los estándares de calidad de agua.

Las concentraciones máximas de metales en los meses de estiaje fueron; Arsénico con un valor de 0.00328 mg/L en el mes de junio, Cobre con un valor de 0.00131 mg/L en el mes de Abril, Mercurio con un valor de <0.00009 mg/L en los tres meses, Níquel con un valor de 0.0015 mg/L en el mes de Junio, Plomo con un valor de 0.0024 mg/L en el mes de Abril, Selenio con un valor de 0.0023 mg/L en el mes de Mayo, Zinc con un valor de 0.0959 mg/L en el mes de Junio. En esta época del año, todos los metales pesados se encuentran por debajo del estándar de calidad ambiental de agua. En este estudio realizado se comprueba que el agua para el desarrollo de la piscicultura es apta para la crianza de trucha de acuerdo con la norma contemplada.

Palabra Clave: Agua superficial, contaminación, evaluación, metales pesados, concentración.

ABSTRACT

In the present work, the concentration of heavy metals in the surface water of the Yauliyacu stream, a source that is born from an outcrop, was evaluated. The heavy metals that were found in the water can come from environmental liabilities or tailings from mining processes, we can also find it naturally from the soil of the place, since they are a source of contamination for the settler who consumes these waters and uses them for fish farming. The objective was to evaluate the presence and degree of contamination of the concentrations of heavy metals As, Cu, Hg, Ni, Pb, Se and Zn in surface water, which have been sampled in two seasons (flood season and the dry season, the sampling for the investigation was carried out during three months of the flood season, January, February, March and three months of the dry season, April, May, June, analyzing the concentration of metals in the SGS laboratory of the Perú SAC, by the Epa 200-8 ICP MASA method. The maximum concentration of metals in the months of flooding was: arsenic with a value of 0.00494 mg/L in the month of March, copper with a value of 0.00238 mg/L in the month of March, mercury with a value of <0.00009 mg/L in the three months, nickel with a value of 0.0013 mg/L in the month of January, lead with a value of 0.0068 mg/L in the month of January, selenium with a value of 0.0015 mg/L, in the month of January, zinc with a value of 0.032 mg/L in the month of January, being lead the only one of the seven heavy metals analyzed in flood time, which was above the ECA limit, since in the month of January and March. By which the rest of the heavy metals are below the limit of the water quality standards.

The maximum concentrations of metals in the dry season were; Arsenic with a value of 0.00328 mg/L in the month of June, Copper with a value of 0.00131 mg/L in the month of April, Mercury with a value of <0.00009 mg/L in the three months, Nickel with a value of 0.0015 mg/L in the month of June, Lead with a value of 0.0024 mg/L in the month of April, Selenium with a value of 0.0023 mg/L in the month of May, Zinc with a value of 0.0959 mg/L in the month of June. At this time of year, all heavy metals are below the environmental water quality standard. In this study carried out, it is verified that the water for the development of fish farming is suitable for raising trout according to the standard contemplated.

Key Word: Surface water, contamination, evaluation, heavy metals, concentration.

I. INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso natural primordial para el desarrollo humano. A nivel global, existen reservas de agua dulce que pueden cubrir las necesidades actuales de la población mundial. Sin embargo, existe escasez en muchos países debido a la ineficiente gestión de los recursos hídricos por parte de las autoridades. Esta escasez se agudiza debido a la deficiencia en la calidad de agua e influye en otros problemas globales, como la seguridad alimentaria. Debido a esto, desde autoridades locales, gobiernos regionales y centrales, hasta organizaciones supranacionales, se han planteado como objetivo garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua, y el saneamiento para todos. Esto implica garantizar la buena calidad del agua dentro de sus cursos naturales. [1]

Existe más de veinte metales pesados, pero cuatro son de especial preocupación para la salud humana y el medio ambiente los cuales son, plomo (Pb), cadmio (Cd), mercurio (Hg) y el arsénico (As). [2]

Ellos son tóxicos y pueden causar efectos perjudiciales incluso a concentraciones muy bajas. La Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR) en Atlanta, Georgia, (parte del Departamento de Salud y Servicios Humanos de los EE.UU.) compilaron una lista de prioridades llamado el "Top 20 sustancias peligrosas". Los metales pesados, arsénico (1), plomo (2), mercurio (3), y el cadmio (7) aparecen en esta lista. [3]

En un ecosistema acuático, la contaminación de metal pesado puede ser resultado de la deposición atmosférica, meteorización geológica o a través de la descarga de desechos. Metales como el Cu, Fe, Mn, Ni y Zn son esenciales como micronutrientes para los procesos vitales en plantas y microorganismos, mientras que muchos otros metales como Cd, Cr y Pb no tienen actividad fisiológica conocida, pero han demostrado ser perjudicial más allá de ciertos límites. [3]

Los metales pesados pueden clasificarse en dos grupos; primero elementos como Cu, Zn y Cr, segundo constituido por metales que no tienen un rol biológico conocido, pero si una clara toxicidad (As, Cd, Hg y Pb), que tienen origen natural, doméstico, antropogénico, industrial, agropecuario, minero o de acuerdo a determinantes geológico mineros. Los efectos toxicológicos constituyen un serio riesgo para la salud humana y ecología. [3]

Los metales pesados más comunes y ampliamente distribuidos como contaminantes ambientales incluyendo plomo (Pb), cadmio (Cd), mercurio (Hg) y arsénico (As). El plomo, por ejemplo, es un contaminante ambiental altamente tóxico, su presencia

en el ambiente se debe principalmente a las actividades antropogénicas como la industria, la minería y las fundiciones. [3]

A raíz de ello, es de vital importancia conocer la calidad del agua de los ríos en sus cursos nacientes. También, es necesario conocer las fuentes que alteran su calidad, identificar las condiciones naturales que podrían generar su deterioro y las actividades que se realizan, con el fin de implementar las medidas apropiadas para garantizar el buen aprovechamiento de este recurso. [1]

Al finalizar este proceso de evaluación, se tendrá información de la calidad de agua de forma más extensa, de manera que los tomadores de decisiones podrán gestionar adecuadamente el manejo de este recurso. [1]

En síntesis, el objetivo principal de la presente investigación es evaluar la presencia y el grado de concentración de los metales pesados en las aguas de la quebrada para el desarrollo en el distrito de Chicla – Huarochirí Lima – Perú. Según estándar de calidad ambiental para agua.

1.1. Situación del problema

La contaminación del agua es un problema que todos nosotros vivimos en la actualidad, ya que no solo se da en los países industrializados o los menos industrializados, sino que afecta a todos y cada uno de los sectores de cada población. Muchos piensan que este recurso que es muy indispensable para nosotros siempre va a estar ahí, pero la verdad es que no es así, ya que no tomamos conciencia de los actos o de las actividades que realizamos con este recurso. La contaminación del agua es cualquier cambio químico, físico o biológico en la calidad del agua que tiene un efecto dañino en cualquier cosa viva que consuma esa agua. [4]

La mayor parte de la contaminación proveniente de actividades humanas se produce en las zonas urbanas o industriales cerca de ellas, que es donde se concentran los contaminantes. Algunos contaminan las zonas en las que se han producido, otros son transportados por el viento o las aguas hasta otras zonas. [5] Señala que “A nivel global, se han reportado casos que dan cuenta de las afecciones en la salud por causa del consumo de alimentos contaminados por metales pesados. [6]

Un caso relevante ocurrió en Japón en la década de los cincuenta, en donde la población ubicada en las riberas del río Jintsu, aguas abajo de una zona minera de zinc (Zn), plomo (Pb) y cobre (Cu), se vio afectada por el consumo de arroz proveniente de cultivos contaminados con cadmio (Cd) procedente de los vertimientos de las minas. Esta ingesta produjo una enfermedad conocida como

Itai-Itai o osteoartritis la cual afecta principalmente el tejido óseo” [7]

En los últimos años ha habido un aumento en la actividad minera a gran escala en América Latina, con una alta presencia de corporaciones extranjeras. Los impactos de las operaciones mineras pueden dañar los recursos naturales locales en tal magnitud que las comunidades ya no son capaces de sostenerse a sí mismas. Una de las consecuencias adversas más conocida es la relacionada con el agua, tanto en lo respectivo a la disponibilidad, como a la conservación y calidad de la misma. Como características de la actividad minera está el alto consumo de agua, lo que disminuye de manera significativa el manto freático del lugar. Además, la contaminación es muy común, por el vertimiento de los residuos y los productos químicos que intervienen en los procesos de tratamiento de los minerales, dando lugar a la aparición de aguas ácidas que pueden contener metales pesados. [8]

Chicla es uno de los distritos de la provincia de Huarochirí, cuenta con una intensa actividad minera, así también con muchos sitios de minería informal, también cuenta con pasivos ambientales en diferentes lugares, ya que esto podría afectar la calidad del agua de la zona.

Muchos pasivos ambientales se encuentran cerca de quebradas, ríos, lagos y lagunas, que podrían estar siendo contaminados con metales pesados a través de las corrientes de vientos y esto a su vez, es un grave problema para salud de los seres humanos y para el desarrollo de actividades con gran potencial como la piscicultura, puesto que su presencia y acumulación de metales pesados en plantas, animales y humanos provoca efectos tóxicos.

Por este motivo, se realiza el presente trabajo, plantea investigar la concentración de metales pesados en el agua para el desarrollo de la piscicultura, considerados de mayor relevancia, durante el periodo de Enero hasta Junio 2022, para conocer el comportamiento de los metales pesados y aportar datos técnicos para determinar la calidad de esta, en la zona antes mencionada.

1.2. Antecedentes

El desarrollo económico en muchas partes del mundo ha afectado al medio ambiente el aire, agua y suelo. El agua es un recurso vital para la vida, muchas fuentes de agua son contaminadas día a día. Las industrias vierten sus aguas residuales a un cuerpo receptor, contaminando así al río, lago o laguna. La minería es una de las industrias que más contamina y que más antecedentes tiene a nivel mundial por utilizar compuestos químicos que son dañinos para el medio ambiente y para la salud.

1.2.1. Antecedentes Internacionales

Los altos niveles de concentración de metales pesados en agua utilizada para riego representan un problema importante para la agricultura y la salud humana, así como para la biodiversidad, por tal motivo se realizó el presente trabajo con relación a la calidad del agua en los estados de Puebla y Veracruz, México. El estudio se llevó a cabo de noviembre de 2009 a marzo de 2010, se tomaron 91 muestras de agua duplicadas. Se analizaron el potencial hidrógeno (pH), la conductividad eléctrica (CE), As y metales pesados totales: Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb y Zn. Los metales pesados se determinaron mediante el uso de un ICP (“Inductively Coupled Plasma”) Pekin Elmer Optima 5300, utilizándose la metodología recomendada por la EPA (Environmental Protection Agency) y APHA (American Public Health Association). Se comparó la calidad del agua superficial con los criterios de la NOM001-ECOL-1996, de EPA (1986), de SEDUE (1989) y la modificación a la NOM127-SSA1-1994. Los resultados mostraron valores bajos en la concentración de metales pesados en agua para riego agrícola y uso urbano, no así, para el criterio de consumo humano, pues 50% de las muestras tomadas presentaron concentraciones por encima de los límites permisibles para Cd, 20% para Hg y 2% para Pb (SSA, 2000). Se concluyó que el agua superficial no representa riesgos para riego agrícola. La mayor concentración y dispersión la presentó el As con valores de 0.0 a 0.78 mg L⁻¹, mientras que la menor con 0.0 a 0.03 mg L⁻¹, fue para el Hg. Las descargas de agua residual hacia los ríos, contaminan gravemente y llevan a sobrepasar los límites permisibles para Cd, Hg y Pb en agua para uso y consumo humano [3]

En Venezuela, la contaminación por metales pesados está relacionada con el desarrollo de la industria siderúrgica y petrolera, así como a la explotación indiscriminada de otros metales como el oro. Está bastante documentada la contaminación del lago de Maracaibo dado al desarrollo en sus cercanías de actividades urbanas, industriales, mineras y agropecuarias; del lago de Valencia, del río Tuy, Orinoco y Manzanares, entre otros. En este trabajo se revisa el estado de conocimiento, en los últimos 10 años, de la concentración de plomo, cadmio y mercurio en especies acuáticas de diferentes áreas del [3]

Elevados niveles de contaminación por metales pesados fueron encontrados en sedimentos del río Haina. Se investigaron los niveles de concentración de metales pesados en las aguas y sedimentos del citado río,

en las proximidades de la ciudad de Santo Domingo. Se tomaron muestras tanto de las aguas como de sedimentos en nueve puntos diferentes comprendidos entre la localidad de Munoguyabo y la desembocadura del río en Haina. La investigación se llevó a cabo durante un año, en el período comprendido entre octubre del 2002 y septiembre del 2003. Los metales investigados fueron cobre, níquel, plomo, hierro, arsénico, cadmio, cromo y zinc. En las aguas solo se encontraron los metales hierro y cobre y sus niveles de concentración estaban ubicados dentro de los estándares nacionales para aguas de ríos [3]

Las aguas superficiales del río Aconcagua consideradas en este estudio pudieron estar influenciadas por la actividad minera dada por el incremento en las concentraciones de los metales pesados, especialmente cobre y molibdeno que estuvieron sobre la norma chilena de calidad de aguas. Se observó toxicidad en estaciones que presentaron altas concentraciones de cobre y molibdeno. Sólo en algunos períodos se observó una correlación entre la respuesta y las concentraciones de cobre en sus diferentes fracciones químicas, molibdeno y zinc totales, por lo que la medición sólo de las concentraciones de los metales no permitiría predecir la respuesta. Debido a la escasez de datos sobre la aplicación de bioensayos microalgales en ríos de Chile, los resultados obtenidos proveen valiosa información complementaria para evaluar y comprender de mejor forma los impactos de la actividad minera local sobre la calidad de las aguas superficiales [3]

En Colombia, en las últimas décadas los estudios de calidad de los sistemas acuáticos continentales (ríos, lagos, embalses, etc.) han tenido un creciente interés por aspectos como: el incremento de la población en sus riberas, el creciente grado de industrialización, los aportes de los sectores agrícolas, ganaderos y mineros. Según IDEAM, (2014). “En Colombia, durante el año 2013, se realizaron 169 muestreos de cadmio, 180 muestreos de cromo y plomo y 104 muestreos de mercurio” [7]

Con respecto al Hg, según se reporta los valores de concentración más altos se encuentran en el río Marmato, Nechí, Magdalena, Guachal y río Coello. Con respecto al Cd las mayores concentraciones se identificaron en río Negro, río Bogotá y río Cararé. En los ríos Marmato, Bogotá, Cauca la Pintada, Achi y Pinillos registraron las concentraciones más altas en Pb. [7]

1.2.2. Antecedentes Nacionales

En su investigación de los niveles de metales pesados en agua y sedimento en el bajo Nanay, en la amazonia del Perú [8]

Los resultados del análisis de agua, el plomo y mercurio se encuentran presentes en concentraciones mayores de lo indicado por las normas nacionales. El plomo tanto en creciente es en promedio de 0,111 ppm y 0,053 ppm respectivamente y el mercurio en vaciante se encuentra en 0,008 ppm. Del mismo modo la presencia de mercurio es alta en los sedimentos que acompañan a este río con 1,636 ppm en creciente y 3,03 ppm en vaciante. [3]

en su tesis concluye que se encontraron como valores máximos de plomo dentro del rango de 0.515mg/L - 0.35 mg/L en Samne y Shirán de la cuenca media del río Moche – La Libertad superando los límites permisibles en la categoría IV de los Estándares de Calidad. Y también se encontró que el valor máximo para cadmio Cd fue de 0.009 mg/L en Samne y Shirán considerado ligeramente fuera del límite permisible por la categoría IV de los Estándares de Calidad Ambiental para Aguas (ECAs). [3]

De acuerdo al Boletín de la Organización Mundial de la Salud, en el artículo: Exposición al arsénico en el agua potable: una gran amenaza inadvertida para la salud en Perú” (2014), En el 86% (96/111) de las muestras de agua subterránea, el arsénico superó el límite de 10 mg/l de la concentración de arsénico establecido por la OMS para el agua potable. El 56% (62/111) de las muestras superó el umbral de Bangladesh de 50 mg/l; la concentración media era de 54.5 mg/l (rango: 0.1 a 93.1). En los distritos de Juliaca y Caracoto, en el 96% (27/28) de las muestras de agua subterránea la concentración de arsénico fue de 51 a 100mg/l, superando el límite establecido por la OMS de 10 mg/l. En el caso de las aguas superficiales en estas mismas zonas el rango fue de 51 a 193 mg/l. Asimismo, todas las muestras de agua recogidas en la sección del río Rímac, que atraviesa Lima, tenían concentraciones de arsénico desde 0 hasta 64 mg/l para aguas subterráneas y de 11 a 25 mg/l para aguas superficiales, superando en ambos casos el límite de la OMS, anteriormente señalado de 10 mg/l. [9]

En su trabajo de investigación según sus características del estudio se trata de un diseño experimental observacional, analítico, transversal y se utilizó el método cuantitativo para determinar la concentración de metales pesados en las muestras de “trucha”, agua y pienso que fueron recolectadas

de las piscigranjas ubicadas en la jurisdicción del distrito de Pachangara, Provincia de Oyón, Región Lima – Perú. [10]

Las concentraciones máximas y mínimas de arsénico halladas en muestra de agua de las piscigranjas fueron de 7.480 ppb y 2.100 ppb respectivamente. Las concentraciones máximas y mínimas de arsénico en muestra de “trucha” fueron de 1.140 ppb y 0.510 ppb. Las concentraciones máximas y mínimas de arsénico en pienso fueron de 18.030 ppb y de 15.010 ppb respectivamente. [10]

Las concentraciones máximas y mínimas de mercurio en muestra de agua fueron de 1.510 ppb y 0.401 ppb respectivamente. Las concentraciones máximas y mínimas de mercurio en muestra de trucha fueron de 0.600 ppb y 0.100 ppb respectivamente. Las concentraciones máximas y mínimas de mercurio en pienso fueron de 0.030 ppb y 0.010 ppb respectivamente. Las concentraciones máximas y mínimas de plomo en muestra de agua fueron de 0.180 ppm y 0.040 ppm respectivamente. Las concentraciones máximas y mínimas de plomo en muestra de trucha fueron de 1.140 ppb y 0.510 ppm respectivamente. Las concentraciones máximas y mínimas de plomo en pienso fueron de 2.030 ppb y 1.910 ppm correspondientemente. [10]

1.2.3. Antecedentes Local

Según un estudio de investigación, los resultados obtenidos en concentraciones de metales pesados en época de avenidas y época de estiaje en el río Rímac en el distrito de Chicla. Se tomaron muestras de siete puntos de monitoreo (EM-01, EM-02, EM-03, EM-04, EM-05, EM-06 y EM-07), en los años 2011, 2012, 2013, y 2014.

Durante el año 2011, las concentraciones del Arsénico superaron el ECA en 3 de las estaciones de monitoreo en estudio (EM-01, EM-04, EM-07), su concentración varió en un rango de 0,0005 y 0,0407 mg/l y su máxima concentración se halló en la estación de monitoreo EM-07, valor que supera el ECA en un 407%. En el 2012 el arsénico superó su límite en el punto E-02 con 0.017 mg/l, Durante el 2013 el arsénico superó su límite en el punto E-01 con 0.0293 mg/l, concentración que supera el 293% el ECA. Durante el 2014 las concentraciones de arsénico superaron el límite del ECA, en el punto E-01 con una concentración de 0.0369 mg/l. concentración que supera con un 369% el ECA. **El plomo**, durante el estudio de investigación se pudo observar durante la época de avenida del año 2010, las concentraciones de este metal superaron el ECA en 2 de las estaciones

de monitoreo en estudio (EM-01 y EM-07) y su máxima concentración fue de 0.066 mg/l (EM-01), valor que supera el ECA en un 132% del ECA. Para el año 2011 las concentraciones del plomo superaron el ECA en 3 de las estaciones de monitoreo en estudio (EM-01, EM-04 y EM-07) y su máxima concentración fue de 0.172 mg/l (EM-01), valor que supera el ECA en un 344%.

Durante el año 2012 (época de avenida), las concentraciones del plomo han disminuido en todas sus estaciones de monitoreo, y se encuentran por debajo del ECA. Para el año 2013, las concentraciones del plomo superaron el ECA en 1 de las estaciones de monitoreo (EM-01), y su máxima concentración fue de 0,0854 mg/l, valor que supera el ECA en un 170.8% del ECA. Durante el año 2014 (época de avenida), las concentraciones del plomo superaron el ECA en 1 de las estaciones de monitoreo (EM-01), y su máxima concentración fue de 0.0627 mg/l, valor que supera el ECA en un 125.4% del ECA.

La variación de las concentraciones de metales pesados en época de estiaje, se tomaron en cuenta los años 2010, 2011, 2013, 2014, 2015, 2017 y 2018 (información obtenida de los resultados de monitoreo de la calidad de agua superficial de la Cuenca del río Rímac – época de estiaje).

Durante la época de estiaje del año 2011, las concentraciones de este metal superaron el ECA en las estaciones de monitoreo (EM-01, EM-03, EM-04, EM-06 y EM-07) y su concentración varió en un rango de 0,0047 y 0,0493 mg/l, la máxima concentración se presentó en la estación EM-07, concentración que supera en un 493% el ECA. Para el año 2013 (época de estiaje), el arsénico supera el ECA en 3 estaciones de monitoreo en estudio (EM-01, EM-04 y EM-05), y su concentración varió entre 0.0031 y 0,0167 mg/l, la máxima concentración se presentó en la estación EM-01, concentración que supera en un 167% el ECA.

II. ESTRATEGIA METODOLOGICA

2.1. Lugar de estudio

El punto de estudio se encuentra ubicado en la quebrada yauiyacu que se ubica a 3 km aprox. del distrito de Chicla provincia de Huarochirí departamento de Lima, colinda con el rio Rímac y se encuentra frente a la carretera central.

2.1.1. Ubicación geográfica del área de estudio Límites hidrográficos.

El punto de estudio, se encuentra ubicado en la quebrada yauiyacu que limita con los siguientes; por el sur el rio Rímac, por el norte áreas verdes y cerros, por el este, viviendas de la zona, y por el oeste se encuentra la Unidad Minera Casapalca 7.

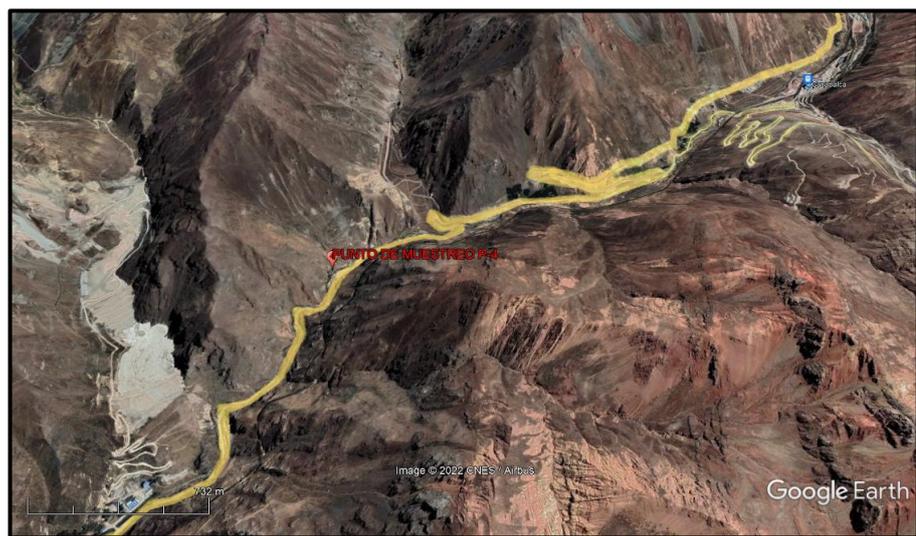


Figura 1: Ubicación del punto de Muestreo



Figura 2: Punto de muestreo

2.2. Materia prima e ingredientes

2.2.1. Materiales

- Frascos de primer uso
- Preservantes (HNO₃)
- Guantes de látex Indumentarias de protección
- Botas de jebe
- Gorra

2.3. Equipos e Instrumentos

Entre los materiales, instrumentos, equipos y servicios utilizados para la ejecución del trabajo de investigación de tesis.

2.3.1. Materiales y equipos de gabinete.

- Papel Bond 75g formato A-4
- Folder manila
- Lapiceros
- Impresoras EPSON
- Tinta para impresora
- CDs
- Computadora portátil (con los programas necesarios)
- Software Microsoft office (Excel, Word, Power Point)
- Software Google Earth

2.3.1.1. Servicios.

- Servicio de fotocopia
- Servicio de impresión y escaneo.

2.4. Diseño de Investigación

- **Tipo de Investigación**

El tipo de investigación realizado es el descriptivo: con la finalidad de cuantificar la frecuencia del problema, con qué magnitud se presenta la situación problemática que queremos estudiar, en este caso el nivel de concentración de metales pesados en el agua.

- **Nivel de Investigación**

Los niveles de investigación se desarrollan dentro del marco descriptivo e interpretativo mediante la recolección de datos, muestreo de agua y análisis.

- **Diseño de Investigación**

El presente trabajo desarrolla un seguimiento cuantitativo, el cual

nos permite examinar dato numérico, como los niveles de concentración de metales pesados, para el cultivo de truchas en piscigranjas, dando a conocer resultados y comparando con la norma Nacional vigente.

2.4.1. Diseño Experimental

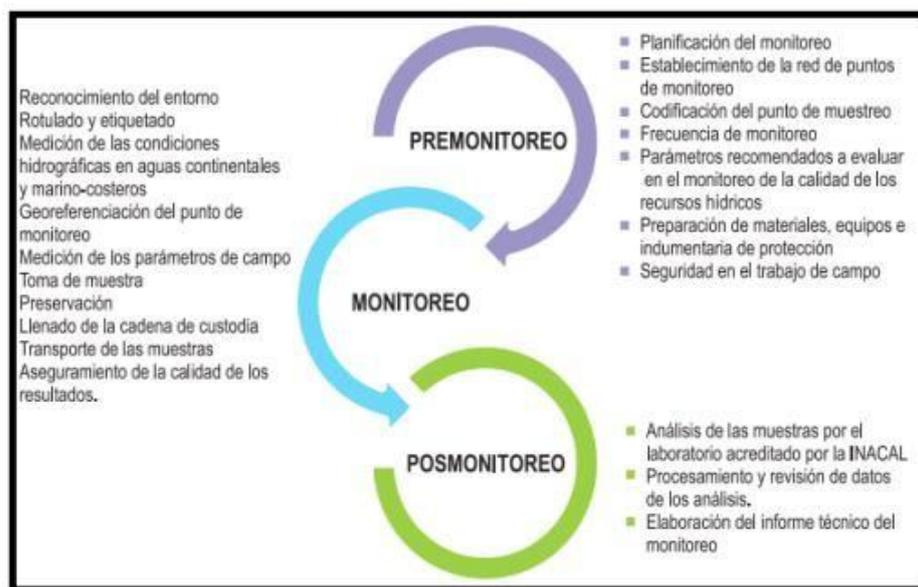


Figura 3: Pasos para realizar el monitoreo

Fuente: Resolución Jefatural N°010-2016- ANA. (2016).

2.5. Procesamiento y Análisis de datos

2.5.1. Presencia y concentración de metales pesados

a). Determinación del punto de muestreo.

El trabajo de tesis consistió en una visita preliminar, para identificar el punto de estudio de la investigación de tesis, y empezar el monitoreo de acuerdo al régimen hidrológico de la cuenca en periodo de lluvia en los meses de enero a marzo 2022 y en la época de estiaje en los meses de abril a junio 2022, en la quebrada yauliyacu.

Se selecciona la estación de muestreo georreferenciadas por GPS. La selección de dicha estación de monitoreo se realizó buscando garantizar la representatividad de un agua adecuada para la crianza de trucha y la accesibilidad.

Tabla 1.*Ubicación de la Estación.*

Estación de Monitoreo						
Código	Lugar	Distrito	Provincia	Coordenadas UTM		Altitud (msnm)
				Norte	Este	
P-4	Qda. Yauliyacu	Chicla	Huarocharí	8709562	363015	3125

b). Periodo de muestreo

En el presente trabajo se ha realizado el muestreo en dos temporadas del año, épocas de avenida (enero a marzo) y épocas de estiaje (abril a junio). Para poder evaluar la variación de la presencia de metales pesados en el agua, en diferentes etapas de estudio.

La primera toma de muestra se realizó el 21 de enero del 2022, con hora 18:00, la segunda muestra se realizó el 20 de febrero del 2022, con hora 12:10, la tercera muestra se realizó el 05 de marzo del 2022, con hora 17:20, debido a que en estos tres primeros meses se pudo monitorear con mayor precipitación; la cuarta muestra se realizó el 16 de abril del 2022, con hora 07:30, la quinta muestra se realizó el 08 de mayo del 2022, con hora 08:30, y la sexta y última muestra se realizó el 09 de junio del 2022, con hora 08:00, en estos tres últimos meses fue en época de menor precipitación o también llamado estiaje.

c). Toma de muestras de agua superficial.

Para la recolección de las muestras se ha preparado con anticipación todos los materiales para el momento del muestreo y poder ingresar a extraer la porción de agua representativa para analizar los metales requeridos.



Figura 4: Muestreo de agua superficial

La muestra se ha etiquetado adecuadamente con el código de P-4, de tal manera que en el laboratorio se analiza con el mismo código. La muestra fue etiquetada con la siguiente información: código de muestra, fecha y hora de la toma de muestra, nombre de lugar y finalmente el nombre del tesista.

La muestra de agua recolectado, fueron enviado al Laboratorio Acreditado de Ensayo y Control de Calidad de SGS DEL PERU SAC.



Figura 5 : Equipo Analizador ICP Masa

La metodología aplicada en el análisis fue el método EPA 200.8.

Los resultados obtenidos por el laboratorio hacen notar presencia de concentraciones de metales pesados en el estudio en las diferentes etapas de muestreo.

Evaluar el nivel de concentraciones de los metales pesados de acuerdo a los resultados emitido por el laboratorio, se ha evaluado la concentración de los metales pesados, solicitado por el estándar de calidad ambiental para agua de la categoría 1: subcategoría B: (aguas superficiales destinadas para la recreación), como aluminio, bario, berilio, cadmio, cobre, cromo, hierro, manganeso,

mercurio, níquel, plata, plomo, selenio, uranio, vanadio y zinc. Como metaloides arsénico y boro. En los resultados del laboratorio, los metales pesados analizados, se encuentran en el agua superficial a menor escala, ya que el aluminio tiene una ligera subida en el mes de febrero, época de avenida, luego en el resto de los meses tiende a bajar su concentración.

En la época de estiaje o época seca de los meses de abril, mayo y junio todos los metales se encuentran por debajo del estándar de calidad ambiental (ECA), para agua.

Ahora podemos determinar los metales pesados más crítico y vulnerable a la contaminación en época húmeda y época seca. Se toma los resultados que emite el laboratorio, para determinar el grado de contaminación según los límites de los estándares de calidad ambiental (ECA).

Para poder determinar el comportamiento de los elementos analizados se hace un cuadro de valores en las dos épocas y así poder determinar el metal pesado más crítico y vulnerable. Para conocer el metal pesado y la época más crítica, se obtuvo un cuadro con los respectivos estándares de calidad ambiental para agua, en comparación con los resultados obtenidos por el laboratorio.

Se trabajará con los metales, no metales y metaloides tóxicos y críticos. Arsénico, Cadmio, Cobre, Mercurio, Níquel, Plomo, Selenio y Zinc.

2.6. Técnicas de Recolección de datos

2.6.1. Técnicas de Recolección de Datos

- Para llevar a cabo la recolección de los datos obtenidos, se tuvo en cuenta los siguientes pasos a seguir.
- Identificación del punto de muestreo.
- Recolectar muestras y llenado de cadena de custodia para el ingreso de muestra hacia el Laboratorio SGS, del Callao.
- Sistematizar los datos obtenidos por el Laboratorio SGS, del Callao.
- Comparar los resultados obtenidos del análisis de laboratorio con los ECA – Categoría 4, Subcategoría E2: Ríos – ríos de la costa y sierra, establecido en el D.S. N°004 – 2017-MINAM.

2.7. Instrumentos de recolección de datos

Instrumento Formatos

- Cadena custodia
- Fichas de laboratorio
- Libretas de campo

La preparación de materiales, equipos e indumentaria de protección para la ejecución de la toma de muestra de manera efectiva, se preparó con anticipación los materiales de trabajo (equipos de muestreo operativos debidamente calibrados).

Se utilizó envase de plástico de 120 ml, para extraer la porción de agua, que representara la muestra. Los envases deben enjuagarse 3 veces, para luego colocar la muestra en el cooler, ya que contiene ice pack para mantener la cadena de frío, que permite que la muestra se conserve a temperatura menor a 4 C°. Esto permite que la muestra llegue en condiciones óptimas para su análisis en el laboratorio.

Se detalla en la etiqueta del frasco a muestrear los siguientes datos:

- Identificación del lugar de muestreo
- Numero de muestra o código
- Fecha y hora de la toma de muestra
- Temperatura en la que se envía la muestra
- Indicar los parámetros analíticos del laboratorio
- Nombre y firma de la persona que realizo el muestreo
- Observaciones: (se incluirá alguna característica saltante fuera de lo común).

2.8. Población y Muestra

2.8.1 Población de Estudio

La población de estudio está constituida por los metales pesados en el agua a muestrear.

2.8.2 Tamaño de la Muestra

La investigación se realizó en el mes de enero hasta junio del 2022. Para la recolección de muestras se contó con dos campañas de muestreo, en época seca y época húmeda. Se recolectaron las muestras de acuerdo con el protocolo nacional para el monitoreo de calidad de los recursos hídricos superficiales (ANA).

La cantidad de la muestra obtenida es de un frasco de 120 ml para el parámetro de metales pesados por mes, ya que así lo requiere el laboratorio por su método de ensayo.

III. RESULTADOS

El trabajo de investigación es importante en este estudio, ya que las concentraciones altas de metales disminuyen el valor agregado del agua para la crianza de trucha, retarda el crecimiento, es propenso enfermedades y afecta a la fertilidad. Estos tipos de contaminantes, se puede presentar por residuos industriales mineros como; aguas residuales, pasivos ambientales abandonados, relaves mineros o de forma natural.

El caudal es continuo en toda la época del año, es por ello, que en este estudio la importancia es de ver, la presencia y evaluar el nivel de concentración de metales pesados que pueden causar daño al desarrollo de la piscicultura y al ecosistema de la región.

Según los ECA para agua del ministerio del ambiente de la categoría 1 (Poblacional y Recreacional), de la subcategoría B, (Agua superficiales destinadas a la recreación). Especifica el parámetro inorgánico (metales totales), que debe de cumplir el agua para que pueda ser considerada apta para el cultivo.

3.1. Presencia y concentraciones de metales pesados

En las siguientes tablas presentamos los resultados con las que se demostrara la presencia o la ausencia de los niveles de concentraciones de metales pesados de la quebrada yauliyacu designada para el desarrollo de la piscicultura.

Los resultados emitidos por el laboratorio SGS del Perú, el muestreo de agua superficial que se realizaron los tres primeros meses que son: enero, febrero y marzo, fueron en época de avenida, se puede observar presencia de concentraciones de metales pesados en las aguas superficiales de la quebrada yauliyacu, en los diferentes meses del estudio, como podemos apreciar en la tabla 3.

Tabla 2.

Concentración de los Metales Pesados en el Agua Superficial en Épocas de Avenida (Enero, Febrero y Marzo).

Resultados				
Tipo de Muestreo	: Puntual			
Código de Muestra	: P-4			
Nombre de Laboratorio	: SGS del Perú			
Fecha y Hora del Muestreo	21/01/2022 18:00	20/02/2022 12:10	05/03/2022 17:20	
PARAMETRO	ENERO	FEBRERO	MARZO	
Antimonio (Total) mg/l	<0.00013	<0.00013	<0.00013	
Arsénico (Total) mg/l	0.00393	0.00368	0.00494	
Bario (Total) mg/l	0.0070	0.0077	0.0089	
Cobre (Total) mg/l	<0.00009	<0.00009	0.00238	
Mercurio (Total) mg/l	<0.00009	<0.00009	<0.00009	
Níquel (Total) mg/l	0.0013	0.0010	<0.0006	
Plomo (Total) mg/l	0.0068	0.0024	0.0054	
Selenio (Total) mg/l	0.0045	<0.0013	<0.0013	
Talio (Total) mg/l	<0.00006	<0.00006	<0.00006	
Zinc (Total) mg/l	0.0320	0.0074	0.0114	



Figura 6: Comportamiento de los metales pesados durante la época de avenida

Se puede apreciar en la figura 6, que corresponde a los resultados de la época de avenida, los metales pesados según el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para agua.

Algunos metales pesados se encuentran por debajo del rango del equipo en algunos meses, y para otros los tres meses, algunos metales pesados aumenta y otros metales disminuyen su concentración, solo el plomo tiene un aumento en los meses de enero y marzo que supera el ECA, lo cual baja su concentración en el mes de febrero. Las muestras fueron obtenidas en los meses de la época de avenida del año 2022.

Los resultados emitidos por el laboratorio SGS del Perú, el muestreo de agua superficial del punto P-4 (quebrada yauliyacu), se realizó la toma de muestra de agua en los siguientes meses, que son: abril, mayo y junio, fueron en época de estiaje o época seca, durante los resultados emitidos se puede observar presencia de concentración de metales pesados en el agua superficial estudiado, como podemos apreciar en la tabla 4.

Tabla 3.

Concentración de los Metales Pesados en el Agua Superficial en Épocas de Estiaje (Abril, Mayo y Junio).

Resultados				
Tipo de Muestreo	: Puntual			
Código de Muestra	: P-4			
Nombre de Laboratorio	: SGS del Perú			
Fecha y Hora del Muestreo	16/04/2022 07:30	08/05/2022 08:30	09/06/2022 08:00	
PARAMETRO		ABRIL	MAYO	JUNIO
Antimonio (Total)	mg/l	<0.00013	<0.00013	0.00031
Arsénico (Total)	mg/l	0.00231	0.00186	0.00328
Bario (Total)	mg/l	0.0080	0.0086	0.0098
Cobre (Total)	mg/l	0.00131	<0.00009	0.00095
Mercurio (Total)	mg/l	<0.00009	<0.00009	<0.00009
Niquel (Total)	mg/l	<0.0006	0.0007	0.0015
Plomo (Total)	mg/l	0.0024	0.0010	<0.0006
Selenio (Total)	mg/l	<0.0013	0.0023	<0.0013
Talio (Total)	mg/l	<0.00006	<0.00006	<0.00006
Zinc (Total)	mg/l	0.0309	0.0483	0.0959



Figura 7: Comportamiento de los metales pesados durante la época de estiaje

Se puede apreciar en la figura 7, que corresponde a los resultados de la época de estiaje, los metales pesados según el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para agua.

Algunos metales pesados se encuentran por debajo del ECA, otros metales se encuentran por debajo del rango del equipo en algunos meses, para otros en los tres meses, algunos aumentan y otros metales disminuyen su concentración, ya que ningún metal pesado en la época señalada supera el estándar de calidad ambiental ECA para agua. Las muestra para metales pesados, fueron obtenidas en los meses de la época de estiaje del año 2022.

3.2. Evaluación de grado de concentración de metales pesados en el agua para el desarrollo de la piscicultura.

Para desarrollar la piscicultura, es necesario conocer otros parámetros que pueden afectar la calidad de agua en la crianza, la acidez, alcalinidad, amoniac, dióxido de carbono, cloruro, dureza, fosforo, nitrito, oxígeno disuelto, potencial de hidrogeno, temperatura y turbidez, ya que esto, puede influenciar directa en el mecanismo fisiológico de los peces. Para este trabajo, se pretende conocer si los metales pesados señalados por la USEPA, como los más crítico o tóxicos de la tierra, como, Arsénico (As), Cobre (Cu), Mercurio (Hg), Níquel (Ni), Plomo (Pb), Selenio (Se) y Zinc (Zn). Se encuentran por debajo o por encima del Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para agua, y de esta forma visualizar las figuras, y a la vez verificar el comportamiento de cada uno de los metales pesados.

3.2.1. Evaluación del Arsénico (As) en el agua para el desarrollo de la piscicultura (época de avenida y estiaje).

Tabla 4.

Resultados de la Concentración de Arsénico (As).

Arsénico (As) mg/l				
Tiempo		ECA – (C4) E2.	Época de Avenida	Época de Estiaje
Enero	Abril	0.15	0.00393	0.00231
Febrero	Mayo	0.15	0.00368	0.00186
Marzo	Junio	0.15	0.00494	0.00328
Máximo			0.00494	0.00328
Mínimo			0.00368	0.00186

Arsénico: las concentraciones de Arsénico en las aguas superficiales para el desarrollo de la piscicultura para la categoría 4 (conservación del ambiente acuático), de la Subcategoría E2: Ríos (ríos de costa y sierra), se encuentran por debajo de los ECA para agua, en ambas épocas, (**Figura 8**). Ya que la concentración máxima es de **0.00494 mg/L** que corresponde de la época de avenida y su concentración mínima es de **0.00368 mg/L**.

Para la época de estiaje, la concentración máxima es de **0.00328 mg/L** y la concentración mínima es de **0.00186 mg/L**.

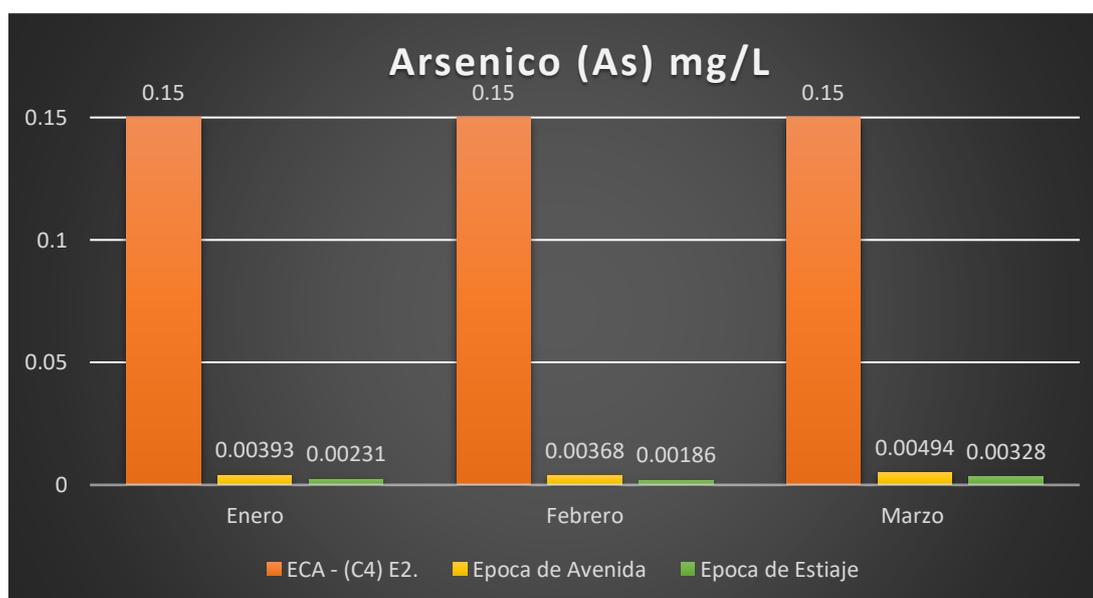


Figura 8: Comportamiento del Arsénico en el agua superficial.

Como se aprecia en la figura 8, el comportamiento y su concentración del arsénico que se presenta en ambas épocas, podemos decir que, en la época de avenida se presenta mayor crecimiento de concentración de arsénico, sin lograr superar el límite dado por la norma.

Para la época de estiaje, tiene un ligero balanceo, la cual, no logra superar el límite establecido en la norma, para ambas épocas de estudio.

3.2.2. Evaluación del Cobre (Cu) en el agua para el desarrollo de la piscicultura (época húmeda y estiaje).

Tabla 5.

Resultados de la Concentración de Cobre Cu.

		Cobre (Cu) mg/l		
Tiempo		ECA – (C4) E2.	Época de Avenida	Época de Estiaje
Enero	Abril	0.1	<0.00009	0.00131
Febrero	Mayo	0.1	<0.00009	<0.00009
Marzo	Junio	0.1	0.00238	0.00095
Máximo			0.00238	0.00131
Mínimo			<0.00009	<0.00009

Cobre: las concentraciones de Cobre en las aguas superficiales para el desarrollo de la piscicultura para categoría 4 (conservación del ambiente acuático), de la Subcategoría E2: Ríos (ríos de costa y sierra), se encuentran por debajo de los ECA para agua, en ambas épocas, (Figura 9). Ya que el máximo es de **0.00238 mg/L**, y el mínimo es de **<0.00009 mg/l**, que corresponde a la época de avenida. Para la época de estiaje o época seca el máximo es de **0.00131 mg/L** y el mínimo es de **<0.00009 mg/L**.

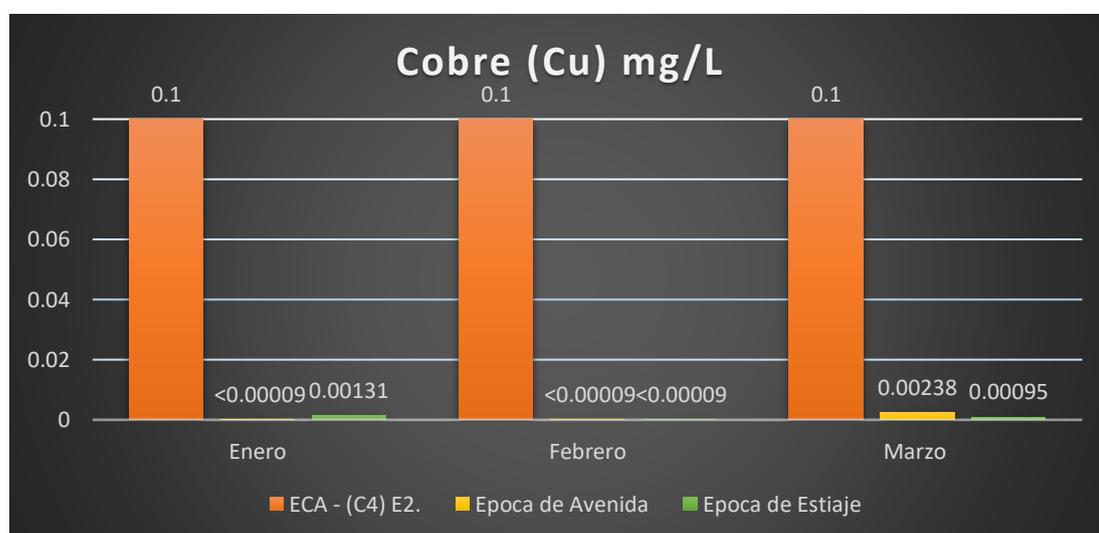


Figura 9: Comportamiento del cobre en el agua superficial.

Como se aprecia en la figura 9, el comportamiento y su concentración del cobre que presenta en época de avenida se encuentra por debajo del rango del equipo de laboratorio, en enero y febrero, ya que marzo se presenta un ligero crecimiento de concentración.

Para la época de estiaje o época seca, se puede decir que presenta un ligero balanceo de concentración de cobre durante los meses los meses de estudio.

3.2.3. Evaluación del Mercurio (Hg) en el agua para el desarrollo de la piscicultura (época avenida y estiaje).

Tabla 6.

Resultados de la Concentración de Mercurio Hg.

Mercurio (Hg) mg/l				
Tiempo		ECA – (C4) E2.	Época de Avenida	Época de Estiaje
Enero	Abril	0.0001	<0.00009	<0.00009
Febrero	Mayo	0.0001	<0.00009	<0.00009
Marzo	Junio	0.0001	<0.00009	<0.00009
Máximo			<0.00009	<0.00009
Mínimo			<0.00009	<0.00009

Mercurio: las concentraciones de mercurio en las aguas superficiales para el desarrollo de la piscicultura para categoría 4 (conservación del ambiente acuático), de la Subcategoría E2: Ríos (ríos de costa y sierra), se encuentran por debajo de los ECA para agua, en ambas épocas, **(Figura 10)**. Ya que el máximo y mínimo es de **<0.00009 mg/L**, en los meses que corresponde de la época de avenida. Para la época de estiaje o época seca el máximo y mínimo es de **<0.00009 mg/L** en los meses de estudio.

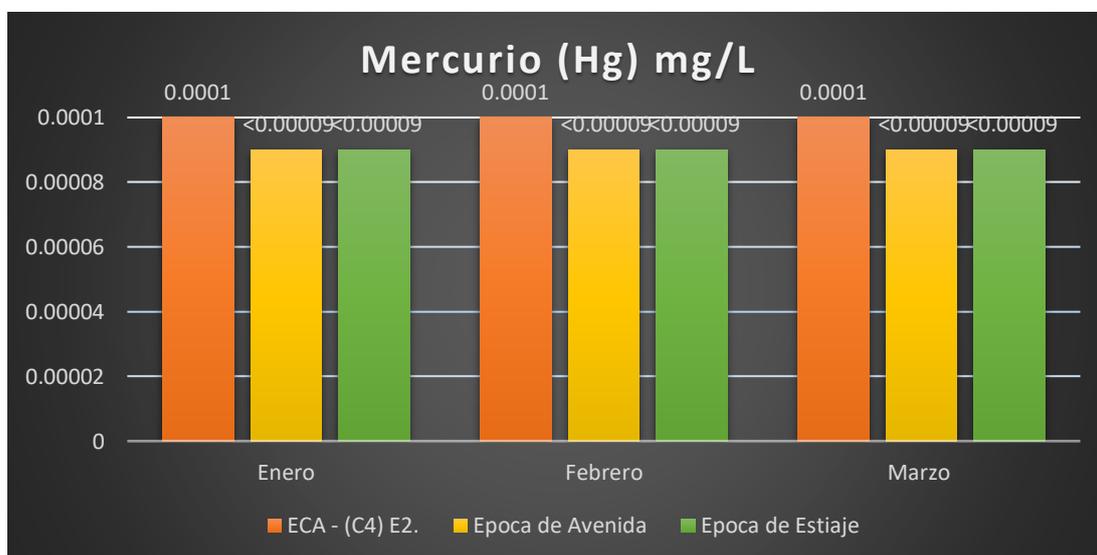


Figura 10: Comportamiento del mercurio en el agua superficial.

Como se aprecia en la figura 10, el comportamiento y su concentración del mercurio que presenta en época de avenida y en época de estiaje, la concentración se encuentra por debajo del rango del equipo de laboratorio.

3.2.4. Evaluación del Níquel (Ni) en el agua para el desarrollo de la piscicultura (época húmeda y época de estiaje).

Tabla 7.

Resultados de la Concentración de Níquel Ni.

		Níquel (Ni) mg/l		
Tiempo		ECA – (C4) E2.	Época de Avenida	Época de Estiaje
Enero	Abril	0.052	0.0013	<0.0006
Febrero	Mayo	0.052	0.001	0.0007
Marzo	Junio	0.052	<0.0006	0.0015
Máximo			0.0013	0.0015
Mínimo			<0.0006	<0.0006

Níquel: las concentraciones de níquel en las aguas superficiales para el desarrollo de la piscicultura para la categoría 4 (conservación del ambiente acuático), de la Subcategoría E2: Ríos (ríos de costa y sierra), se encuentran por debajo del ECA para agua, en ambas épocas, (Figura 11). Ya que la máxima concentración es de **0.0013 mg/L** y la mínima concentración es de **<0.0006 mg/L**, que corresponde de la época de avenida. Para la época de estiaje, la concentración máxima es de **0.0015 mg/L** y la concentración mínima es **<0.0006 mg/L**.

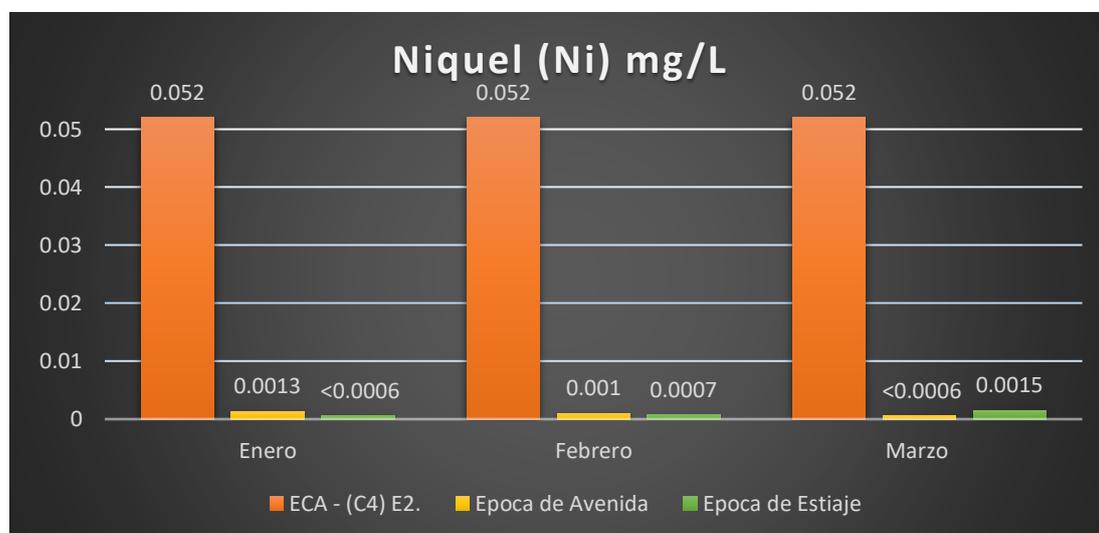


Figura 11: Comportamiento del Níquel en el agua superficial.

Como se aprecia en la figura 11, el comportamiento y su concentración del Níquel que presenta en época de avenida, decrece su concentración. Para época de estiaje, podemos decir que presenta un ligero crecimiento de Níquel durante los meses de estudio.

3.2.5. Evaluación del Plomo (Pb) en el agua para el desarrollo de la piscicultura (época de avenida y estiaje).

Tabla 8.

Resultados de las Concentraciones de Plomo Pb.

		Plomo (Pb) mg/l		
Tempo		ECA – (C4) E2.	Época de Avenida	Época de Estiaje
Enero	Abril	0.0025	0.0068	0.0024
Febrero	Mayo	0.0025	0.0024	0.001
Marzo	Junio	0.0025	0.0054	<0.0006
Máximo			0.0068	0.0024
Mínimo			0.0024	<0.0006

Plomo: las concentraciones de plomo en las aguas superficiales para el desarrollo de la piscicultura, para la categoría 4 (conservación del ambiente acuático), de la Subcategoría E2: Ríos (ríos de costa y sierra), podemos decir, que se encuentra por encima del ECA en los meses de enero y marzo, en época de avenida. (**Figura 12**), siendo la concentración máxima de **0.0068 mg/l** y la concentración mínima es de **0.0024 mg/l**.

Para la época de estiaje la concentración empieza a descender siendo la máxima concentración de **0.0024 mg/L** y la concentración mínima de **<0.0006 mg/L**.

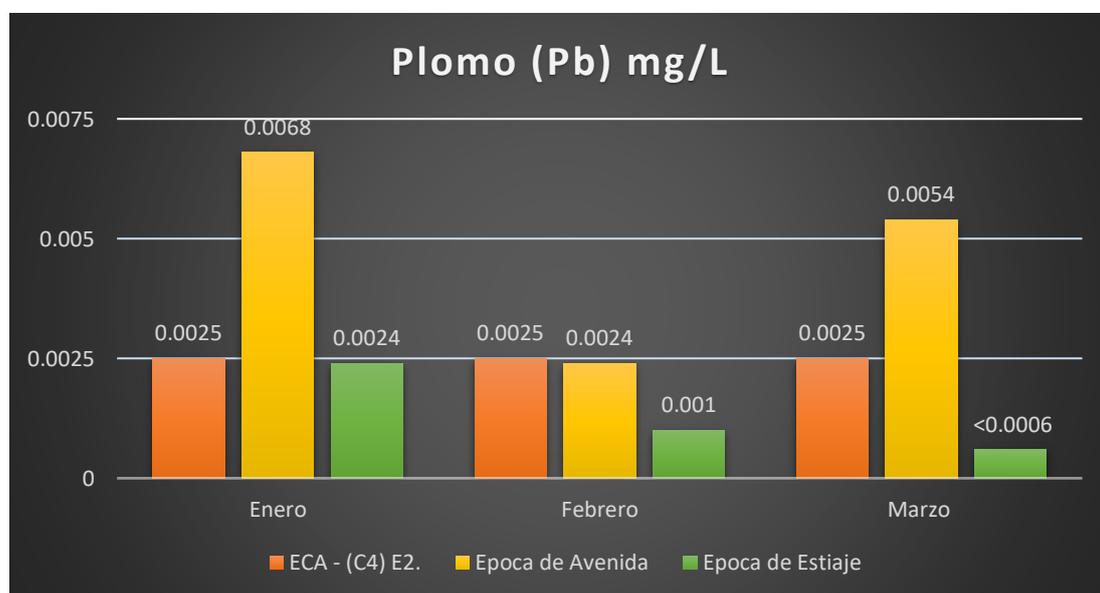


Figura 12: Comportamiento del plomo en el agua superficial.

Como se aprecia en la figura 12, el comportamiento y su concentración del plomo que se presenta en ambas épocas, podemos decir que en la época de avenida se presenta mayor concentración, la cual en la época de estiaje, la concentración disminuye.

3.2.6. Evaluación del Selenio (Se) en el agua para el desarrollo de la piscicultura (época húmeda y estiaje).

Tabla 9.

Resultados de la Concentración de Selenio Se.

Selenio (Se) mg/l				
Tiempo		ECA – (C4) E2.	Época de Avenida	Época de Estiaje
Enero	Abril	0.005	0.0045	<0.0013
Febrero	Mayo	0.005	<0.0013	0.0023
Marzo	Junio	0.005	<0.0013	<0.0013
Máximo			0.0045	0.0023
Mínimo			<0.0013	<0.0013

Selenio: las concentraciones de selenio en las aguas superficiales para el desarrollo de la piscicultura para la categoría 4 (conservación del ambiente acuático), de la Subcategoría E2: Ríos (ríos de costa y sierra), se encuentran por debajo del ECA para agua, en ambas épocas. (Figura 15), ya que la concentración máxima es de **0.0045 mg/L** y la concentración mínima es de **<0.0013 mg/L** que corresponde a la época de avenida. Para la época de estiaje, la concentración máxima es de **0.0023 mg/L** y la concentración mínima es de **<0.0013 mg/L**.

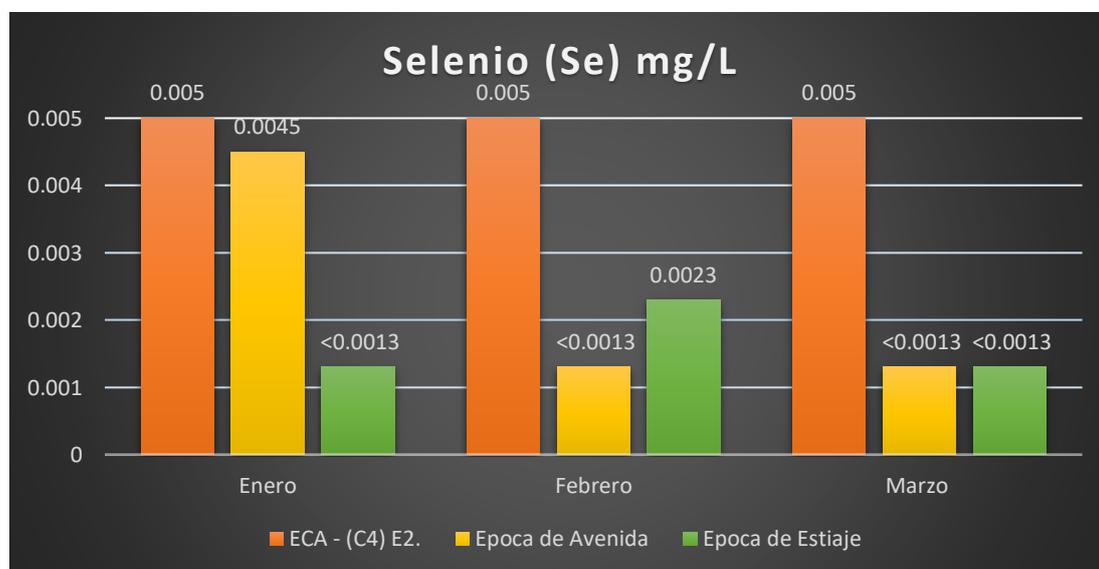


Figura 13: Comportamiento del selenio en el agua superficial.

Como se aprecia en la figura 13, el comportamiento y su concentración del selenio que presenta en época de avenida, presenta un ligero crecimiento de concentración de selenio en el mes de enero, por lo cual, en los otros meses de estudio desciende su concentración. Para la época de estiaje se puede decir que presenta un ligero crecimiento en el mes de mayo para luego bajar su concentración durante los meses.

3.2.7. Evaluación del Zinc (Zn) en el agua para el desarrollo de la piscicultura (época de avenida y estiaje).

Tabla 10.

Resultados de la Concentración de Zinc Zn.

Zinc (Zn) mg/l				
Tiempo		ECA – (C4) E2.	Época de Avenida	Época de Estiaje
Enero	Abril	0.12	0.032	0.0309
Febrero	Mayo	0.12	0.0074	0.0483
Marzo	Junio	0.12	0.0114	0.0959
Máximo			0.032	0.0959
Mínimo			0.0074	0.0309

Zinc: las concentraciones de cinc en las aguas superficiales para el desarrollo de la piscicultura para la categoría 4 (conservación del ambiente acuático), de la Subcategoría E2: Ríos (ríos de costa y sierra), se encuentran por debajo del ECA para agua, en ambas épocas. (**Figura 14**), ya que la concentración máxima es de **0.032 mg/L** y la concentración mínima es de **0.0074 mg/l** que corresponde a la época de avenida. Para la época de estiaje, la concentración máxima es de **0.0959 mg/L** y la concentración mínima es de **0.0309 mg/L**.

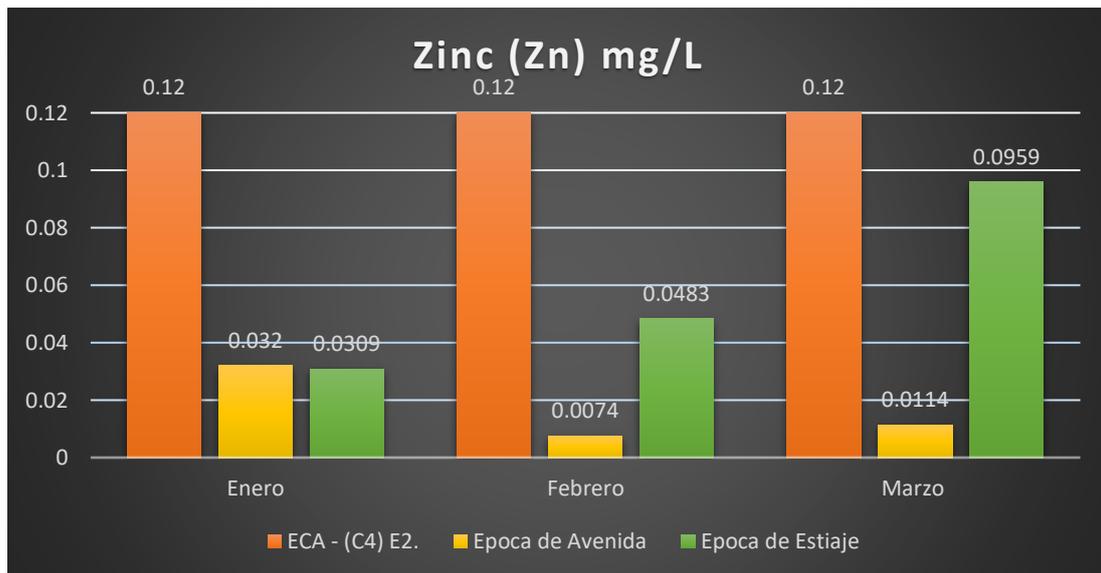


Figura 14: Comportamiento del zinc en el agua superficial.

Como se aprecia en la figura 14, el comportamiento y su concentración de zinc, que se presenta en ambas épocas, podemos decir que en la época húmeda se presenta menor concentración de zinc, ya que en la época de estiaje aumenta ligeramente su concentración.

IV. DISCUSION

Cuyos datos obtenidos por el laboratorio SGS del Perú, arrojaron la existencia de metales pesados en el agua, los resultados de las muestras obtenidas tanto en época de avenida y época de estiaje nos indica que la concentración de metales se encuentren por debajo del ECA, siendo plomo el único metal que excede su concentración en el mes de enero y marzo (época de avenida), ya que, el exceso de plomo en esta época puede ser causado por las fuertes precipitaciones, esto hace que haya escorrentía (lavado de suelos por las aguas de lluvias), vertiéndolas hacia a las quebradas o ríos, los demás meses de estudio las concentraciones de los metales tanto en época avenida y época de estiaje se encuentra por debajo del ECA para agua. Este estudio nos indica la calidad del agua y concentraciones máxima y mínima en los diferentes meses.

Los resultados, para algunos metales pesados en época húmeda o de avenida (enero, febrero y marzo) se encuentran por debajo del ECA, con excepción del plomo, otros metales se encuentran por debajo del rango del equipo, o también podemos decir que no hay metales pesados en el medio durante la época estudiada, como es el Mercurio <0.00009 mg/L en los meses de enero, febrero y marzo. Cobre <0.00009 mg/L, en el mes de enero y febrero, Níquel <0.0006 mg/L, en el mes de marzo, y por último el Selenio <0.0013 mg/L, en el mes de febrero y marzo.

Los resultados para concentración de los metales pesados en época seca o de estiaje (abril, mayo y junio), se encuentran por debajo del ECA y otros metales pesados se encuentran por debajo del rango del equipo, o también podemos decir que no hay presencia de metales pesados en el medio durante los meses de estudio, como es el mercurio <0.00009 mg/L en los meses de abril, mayo y junio. Cobre <0.00009 mg/L, en el mes de mayo. Níquel <0.0006 mg/L, en el mes de abril. Plomo <0.0006 mg/L en el mes de junio. Selenio <0.0013 mg/L, en el mes de abril y junio.

Durante el desarrollo del estudio, se pudo constatar la concentración de los metales pesados en el agua de la quebrada yauliyacu, el valor, de la concentración máxima de cada uno de los metales pesados, nos indica el Decreto Supremo N° 004-2017-Minam, en la categoría 4 (conservación del ambiente acuático), de la Subcategoría E2: Ríos (ríos de costa y sierra), la cual indica valores, que no se debe de superar, ya que las truchas cultivadas serán vendidas a la público en general y ellos no tengan temor de consumir un producto posiblemente contaminado con metales pesados.

De acuerdo con los resultados obtenido por el laboratorio, las muestras que fueron recolectada de la quebrada yauliyacu con código P-4 analizadas durante los 6 meses de estudio durante la época húmeda y la época de estiaje.

V. CONCLUSION

Se demuestra que si existe la presencia de concentraciones de metales pesados en el agua superficial para el desarrollo de la piscicultura de la quebrada yauliyacu, ya que los metales analizados de acuerdo al ECA para agua, no superan el grado de concentración señalado por el estándar de calidad ambiental, excepto un metal en la época húmeda, y en un mes específico como el plomo, ya que su límite dado por la norma es de 0.0025 mg/l, realizando el estudio los tres primeros meses de época húmeda, en el mes de enero y marzo, supera el límite con una concentración de 0.0068 mg/L y 0.0054 mg/L, ya que podemos observar la tablas de comparación que en los meses de época de estiaje el plomo empieza a descender.

Los metales pesados se encuentran en el agua de forma natural ya que existe en la corteza terrestre o productos de las actividades mineras (antropogénicas), vertiendo sus aguas residuales industriales a los ríos o quebradas, desechando sus residuos de proceso en sus relaveras.

Durante el estudio de investigación, los tres primeros meses fueron de época húmeda o de avenida (Enero Febrero y Marzo), y los tres meses restantes fueron la época seca o de estiaje (abril, mayo y junio). La época más crítica fue, la época húmeda o de avenida, la cual los resultados emitidos por el laboratorio nos indica, que la mayor concentración que supero el límite, fue el plomo con una concentración en los meses de enero y febrero de 0.0068 mg/L y 0.0054 mg/L.

podemos decir que el agua es apta para el desarrollo de la piscicultura en el distrito de chicla, provincia de Huarochirí, departamento de Lima.

VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar estudios de metales disueltos que no han sido evaluados en el presente trabajo de investigación.
- Es necesario realizar monitoreo de la calidad de agua periódicamente para conocer el comportamiento de las concentraciones de metales pesados en la quebrada yauliyacu.
- Se recomienda realizar estudios de evaluación de metales pesados de los músculos de la trucha, para así poder determinar el nivel de concentración de metales.
- El gobierno local, debería de regular y establecer un programa de control, coordinando con las empresas involucradas, para mejorar la calidad de vida de los involucrados en la zona para el desarrollo de la piscicultura.

VII. REFERENCIA BIBLIOGRAFICAS

- [1] Gino Iglesias. (2020). Tesis “Influencia de la calidad del aguasuperficial del río huacaná sobre el río coscore y el río tumilaca moquegua - Perú”. Información revisada el 16/07/2021 acceso a través de Sitio web: <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/4421/iglesias-portal-gino-armando.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [2] Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR), con sede en Atlanta, Georgia, es una agencia de salud pública federal que forma parte del Departamento de Salud y Servicios Humanos de los EE. UU.
- [3] Capacoila, J. (2017). Evaluación de Concentración de Metales Pesados en el agua superficial del río Caota. Tesis de pregrado de la universidad Nacional del Altiplano. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/6639>
- [4] Guadarrama, et al. (2016). Contaminación del agua, revista de ciencias ambientales y recursos naturales. Información revisada el 9/11/2020. Acceso a través: https://www.ecorfan.org/spain/researchjournals/Ciencias_Ambientales_y_Recursos_Naturales/vol2num5/Revista_de_Ciencias_Ambientales_y_Recursos_Naturales_V2_N5_1.pdf
- [5] Bustos y Cecilia. (2011). Contaminación del agua. Información revisada el 9/11/2020 acceso a través de SCRIBD Sitio web: <https://es.scribd.com/doc/71607216/CONTAMINACION-DE-AGUA>
- [6] Sanchez et al., (2010). contaminación por metales pesados
- [7] Reyes, et al. (2016). Contaminación por Metales Pesados: Implicaciones en Salud, Ambiente y Seguridad Alimentaria. Revista Ingeniería, Investigación y Desarrollo. Información revisada el 11/11/2020. Acceso a través: [file:///C:/Users/marcos_gutierrez/Downloads/Dialnet-ContaminacionPorMetalesPesados-6096110%20\(5\).pdf](file:///C:/Users/marcos_gutierrez/Downloads/Dialnet-ContaminacionPorMetalesPesados-6096110%20(5).pdf)
- [8] Castro, (2017). La Devastación Ambiental de la Minería en América Latina, revista línea de Fuego. Información revisada el 11/11/2020. Acceso a través: <https://lalineadefuego.info/2017/06/22/la-devastacion-ambiental-de-la-mineria-en-america-latina-por-dalila-castro-fontanella/>
- [9] Fernando Larios - Meoño, Carlos González Taranco & Yennyfer Morales Olivares. (2015). Las Aguas Residuales y su Consecuencia en el Perú. Saber y Hacer, vol. 2 N° 2, 19 y 20.

[10] Rivas, W. (2018). Tesis en Determinación de arsénico, mercurio y plomo en truchas (*Oncorhynchus mykiss*), piensos y agua de piscigranjas del distrito de Pachangara, provincia de Oyón, región Lima. De la Universidad Nacional Mayor San Marcos, información revisada el 14/01/2023. Acceso a través: https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/10095/Rivas_aw.pdf?sequence=3

VIII. ANEXOS

18		NORMAS LEGALES		Miércoles 7 de junio de 2017 /  El Peruano		
Categoría 4: Conservación del ambiente acuático						
Parámetros	Unidad de medida	E1: Lagunas y lagos	E2: Ríos		E3: Ecosistemas costeros y marinos	
			Costa y sierra	Selva	Estuarios	Marinos
FÍSICOS- QUÍMICOS						
Aceites y Grasas (MEH)	mg/L	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Cianuro Libre	mg/L	0,0052	0,0052	0,0052	0,001	0,001
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	20 (a)	20 (a)	20 (a)	**	**
Clorofila A	mg/L	0,008	**	**	**	**
Conductividad	(μ S/cm)	1 000	1 000	1 000	**	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	5	10	10	15	10
Fenoles	mg/L	2,56	2,56	2,56	5,8	5,8
Fósforo total	mg/L	0,035	0,05	0,05	0,124	0,062
Nitratos (NO ₃ ⁻) (c)	mg/L	13	13	13	200	200
Amoníaco Total (NH ₄ ⁺)	mg/L	(1)	(1)	(1)	(2)	(2)
Nitrógeno Total	mg/L	0,315	**	**	**	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 5	≥ 5	≥ 5	≥ 4	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,8 – 8,5	6,8 – 8,5
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	≤ 25	≤ 100	≤ 400	≤ 100	≤ 30
Sulfuros	mg/L	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	Δ 3	Δ 2	Δ 2
INORGÁNICOS						
Antimonio	mg/L	0,64	0,64	0,64	**	**
Arsénico	mg/L	0,15	0,15	0,15	0,036	0,036
Bario	mg/L	0,7	0,7	1	1	**
Cadmio Disuelto	mg/L	0,00025	0,00025	0,00025	0,0088	0,0088
Cobre	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,05	0,05
Cromo VI	mg/L	0,011	0,011	0,011	0,05	0,05
Mercurio	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Níquel	mg/L	0,052	0,052	0,052	0,0082	0,0082
Plomo	mg/L	0,0025	0,0025	0,0025	0,0081	0,0081
Selenio	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,071	0,071
Talio	mg/L	0,0008	0,0008	0,0008	**	**
Zinc	mg/L	0,12	0,12	0,12	0,081	0,081
ORGÁNICOS						

01 Figura 15: Estándares de calidad ambiental para agua - Minam 2017

- B1. Contacto primario

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al uso recreativo de contacto primario por la Autoridad de Salud, para el desarrollo de actividades como la natación, el esquí acuático, el buceo libre, el surf, el canotaje, la navegación en tabla a vela, la moto acuática, la pesca submarina o similares.

- B2. Contacto secundario

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al uso recreativo de contacto secundario por la Autoridad de Salud, para el desarrollo de deportes acuáticos con botes, lanchas o similares.

3.2 Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales**a) Subcategoría C1: Extracción y cultivo de moluscos, equinodermos y tunicados en aguas marino costeras**

Entiéndase como aquellas aguas cuyo uso está destinado a la extracción o cultivo de moluscos (Ej.: ostras, almejas, choros, navajas, machas, conchas de abanico, palabritas, mejillones, caracol, lapa, entre otros), equinodermos (Ej.: erizos y estrella de mar) y tunicados.

b) Subcategoría C2: Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en aguas marino costeras

Entiéndase como aquellas aguas destinadas a la extracción o cultivo de otras especies hidrobiológicas para el consumo humano directo e indirecto. Esta subcategoría comprende a los peces y las algas comestibles.

c) Subcategoría C3: Actividades marino portuarias, industriales o de saneamiento en aguas marino costeras

Entiéndase como aquellas aguas aledañas a las infraestructuras marino portuarias, actividades industriales o servicios de saneamiento como los emisarios submarinos.

d) Subcategoría C4: Extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en lagos o lagunas

Entiéndase como aquellas aguas cuyo uso está destinado a la extracción o cultivo de especies hidrobiológicas para consumo humano.

3.3 Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales**a) Subcategoría D1: Riego de vegetales**

Entiéndase como aquellas aguas utilizadas para el riego de los cultivos vegetales, las cuales, dependiendo de la zona, pueden ser aguas superficiales o subterráneas.

equino o camélido, y para animales menores como ganado porcino, ovino, caprino, cuyes, aves y conejos.

3.4 Categoría 4: Conservación del ambiente acuático

Entiéndase como aquellos cuerpos naturales de agua superficiales que forman parte de ecosistemas frágiles, áreas naturales protegidas y/o zonas de amortiguamiento, cuyas características requieren ser protegidas.

a) Subcategoría E1: Lagunas y lagos

Entiéndase como aquellos cuerpos naturales de agua lénticos, que no presentan corriente continua, incluyendo humedales.

b) Subcategoría E2: Ríos

Entiéndase como aquellos cuerpos naturales de agua lóticos, que se mueven continuamente en una misma dirección:

- Ríos de la costa y sierra

Entiéndase como aquellos ríos y sus afluentes, comprendidos en la vertiente hidrográfica del Pacífico y del Titicaca, y en la parte alta de la vertiente oriental de la Cordillera de los Andes, por encima de los 600 msnm.

- Ríos de la selva

Entiéndase como aquellos ríos y sus afluentes, comprendidos en la parte baja de la vertiente oriental de la Cordillera de los Andes, por debajo de los 600 msnm, incluyendo las zonas meándricas.

c) Subcategoría E3: Ecosistemas costeros y marinos**- Estuarios**

Entiéndase como aquellas zonas donde el agua de mar ingresa en valles o cauces de ríos hasta el límite superior del nivel de marea. Esta clasificación incluye marismas y manglares.

- Marinos

Entiéndase como aquellas zonas del mar comprendidas desde la línea paralela de baja marea hasta el límite marítimo nacional.

Precisese que no se encuentran comprendidas dentro de las categorías señaladas, las aguas marinas con fines de potabilización, las aguas subterráneas, las aguas de origen minero - medicinal, aguas geotermales, aguas atmosféricas y las aguas residuales tratadas para reuso.

Artículo 4.- Asignación de categorías a los cuerpos

Figura 16: Subcategoría E2: Ríos – ríos de la costa y sierra - Minam 2017

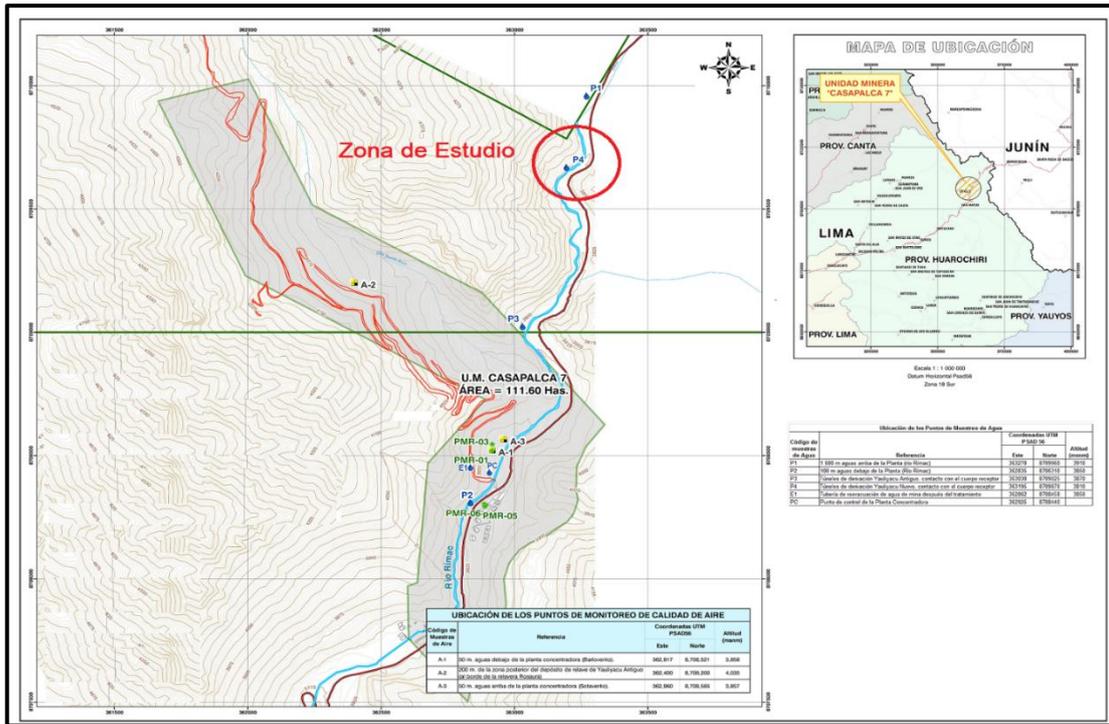


Figura 17: Mapa de zona de estudio

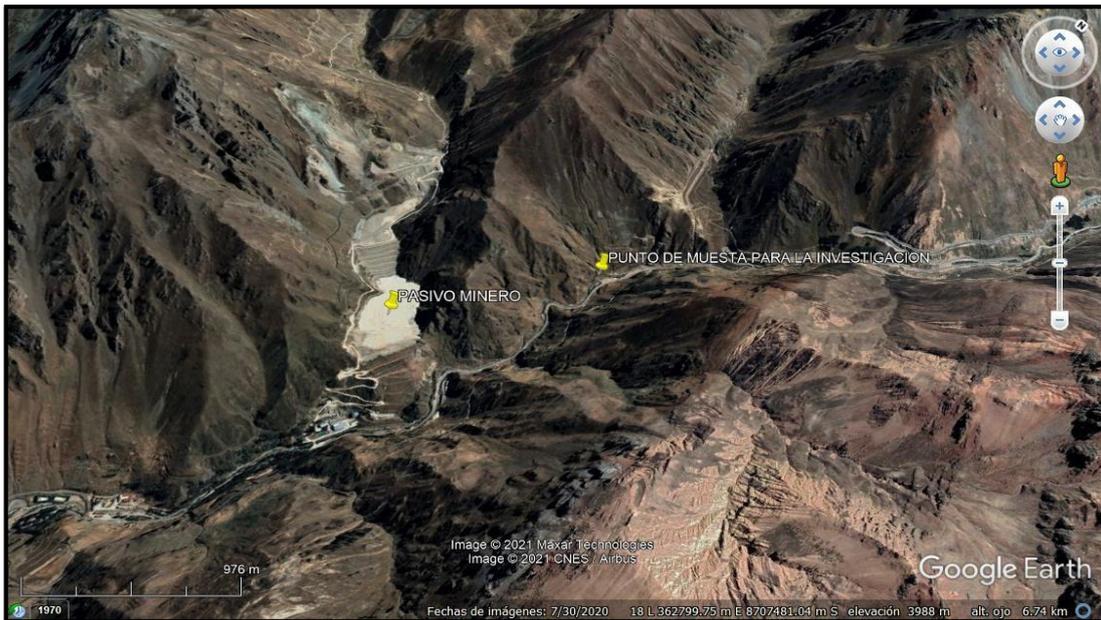


Figura 18: Ubicación del punto de investigación.



Figura 19: muestreo de agua en la zona de estudio



Figura 20: Medición de parámetro de campo

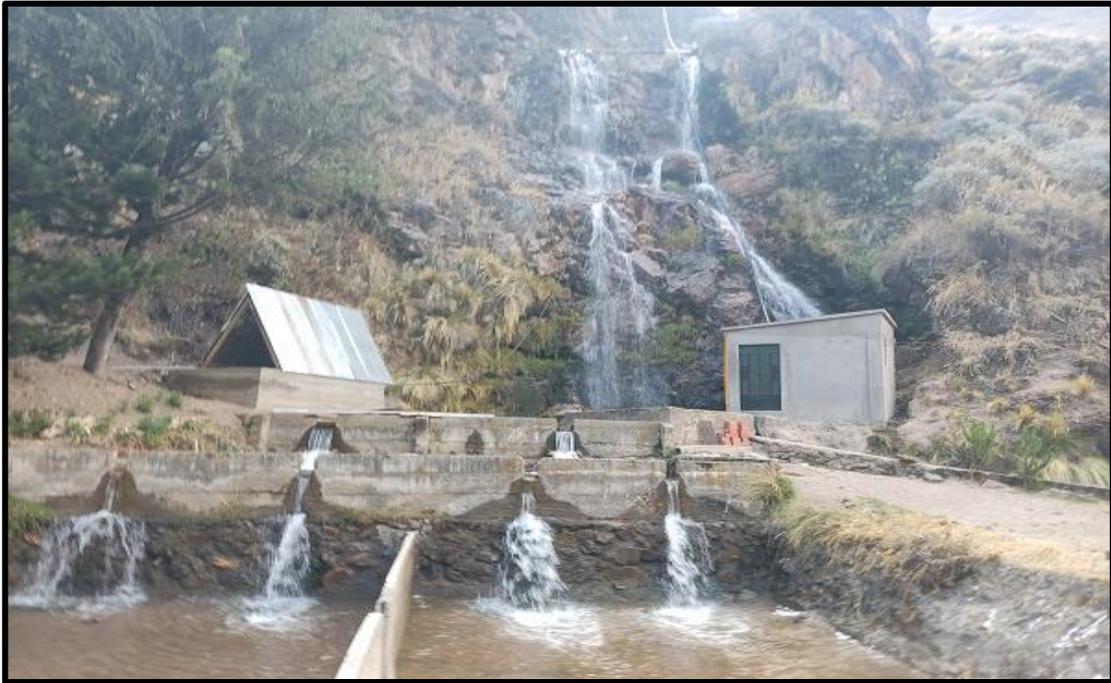


Figura 21: Pozas para el desarrollo de la piscicultura

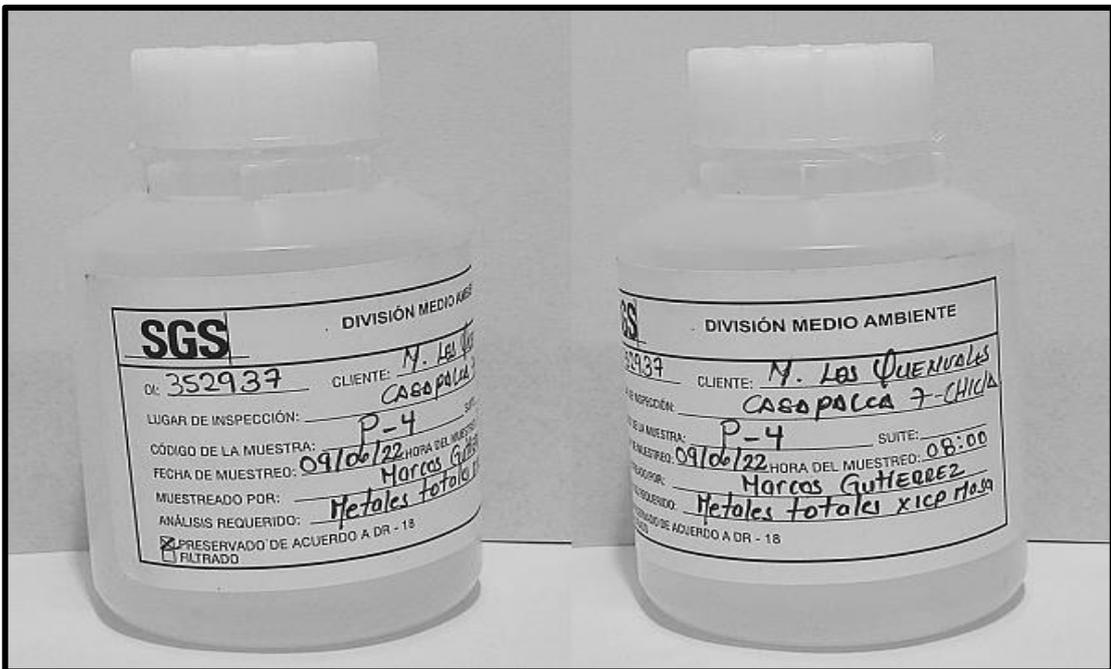


Figura 22: Frasco con muestra de agua para el ingreso a laboratorio

8.1. Informe de Laboratorio



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002



Registro N° LE - 002

INFORME DE ENSAYO MA2203477 Rev. 0

Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre
IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					
FECHA DE MUESTREO HORA DE MUESTREO CATEGORÍA SUB CATEGORÍA					P-4: Túneles de derivación Yauliyacu Nuevo, contacto con el Cuerpo receptor. 8709562N / 363015E 21/01/2022 18:00:00 AGUA NATURAL AGUA SUPERFICIAL
Análisis de Campo					
Conductividad	EW_APHA2510B_OPE	µS/cm	--	--	357.00 ± 17.14
Temperatura	EW_APHA2550B	°C	--	--	8.90 ± 0.57
Potencial de Hidrógeno	EW_APHA4500HB_OPE	pH	--	--	8.15 ± 0.06
Análisis Generales					
Sólidos Totales en Suspensión	EW_APHA2540D	mg Sólidos Totales en Suspensión/L	1	3	3 ± 1
Sulfuro	EW_APHA4500S2I	mgS2-/L	0.0008	0.0019	<0.0019
Cianuro WAD	EW_OIA1677	mg/L	0.0003	0.0008	<0.0008
Aniones					
Sulfato	EW_EPA300_0	mg/L	0.01	0.03	140.33 ± 16.84
Metales Totales					
Aluminio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.001	0.003	0.187 ± 0.017
Antimonio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00004	0.00013	<0.00013
Arsénico Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00003	0.00010	0.00393 ± 0.00043
Bario Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0070 ± 0.0006
Berilio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006
Bismuto Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003
Boro Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.002	0.006	<0.006
Cadmio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003
Calcio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.003	0.009	41.738 ± 4.174
Cerio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00008	0.00024	<0.00024
Cesio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0005 ± 0.0001
Cobalto Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00025 ± 0.00002
Cobre Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00003	0.00009	<0.00009
Cromo Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003
Estaño Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010
Estroncio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	1.0533 ± 0.0948
Fósforo Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.015	0.047	<0.047
Galio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00004	0.00012	<0.00012
Germanio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006
Hafnio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00005	0.00015	<0.00015
Hierro Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0004	0.0013	0.2927 ± 0.0234
Lantano Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015
Litio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0019 ± 0.0002
Lutecio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006
Magnesio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.001	0.003	6.633 ± 0.796
Manganeso Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00003	0.00010	0.04147 ± 0.00290
Mercurio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00003	0.00009	<0.00009
Molibdeno Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00002	0.00006	0.00362 ± 0.00083
Niobio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015
Niquel Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0013 ± 0.0003
Plata Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010
Plomo Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0068 ± 0.0006
Potasio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.04	0.13	0.51 ± 0.04
Rubidio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0003	0.0009	0.0018 ± 0.0002
Selenio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0004	0.0013	0.0045 ± 0.0010
Silicio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.09	0.27	10.25 ± 1.23
Silicio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.04	0.13	4.79 ± 0.57
Sodio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.006	0.019	3.419 ± 0.376
Talio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006
Tantalio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0007	0.0021	<0.0021
Teluro Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.001	0.003	<0.003
torio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00006	0.00019	<0.00019
Titanio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0116 ± 0.0015
Uranio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.000003	0.000010	0.000710 ± 0.000149
Vanadio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003
Wolframio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006
Yterbio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006
Zinc Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0008	0.0026	0.0320 ± 0.0032
Zirconio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00015	0.00045	<0.00045

Notas:

El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.

Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.

Este documento es válido solo en entorno electrónico, de imprimirse pierde validez.

SGS del Perú S.A.C.

Av. Elmer Faucett 3348
Ernesto Gunther 275
Jr. Arnaldo Marquez

Callao 1
Parque Industrial
Ba. San Antonio

Callao t (511) 517 1900
Arequipa t (054) 213 506
Cajamarca t (076) 366 092

www.sgs.pe
e Pe.servicios@sgs.com

Miembro del Grupo SGS



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



**INFORME DE ENSAYO
MA2216153 Rev. 0**

