

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



T E S I S

Influencia de la actividad de la compañía minera San Ignacio de Morococha S.A.A. Unidad minera de San Vicente en la calidad de agua del río Tulumayo Vitoc-Chanchamayo

**Para optar el título profesional de:
Ingeniero Ambiental**

Autor:

Bach. Paula Angelica WEISSY DE SOUZA

Asesor:

Mg. Jesús Marino GOMEZ MIGUEL

Oxapampa – Perú - 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



T E S I S

**Influencia de la actividad de la compañía minera San Ignacio
de Morococha S.A.A. Unidad minera de San Vicente en la
calidad de agua del río Tulumayo Vitoc-Chanchamayo**

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Dr. Crecencio Amaro QUIÑONEZ NARVAEZ Mg. Anderson MARCELO MANRIQUE

PRESIDENTE

MIEMBRO

Mg. Edson Valery RAMOS PEÑALOZA

MIEMBRO



**Universidad Nacional Daniel Alcides
Carrión Facultad de Ingeniería
Unidad de Investigación**

INFORME DE ORIGINALIDAD N° 115-2024-UNDAC/UIFI

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión en mérito al artículo 23° del Reglamento General de Grados Académicos y Títulos Profesionales aprobado en Consejo Universitario del 21 de abril del 2022, La Tesis ha sido evaluado por el software antiplagio Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Tesis:

“Influencia de la actividad de la compañía minera San Ignacio de Morococha S.A.A. Unidad minera de San Vicente en la calidad de agua del río Tulumayo Vitoc-Chanchamayo”

Apellidos y nombres de los tesistas:

Bach. WEISSY DE SOUZA, Paula Angelica

Apellidos y nombres del Asesor:

Mg. GOMEZ MIGUEL, Jesús Marino

Escuela de Formación Profesional

Ingeniería Ambiental

Índice de Similitud

23 %

APROBADO

Se informa el Reporte de evaluación del software similitud para los fines pertinentes:

Cerro de Pasco, 30 de abril del 2024



Firmado digitalmente por MELBA
CACERES Raynaldo FAU
20154825946.pdf
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 08.05.2024 19:50:10 -05:00

DEDICATORIA

Con mucho amor a mi madre Carmen Edith De Souza Quezada.

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a mi abuela Virginia Campos, mi padre Genaro Weissy y mis hermanos, por haber sido el sustento económico y apoyo emocional en mi proceso universitario y mi desarrollo personal, pues su amor y sacrificio han sido mi guía para mantenerme firme en mis objetivos académicos.

RESUMEN

El objetivo general de la presente investigación fue determinar la influencia en la calidad de agua del río Tulumayo, por la tributación del río Aynamayo, para tal sentido se tomó 2 muestras puntuales, 50 m aguas arriba (TL 01) y 200 m aguas abajo (TL 02), después de la desembocadura del río Aynamayo, cabe destacar que el río Aynamayo, pasa por el área de influencia directa de la unidad minera San Vicente de la Compañía Minera San Ignacio de Morococha S.A.A. (SIMSA), para lo cual se utilizó los métodos de investigación científica, para desarrollar aspectos importantes del trabajo.

El tipo de investigación fue aplicado, Según Pacheco Espejel & Cruz Estrada, (2006), la investigación, en función de los propósitos es aplicada de intervención, de nivel explicativo, por que busca demostrar la influencia que tiene el río Aynamayo, que viene de la zona de influencia de la actividad minera sobre la calidad del agua del río Tulumayo., con un diseño de investigación no experimental comparativo,

Para la prueba de hipótesis se utilizó la prueba estadística de t de student, que fue procesado con el software libre jamovi, con un nivel de significancia del 0.05, llegando a la siguiente conclusión: Que la tributación del río Aynamayo si influye en la calidad del agua del río Tulumayo, principalmente en plomo y Zinc, que son los principales minerales que explotan y de zirconio, pero comparado con ECAs agua (D.S. 04-2017-MINAM), no supera en ninguno de los casos, por tanto podemos afirmar que no afecta al ambiente acuático del río Tulumayo.

Palabras Clave: Metales totales, contaminación del agua, calidad de agua.

ABSTRACT

The general objective of the present investigation was to determine the influence on the water quality of the Tulumayo River, due to the taxation of the Aynamayo River, for this purpose, 2 specific samples were taken, 50 m upstream (TL 01) and 200 m downstream (TL 02), after the mouth of the Aynamayo River, it should be noted that the Aynamayo River passes through the area of direct influence of the San Vicente mining unit of the Compañía Minera San Ignacio de Morococha S.A.A. (SIMSA), for which scientific research methods were used to develop important aspects of the work.

The type of research was applied. According to Pacheco Espejel & Cruz Estrada, (2006), the research, depending on the purposes, is applied intervention, at an explanatory level, because it seeks to demonstrate the influence that the Aynamayo River has, which comes from the area of influence of mining activity on the water quality of the Tulumayo River, with a comparative non-experimental research design, To test the hypothesis, the student's t statistical test was used, which was processed with the free software Jamovi, with a significance level of 0.05, reaching the following conclusion: That the taxation of the Aynamayo River does influence the quality of the water from the Tulumayo River, mainly in lead and Zinc, which are the main minerals that are exploited, and zirconium, but compared to ECAs water (D.S. 04-2017-MINAM), it does not exceed in any of the cases, therefore we can affirm that it does not affects the aquatic environment of the Tulumayo River.

Keywords: Total metals, water pollution, water quality.

INTRODUCCIÓN

La disponibilidad del agua, es motivo de preocupación de la humanidad, por la importancia vital de este recurso, para garantizar todo tipo de vida del planeta.

El calentamiento global es uno de los principales temas de agenda ambiental internacional, que viene afectando las principales reservas de agua dulce y el Perú no es ajeno esta problemática y ha traído como consecuencia la reducción de los nevados de la Cordillera de los Andes. Sin embargo, las fuentes de agua natural como ríos, lagunas y otras fuentes de agua dulce, se vienen contaminando a causa de la actividad antropogénica, en consecuencia, muchos de los ríos del Perú, tanto de la costa, sierra y selva, se encuentran contaminados, producto de la actividad minera.

La contaminación de las fuentes naturales de agua dulce, a causa de la actividad minera, es una problemática que presentan todas las fuentes de agua superficial, ubicadas dentro del ámbito de influencia de la actividad minera, deteriorando la calidad de sus aguas, la reducción y desaparición de especies hidrobiológicas.

La compañía Minera San Ignacio de Morococha S.A.A. (SIMSA), es propietaria de la Unidad Minera San Vicente, que se ubica en el distrito de Vitoc, provincia de Chanchamayo, región Junín, a una altitud promedio de 950 m.s.n.m. y 2 300 m.s.n.m, las actividades mineras de SIMSA consisten en la explotación de minerales de Zinc y Plomo.

El río Aynamayo pasa por la zona de influencia directa, de la actividad de la unidad minera San Vicente y este río tributa con sus aguas al río Tulumayo, que pasa por la población del distrito de Vitoc.

Basado en esta problemática, se realizó un análisis de la situación actual de la calidad del agua del río Tulumayo antes y después de la tributación del río Aynamayo, para ver la influencia en la calidad de sus aguas y que se cumplan con lo estipulado por las normativas ambientales vigentes.

Por tanto, el presente trabajo de investigación, busca contribuir en la gestión integral de recursos hídricos a través de la propuesta planteada y posesionar el tema

en la agenda pública nacional, para la atención prioritaria por parte de las Autoridades Nacional del Agua del país.

ÍNDICE

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
RESUMEN	
ABSTRACT	
INTRODUCCIÓN	
ÍNDICE	
INDICE DE TABLAS	
INDICE DE FIGURAS	

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1. Identificación y determinación del problema	1
1.2. Delimitación de la investigación.	3
1.2.1. Delimitación espacial.....	3
1.2.2. Delimitación temporal.....	3
1.3. Formulación del problema.....	3
1.3.1. Problema general.....	3
1.3.2. Problemas específicos	4
1.4. Formulación de Objetivos	4
1.4.1. Objetivo general	4
1.4.2. Objetivos específicos.....	4
1.5. Justificación de la investigación	4
1.5.1. Justificación Teórica.....	4
1.5.2. Justificación Práctica.....	4
1.5.3. Justificación Social	4
1.6. Limitaciones de la investigación.....	5

CAPÍTULO II
MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio	6
2.1.1. Internacional.....	6
2.1.2. Nacional.	7
2.1.3. Local	8
2.2. Bases teóricas - científicas	9
2.2.1. El Agua.....	9
2.2.2. Calidad del agua.	10
2.2.3. Parámetros de calidad del agua.	10
2.2.4. Calidad de Aguas Superficiales	13
2.2.5. Contaminación de Aguas Superficiales	14
2.2.6. Contaminación por actividad minera.....	15
2.2.7. Análisis ambiental del área de estudio.....	17
2.2.8. Pasivos ambientales del distrito de Vitoc.....	20
2.2.9. Actividad minera unidad San Vicente	20
2.2.10. Normativa.....	20
2.3. Definición de términos básicos.....	22
2.3.1. Área de influencia.....	22
2.3.2. Altitud.	22
2.3.3. Agua de contacto.	22
2.3.4. Bentos.....	22
2.3.5. Canal de Coronación.....	23
2.3.6. Dique.....	23
2.3.7. Erosión.	23
2.3.8. Habitad.....	23
2.3.9. Piezómetro.	23
2.3.10. Planicies.....	23

2.3.11. Presión atmosférica.....	23
2.3.12. Radiación solar.....	24
2.3.13. Zona de vida.....	24
2.4. Formulación de Hipótesis.....	24
2.4.1. Hipótesis general.....	24
2.4.2. Hipótesis Específicas	24
2.5. Identificación de Variables	24
2.6. Definición Operacional de variables e indicadores.....	25

CAPITULO III

METODOLOGIA Y TECNICAS DE LA INVESTIGACION

3.1. Tipo de Investigación	26
3.2. Nivel de Investigación	27
3.3. Métodos de investigación	27
3.4. Diseño de investigación.....	27
3.5. Población y muestra	28
3.5.1. Población	28
3.5.2. Muestra	28
3.6. Técnicas e instrumento recolección de datos.....	29
3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación.	30
3.7.1. Procedimiento de Selección	30
3.7.2. Procedimiento de validación.....	30
3.7.3. Procedimiento de confiabilidad de los instrumentos de investigación	30
3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos	31
3.9. Tratamiento Estadístico.	31
3.10. Orientación ética filosófica y epistémica.....	31

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo.....	32
--	----

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados.....	36
4.3. Prueba de Hipótesis.....	48
4.4. Discusión de resultados.....	50

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS:

INDICE DE TABLAS

TABLA 1. OPERACIONALIDAD DE VARIABLES	25
TABLA 2. RESULTADOS OBTENIDOS SEGÚN INFORME DE ENSAYO N° 174563-2023.....	34
TABLA 3. PARÁMETROS INFLUENCIADOS POR LA TRIBUTACIÓN DEL RÍO AYNAMAYO	36
TABLA 4. RESULTADOS DE PARÁMETROS DE CAMPO DEL RÍO AYNAMAYO ...	36
TABLA 5. PORCENTAJE DE VARIACIÓN DE METALES PESADOS Y FISICOQUÍMICO	49
TABLA 6. PRUEBA T PARA MUESTRAS INDEPENDIENTES.....	50
TABLA 7. ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS	50

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. AGUAS DEL RÍO AYNAMAYO.....	2
FIGURA 2. AGUAS DEL RÍO TULUMAYO	2
FIGURA 3. DELIMITACIÓN DE ÁREA DE ESTUDIO.....	3
FIGURA 4. ZONA DE INFLUENCIA DE LA UNIDAD MINERA SAN VICENTE.....	17
FIGURA 5. UBICACIÓN DE LA UNIDAD MINERA SAN VICENTE.....	18
FIGURA 6. ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA E INDIRECTA.....	19
FIGURA 7. MUESTREO DE AGUA DEL RÍO TULUMAYO.....	29
FIGURA 8. EQUIPOS DE MEDICIÓN DE PARÁMETROS DE CAMPO.....	30
FIGURA 9. MEDICIÓN DE PARÁMETROS DE CAMPO DE LAS AGUAS DEL RÍO TULUMAYO.....	33
FIGURA 10. TOMA DE MUESTRAS PARA DETERMINACIÓN DE METALES PESADO Y CROMO (VI).....	33
FIGURA 11. CONCENTRACIÓN DE SODIO.....	37
FIGURA 12. CONCENTRACIÓN DE MAGNESIO.....	37
FIGURA 13. CONCENTRACIÓN DE POTASIO.....	38
FIGURA 14. CONCENTRACIÓN DE CALCIO.....	38
FIGURA 15. CONCENTRACIÓN DE RUBIDIO.....	39
FIGURA 16. CONCENTRACIÓN DE ESTRONCIO.....	39
FIGURA 17. CONCENTRACIÓN DE ZIRCONIO.....	40
FIGURA 18. CONCENTRACIÓN DE MOLIBDENO.....	41
FIGURA 19. CONCENTRACIÓN DE URANIO.....	41
FIGURA 20. CONCENTRACIÓN DE NÍQUEL.....	42
FIGURA 21. CONCENTRACIÓN DE COBRE.....	43
FIGURA 22. CONCENTRACIÓN DE ZINC.....	43
FIGURA 23. CONCENTRACIÓN DE CESIO.....	44
FIGURA 24. CONCENTRACIÓN DE BARIO.....	45
FIGURA 25. CONCENTRACIÓN DE PLOMO.....	45

FIGURA 26. PARÁMETRO DE CAMPO: CONDUCTIVIDAD.....	46
FIGURA 27. PARÁMETRO DE CAMPO: STD	47
FIGURA 28. PARÁMETRO DE CAMPO: TURBIEDAD.....	47

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1. Identificación y determinación del problema

La calidad del agua, la salud pública - ambiental y el crecimiento económico se refuerzan entre ellos y son puntos fundamentales para lograr el bienestar social y el desarrollo sostenible (Villena Chávez, 2018). La pobreza y las enfermedades son condiciones recurrentes, destructores de la sociedad, que además resulta difícil de controlar. Generalmente se prioriza lo económico y las acciones de intervención no resultan sostenibles en el tiempo, regresando, en la mayoría de los casos, a las condiciones iniciales. Para lograr medidas sostenibles que permitan el desarrollo y mejora continua, es necesario tener en cuenta la salud y bienestar de las personas, como costo social.

En el caso de la minería en el Perú, que es una fuente importante de la economía y que tiene grandes potencialidades, por la naturaleza mineralógica privilegiada con que se cuenta, las medidas que se toman para su desarrollo e implementación, deben incorporar situaciones sanitarias de la población y la protección, de las fuentes de agua que pueden ser destinadas a las actividades agropecuarias, acuícolas, recreacionales y de abastecimiento para consumo humano.

El río Tulumayo pasa por la población urbana de Vitoc, el cual recibe agua del río Aynamayo, que está en la zona de influencia de las actividades de la unidad minera San Vicente.

El río Tulumayo (en la confluencia del río Comas y Uchubamba), tiene un caudal medio anual de $34,23 \text{ m}^3 / \text{s}$, caudal mínimo de $10,86 \text{ m}^3 / \text{s}$ en julio y caudal máximo de $88,11 \text{ m}^3 / \text{s}$ en el mes de febrero (EDEGEL, 2011)

El objetivo de la presente investigación es dar herramientas a las autoridades Sanitarias, a desarrollar una evaluación más exhaustiva de las políticas en el sector minero, para lograr beneficios sostenibles en lo económico y sanitario, respecto a las aguas naturales.

Figura 1. Aguas del río Aynamayo



Fuente: propia.

Figura 2. Aguas del río Tulumayo



Fuente: propia

1.2. Delimitación de la investigación.

La presente investigación presentó las siguientes delimitaciones:

1.2.1. Delimitación espacial.

La presente investigación se realizó en la zona de tributación del río Aynamayo al río Tulumayo, ubicado en el distrito de Vitoc, provincia de Chanchamayo, región Junín, para determinar la influencia en la calidad de agua, por la actividad de la unidad minera San Vicente, el muestreo se realizó 50 metros antes (TL 01) y 200 metros después (TL 02) de la desembocadura del río Aynamayo.

Figura 3. Delimitación de área de estudio.



Fuente: Google Earth

1.2.2. Delimitación temporal

La recolección de información se realizó el 7 de setiembre del 2023, a través de un muestreo puntual.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Cuál es la influencia de unidad minera San Vicente, en la calidad del agua del río Tulumayo, Vitoc - Chanchamayo?

1.3.2. Problemas específicos

- ¿Qué características físico químicas, presentan el agua del río Tulumayo, aguas arriba y abajo de la afluencia del río Aynamayo?
- ¿Cuál es la calidad de agua del rio Tulumayo, aguas arriba y abajo de la tributación del río Aynamayo?

1.4. Formulación de Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Determinar la influencia que tiene la unidad minera San Vicente en la calidad del agua del Río Tulumayo, Vitoc - Chanchamayo.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar las características físico químicas de las aguas del río Tulumayo, aguas arriba y abajo de la desembocadura del río Aynamayo.
- Evaluar la calidad del agua del rio Tulumayo, aguas arriba y abajo de la desembocadura del río Aynamayo.

1.5. Justificación de la investigación

1.5.1. Justificación Teórica

En el presente trabajo se determinó la influencia que tiene las operaciones mineras, de la unidad de San Vicente, en las aguas del río Tulumayo toda vez que el rio pasa por la población urbana del distrito de Vitoc.

1.5.2. Justificación Práctica

Con esta investigación, se evaluó la calidad del agua del río Tulumayo, aguas arriba y aguas abajo, para ver la influencia del río Aynamayo que pasa por el área de la actividad de la mina San Vicente.

1.5.3. Justificación Social

Con el proyecto se conoció la importancia de conservar los ambientes naturales acuáticos y de mantener un ambiente sano, conservando las

característica de calidad de las aguas superficiales y subterráneas, para conservar las especies acuáticas y de todos aquellos que interactúan con ella. Por tanto, se generó una base de conocimientos en la población sobre la calidad del agua del río Tulumayo que pasa por la ciudad, creando conciencia, que contribuye al cuidado del agua y para mejorar la calidad de vida y cuidado del ambiente.

1.6. Limitaciones de la investigación.

Las limitaciones en el presente trabajo son:

- Falta de investigaciones similares a fin de tener información histórica.
- Falta de equipos apropiados, el cual eleva el costo para el desarrollo del presente trabajo.
- Costo de los análisis físicoquímicos y bacteriológicos.
- Acceso restringido para realizar el muestreo de las aguas del río Tulumayo.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

2.1.1. Internacional

Según Gómez H. & Rojas C.(2014), es su tesis magistral titulada “Afectación ambiental de la calidad del agua de la quebrada Cascabel generada por la explotación minera artesanal del municipio de Marmato departamento de Caldas” en su investigación determinó el grado de afectación ambiental, en la calidad del agua de la quebrada cascabel, relacionando al impacto ocasionado por las descargas de las actividades de producción de las plantas de beneficio de oro y molinos artesanales; evaluando la relación causa - efecto de las áreas de influencia directa a las fuentes hídricas.

El autor demostró los efectos de los impactos generados por las actividades mineras, de acuerdo a la calidad ambiental de la quebrada cascabel, en donde consideró dos escenarios; 1) representado por la situación real del área de estudio, sin considerar medidas de manejo ambiental y 2) un escenario considerando las medidas de manejo ambiental mínimas. La valoración evidenció una baja reducción de los efectos que ocasionan la actividad minera de las plantas artesanales de beneficio de oro, evidenciando la contaminación

ocasionada a la quebrada y la necesidad de implementar nuevas alternativas de manejo, con tecnologías actuales.

2.1.2. Nacional.

Según Calla LI. (2010), en su tesis magistral titulada “Calidad del agua en la cuenca del Río Rímac - Sector de San Mateo, afectado por las actividades mineras”, abordó los efectos que presentó la calidad del agua del río Rímac, relacionando al desarrollo de la actividad minera del distrito de San Mateo de Huanchor, de la provincia de Huarochirí del departamento de Lima.

El estudio lo realizó, donde la actividad minera polimetálica se realizó desde los años 30, en donde no había las exigencias de la normativa ambiental legal y por tal motivo se identificaron 21 pasivos ambientales mineros entre relaveras, bocaminas, e infraestructuras ubicadas a orillas de las aguas del Rímac y de sus principales tributarios, los cuales son fuentes que descargan lixiviados a las aguas del río Rímac, debido a que no son manejados por la empresa privada ni por el Estado.

El investigador evaluó la calidad del agua, en periodo de tiempo de diez años, tomando como patrones de análisis a los iones metálicos; los cuales se compararon con las normativas legales ambientales, tanto, nacionales como internaciones. Del análisis se obtuvieron que el **Cadmio, Plomo, Manganeso, Arsénico y Fierro**, son los elementos que tenían que tener tratamiento correctivo, debido a que sus concentraciones en las aguas del Rímac fueron superiores a lo establecido en los estándares de calidad de agua.

En su investigación Hilario Q. & Mamani T. (2021), tuvo como objetivo evaluar la variación del índice de calidad de agua aplicando la metodología ICA-PE, del río Escalera, distrito de Huachocolpa, provincia de Huancavelica durante el período 2015-2018, el autor determinó los puntos de muestreo a lo largo del río Escalera, y como muestra tomó dos puntos (REsca1 y REsca2) dentro del río Escalera, los resultados, que obtuvieron durante el período 2015-2018 en los

puntos REsca1 y REsca2, son de cadmio (0.3 – 0.01 mg/l), cobre (0.41 – 0.20), hierro (34 – 5.1 mg/l), manganeso (5.8 – 8.86 mg/l), plomo (0.3 – 0.1 mg/l), zinc (36.68 – 26.94 mg/l), los cuales han superado los Estándares de calidad ambiental para agua (ECA), influyendo en el resultado de los ICA, que fueron para el año 2015 de 73.14 y para el año 2018 su calidad descendió a regular llegando al valor de 61.85, por lo que se concluyeron que, la variación del Índice de Calidad de Agua para el período 2015 – 2018, descendió de buena a regular.

En su investigación doctoral Malaver D. (2018), determinó la relación causa – efecto que existen entre la Contaminación del agua por efecto de las actividades mineras y los conflictos sociales en la ciudad de Cajamarca. La población de estudio estuvo conformada por habitantes de la ciudad de Cajamarca, donde la muestra se constituyó por 130 personas. El autor logró demostrar que la Contaminación del agua, influye de forma significativa en los conflictos sociales en la ciudad de Cajamarca.

2.1.3. Local

En su informe Gonzales Rossel, (2013), Realizó una evaluación ambiental de la calidad de agua de la zona de influencia de las actividades hidroeléctricas y mineras en los ríos Tulumayo, Tarma y Chanchamayo, en su estudio concluyeron que en los ríos Tarma, Chanchamayo, Puntayacu y Tulumayo, han superado los ECA para Agua en la Categoría 3, las concentraciones de aluminio y manganeso en los puntos RT-01, RT-02, RTUL-08, RTUL-01, RPUN-01, RCH-01 y RCH-2, indicando que estos resultados podrían estar afectados por el arrastre de material particulado por los ríos, en épocas de alto caudal. Al mismo tiempo se detectó trazas de cianuro WAD en los ríos Tarma y Tulumayo, no superando los ECA para Agua Categoría 3, en los puntos RT-1 y RT-2 (parte alta del río Tarma) y RTUL-5 (antes de la confluencia con el río Puntayacu). El autor indicó que en el río Puntayacu (RPUN-1, aguas debajo del vertimiento de la unidad minera San Vicente), las

concentraciones de bario y plomo han superado el valor del ECA para Agua Categoría 3, y la turbidez estuvo por sobre el límite de cuantificación del equipo (1000 NTU); en los ríos Chanchamayo y Perené no presentaron afectación de los elementos relacionados con la actividad minera y generadora de electricidad (metales, aceites y grasas y cianuro WAD).

En su trabajo de investigación Carhuaz Mauricio, (2019), realizaron un diagnóstico para evaluar la contaminación de las aguas del río San Juan, en la región Pasco, en el lugar donde se encuentra ubicada la empresa El Bocal. Los resultados obtenidos en las aguas de este río, muestran que están seriamente contaminadas con elementos metálicos como el Fe, el Pb, con coliformes totales y fecales, siendo nocivos para la fauna y flora.

2.2. Bases teóricas - científicas

2.2.1. El Agua.

El agua es compuesto esencial para los seres vivos, cuyos cuerpos están compuestos con un 70% de agua, los seres vivientes utilizan el agua como medio de dilución y transporte interno de los elementos y sus combinaciones necesarios para el desarrollo de los organismos, (Prieto, 2004).

El agua presenta propiedades especiales tanto físicas, químicas y biológicas, con el fin de elevar el bienestar de la población el gobierno programan y planifican una serie de medidas que ayudan a resolver los numerosos problemas de salud, por considerarse el agua, un medio de propagación de enfermedades, (Alvarez, 1991), el agua en su estado natural es incoloro, insípido e inodoro, es un buen conductor y disolvente, adquiere la forma del recipiente que lo contenga, el agua comienza a formar un color característico y olor debido a materia orgánica y productos químicos (Laura, 2009).

2.2.2. Calidad del agua.

La calidad del agua se define por un conjunto de características variables fisicoquímicas o microbiológicas, así como de sus niveles de aceptación o de rechazo. La calidad fisicoquímica del agua se basa en el contenido de sustancias químicas específicas que en muchos casos afectan a la salud (OMS , 2006), tras exposiciones cortas y prolongadas. Mientras que la contaminación microbiológica se basa en aquellos microorganismos que pueden afectar la salud del ser humano. Las fuentes de aguas que cumplen con los estándares preestablecidos para el conjunto de parámetro e, indicadores considerados, serán consideradas aptas para la finalidad a que son destinadas.

Los parámetros indicadores de contaminación o índices de calidad nos permiten medir los cambios percibidos en los cuerpos de agua que puedan estar afectados por ciertos tipos de contaminación o degradación física (Custodio & Díaz, 2001). Cualquier variación significativa en la concentración de algún parámetro indicador es motivo de sospecha de algún grado de contaminación.

2.2.3. Parámetros de calidad del agua.

Los contaminantes potenciales que pueden contener el agua superficial de la microcuenca y su uso están relacionados con los parámetros de calidad del agua. La temperatura, el pH, la conductividad eléctrica, el color, la turbiedad, los sólidos disueltos totales, el oxígeno disuelto, la demanda bioquímica de oxígeno, el sodio, el potasio, el calcio, el magnesio, el hierro, el cloruro, el sulfato, el fluoruro, el fosfato, el nitrito, el nitrato, el nitrógeno amoniacal, el bicarbonato, el boro y el sílice son los parámetros físicos químicos, los Coliformes fecales, *Escherichia coli* y *Salmonella* fueron algunos de los parámetros bacteriológicos analizados. (Eaton, Clesceri, Rice, & Greenberg, 2005).

2.2.3.1. Parámetros de calidad física del agua.

Los parámetros físicos que determinan cualitativamente el tipo y estado del agua son:

- a. **Temperatura (T).** Es una medida del grado de calor de un cuerpo, se expresa en unidades de grado centígrado ($^{\circ}\text{C}$), grados Fahrenheit ($^{\circ}\text{F}$) o grados Kelvin ($^{\circ}\text{K}$) y se mide con un termómetro de mercurio o digital (Villena Chávez, 2018).
- b. **Potencial de hidrógeno (pH).** Es una medida de la concentración de iones hidrógenos en medio acuoso. Las aguas que presentan pH mayores a siete son alcalinas, y si es menor son acidas. El agua de los cuerpos naturales que no están afectadas por la contaminación tiene un pH entre 6,5 y 8,5 (Hem, 1985).
- c. **Color verdadero.** Se presentan dos tipos de color: el verdadero y aparente. El color verdadero se debe a las sustancias disueltas una vez eliminada la turbiedad. El color aparente es el resultado de las sustancias disueltas como por ejemplo las materias en suspensión. Se miden en unidades de platino cobalto (U-Pt-Co), basadas en 1 mg/L de Pt.
- d. **Turbiedad.** Es una medida de la cantidad de partículas en suspensión que interfiere el paso de un haz de luz a través del agua. Se expresa en unidades de nefelométricas de turbiedad (UNT) y el instrumento que mide se llama turbidímetro (OMS, 1998).
- e. **Conductividad eléctrica (CE).** Es una medida de la actividad eléctrica de los iones en una disolución. Se expresa en unidades de microsiemen por centímetro ($\mu\text{S}/\text{cm}$) y el instrumento de medida es el conductímetro (APHA, AWWA, & WPCF, 1995).

- f. **Sólidos disueltos totales (SDT).** Es una medida de cantidad de sólidos una vez eliminada la fase acuosa a una temperatura mayor a 100 °C. Se determinan por medio de la gravimetría (OMS , 2006).

2.2.3.2. Parámetros de calidad química del agua.

Los parámetros químicos del agua son:

- a. **Oxígeno disuelto (OD).** El oxígeno es un elemento oxidante abundante en la atmósfera y tiene un papel importante en las reacciones acuosas de oxidación-reducción y en la respiración microbiana. La solubilidad del oxígeno en el agua se relaciona con la presión atmosférica y la temperatura. Así, en el verano cuando las temperaturas son altas, su solubilidad baja en comparación con el invierno (APHA, AWWA, & WPCF, 1995). Este parámetro es un indicador que tiene un cuerpo de agua para mantener la vida acuática.(Villena Chávez, 2018)
- b. **Demanda bioquímica de oxígeno de cinco días (DBO₅).** Es el oxígeno requerido por los microorganismos durante cinco días a 20 °C. Es utilizado como indicador de contaminación de aguas domésticas y cuerpos naturales como ríos, lagunas, mares, etc. (APHA, AWWA, & WPCF, 1995).

2.2.3.3. Parámetros de calidad bacteriológica del agua.

La mayoría de las enfermedades transmitidas a través del agua tienen su origen en la ingestión de agua contaminada por microorganismos de origen fecal (Henry & Heinke, 1999) y por lo tanto producen cuadros diarreicos en las personas. Los coniformes fecales y la bacteria *Escherichia coli* de heces humanos y animales son los principales indicadores de calidad bacteriológica del agua.

- a. **Coliformes fecales (CF).** Un subgrupo de bacterias entéricas llamados coliformes fecales fermentan la lactosa a altas temperaturas de incubación (44,5 °C), por lo que también se conocen como coliformes termotolerantes. Estas bacterias incluyen principalmente *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Citrobacter freundii* y *Enterobacter sp.* (Castaño M. & Bernal Osorio, 2015).
- b. **Coliformes totales.** Es el grupo de coliformes, que engloba a todas las bacterias gram negativas en forma de bacilos, que fermentan la lactosa a temperaturas de 35 a 37°C y producen ácido y dióxido de carbono (CO₂) en 24 o 48 horas de incubación. Los coliformes pueden ser aerobios, anaerobios o facultativos, presentan oxidasa negativa, no producen esporas y tienen actividad enzimática de B-galactosidasa. Representa el 10% de los microorganismos intestinales.
- Entre ellos se encuentran los diferentes *Escherichia coli*, *Citrobacter*, *Enterobacter* y *Klebsiella*. (25, 32-34)

2.2.4. Calidad de Aguas Superficiales

Las variaciones en agua superficial tales como sabor, color, olor, entre otros parámetros, son a causa de las variaciones de las características innatas del agua, que son debido a la concentración elevada de ciertos parámetros, la eutrofización de embalses o la alteración de las aguas subterráneas (Pérez Manrique, 2017)

Según Pérez Manrique, (2017), las actividades humanas, son los causantes de la calidad del agua siendo los más importantes:

- Actividad minera.
- Actividad industrial.
- Actividad pecuaria.
- Actividad poblacional: desagües.

2.2.5. Contaminación de Aguas Superficiales

La contaminación del agua es la alteración negativa de las características del agua por lo general por actividad antrópica, convirtiéndola nociva para el consumo humano, la industria, la agricultura, la pesca, las actividades recreativas, como también para vida de animales domésticos y la vida natural (Ramírez Pérez, 2014)

Las fuentes de contaminación, que contienen elementos y sustancias con propiedades físicas, químicas y bacteriológicas que alteran las propiedades del cuerpo receptor son:

- Vertimiento de aguas residuales municipales a los ríos, lagos o mar.
- Vertimiento de desmontes y residuos sólidos urbanos a las orillas del mar, ríos y lagos.
- Actividades informales, a orillas de los ríos: curtiembre, lavado de vehículos, extracción de materiales, entre otras.
- Los efluentes líquidos que provienen de las actividades de los sectores productivos (labores de excavación, planta de tratamiento de aguas residuales, derrames de aceites, productos químicos como fertilizantes agrícolas y plaguicidas, etc.) (Ramírez Pérez, 2014)

Los tipos de contaminación de las aguas naturales son:

- **Contaminación puntual:** son aquella que vierten sus aguas en cuerpo natural, se considera un punto que va a poder ser tratada o controlada. Está comúnmente relacionadas a las industrias y las aguas negras municipales (Meza Veliz, 2016)
- **Contaminación difusa:** es aquella contaminación producida en un área abierta, están vinculadas a las actividades de uso de tierra tales como, la agricultura, urbanizaciones, pastoreo y prácticas forestales (Meza Veliz, 2016)

Las fuentes naturales de agua, por su capacidad depurativa pueden recuperarse de los agentes contaminantes por una combinación de dilución y descomposición bacteriana. Este proceso natural de recuperación está relacionada a los cursos de agua que no están saturados con estos contaminantes y no se reduzca el caudal en las sequías, presas, desviación a la agricultura o a la industria. Hay que tener en cuenta, que estos procesos naturales de dilución y biodegradación no van a eliminar a los contaminantes no degradables o de lenta degradación. La descomposición de materia biodegradable consume oxígeno disuelto, lo cual disminuye o desaparece a poblaciones de organismos con alta exigencia de oxígeno. (Meza Veliz, 2016)

2.2.6. Contaminación por actividad minera

Metales Pesados

Existen diferentes formas de definir el término “metal pesado”, una de ellas es referida al peso atómico y definiría un metal pesado como un elemento químico comprendido entre 63.55 (Cu) y 200.59 (Hg); otra forma se refiere a los metales de densidad entre 4 g/cm³ hasta 7 g/cm³ y también se puede clasificar de acuerdo al número atómico.

No todos los metales de densidad alta son tóxicos a concentraciones normales (algunos de ellos son necesarios). No obstante, hay una serie de metales pesados que presentan serios problemas medioambientales los cuales son mercurio (Hg), el plomo (Pb), el cadmio (Cd) y el talio (Tl), así como el cobre (Cu), zinc (Zn) y cromo (Cr). Algunas veces se incluye al hablar de contaminación por metales pesados a otros elementos tóxicos ligeros como el berilio (Be) o el aluminio (Al), o algún semimetal como el arsénico (As). (Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico, 2022)

Drenaje ácido de mina

El drenaje ácido de las minas es una de las fuentes contaminantes más importantes del agua, en áreas con actividad minera histórica o actual. La oxidación de minerales sulfurados como la pirita y la marcasita es la principal causa del drenaje ácido de las minas. La pirita es la ganga que se encuentra en mayor cantidad con respecto a los minerales valiosos en las minas polimetálicas cuyo objetivo es obtener concentrados de Cu, Zn y Pb. Las actividades mineras aceleran estos procesos porque aumentan la exposición de sulfuros al aire, agua y microorganismos. (Trujillo Lupo, 2018)

El drenaje ácido de mina genera problemas de salud en el hombre y los animales que lo ingesta, la oxidación de los minerales sulfurados genera ácido sulfúrico, debido a ello liberan metales y metaloides, como resultado el drenaje ácido de mina contiene altas concentraciones de ácido y metales disueltos, al fluir contamina el agua subterránea, los riachuelos y ríos, desencadenando impactos ambientales, destruyendo ecosistemas y contaminando el agua (Trujillo Lupo, 2018)

Pasivos mineros

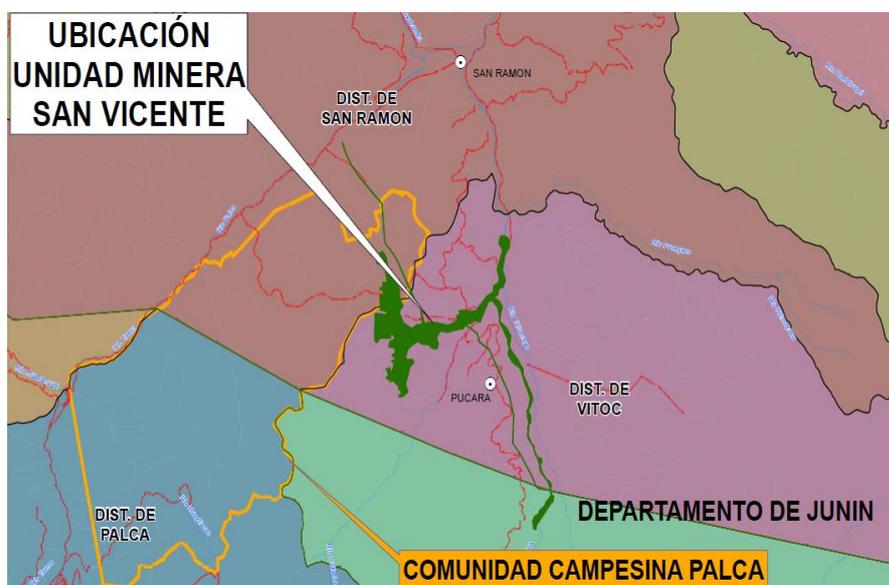
Los pasivos mineros (PAM) son instalaciones, emisiones, efluentes, restos o depósitos de desechos producidos por operaciones mineras. Según la norma peruana, los pasivos ambientales se clasifican según los siguientes tipos de componentes: a) labores mineras (bocaminas, chimeneas), b) residuos mineros (relaves, desmontes), c) infraestructura (campamentos, oficinas, talleres), y d) Los desechos químicos productos de las actividades mineras, que han sido abandonadas o inactivas, lo que representa un peligro potencial y permanente para la salud humana y el ecosistema en general. (Trujillo Lupo, 2018)

2.2.7. Análisis ambiental del área de estudio.

2.2.7.1. Ubicación de la unidad minera San Vicente.

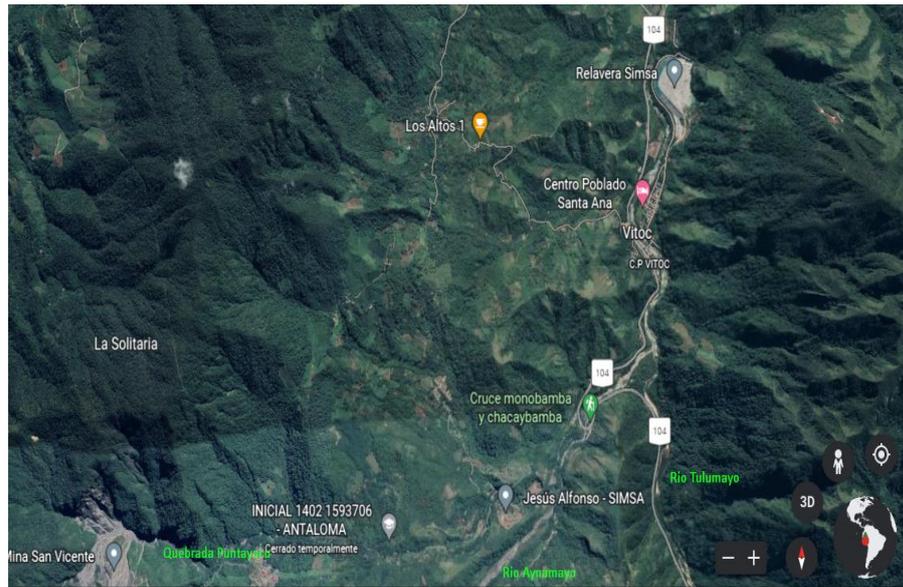
La Unidad Minera San Vicente se encuentra ubicada en la quebrada Puntayacu distrito de Vitoc, provincia de Chanchamayo, Departamento de Junín, con elevaciones a una altitud promedio de 1 400 a 2 300 msnm a 17 km al sur de la ciudad de San Ramón, se ubica geográficamente en la cuenca del Perené donde se ubica el río Tulumayo, a una altura promedio de 920 m, tal como se muestra en la Figura 4 Ubicación de la Unidad Minera San Vicente. Cabe resaltar, que la Unidad Minera San Vicente no se encuentra en áreas naturales protegidas o zonas de amortiguamiento. (JMF, ingeniería y construcciones, 2018)

Figura 4. Zona de influencia de la unidad minera san Vicente.



Fuente: Propia

Figura 5. Ubicación de la unidad minera san Vicente.



Fuente: Google Earth

2.2.7.2. Recursos Hídricos Superficiales y Biología Acuática

Influencia ambiental directa:

Son los cursos de agua que podrían ser influenciados en su cantidad y/o calidad por las actividades y pasivos mineros, recrecimiento del depósito de relaves la Esperanza. Las fuentes de agua de las quebradas Puntayacu y Aynamayo abastecen en parte a los procesos industriales de la Unidad Minera San Vicente, hidro energéticos y mineros que finalizan en el depósito de relaves La Esperanza. El tramo del río Tulumayo entre la confluencia con el rio Monobamba hasta la confluencia con la quebrada Yanayacu son consideradas para la evaluación de crecidas en temporada de lluvia. Cabe señalar que, para la delimitación del área de influencia directa se consideró además la ubicación de la descarga de dos efluentes autorizados, tomando en cuenta la extensión de la zona de mezcla en el rio Tulumayo. (JMF, ingeniería y construcciones, 2018)

Se considera tanto los cuerpos de agua superficiales, así como la biota acuática que albergan los cuerpos de agua. El tramo de las

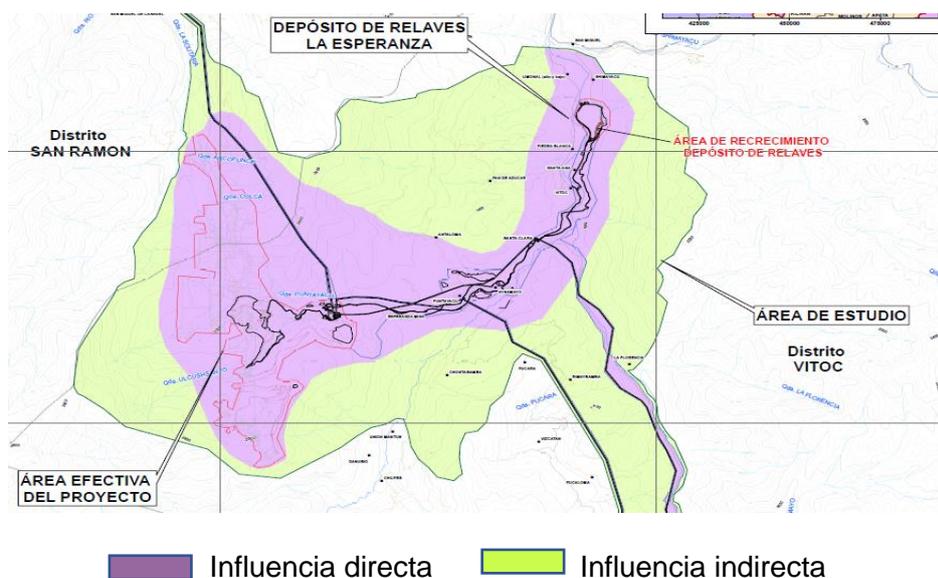
corrientes de agua entre estructuras de captación o efluente hasta su confluencia con la corriente de agua de siguiente orden es considerado para la determinación de caudales ecológicos de referencia y de ámbito. (JMF, ingeniería y construcciones, 2018)

Influencia ambiental Indirecta:

Comprende las microcuencas dentro del área de actividad minera que no repercuten ni ponen en riesgo el funcionamiento de los componentes mineros de la Unidad Minera San Vicente. En estas pequeñas microcuencas discurre corrientes superficiales solo por activación esporádica de lluvias y no forman parte en la red hídrica de las quebradas evaluadas en el área de influencia directa. Las microcuencas en mención son: Pucara, Bagre, Utcuyacu, Santa Ana, San Pedro, Alto Limonal, entre otras. (JMF, ingeniería y construcciones, 2018)

En la Figura 6, se muestra el Área de Influencia Directa e Indirecta Ambiental, para Recursos Hídricos Superficiales y Biología Acuática.

Figura 6. Área de influencia directa e indirecta.



Fuente: elaboración propia.

2.2.8. Pasivos ambientales del distrito de Vitoc

En el área de estudio del proyecto a causa de la actividad de la compañía minera San Ignacio de Morococha S.A.A, unidad San Vicente ubicado en el distrito de Vitoc, no se registran pasivos ambientales.

2.2.9. Actividad minera unidad San Vicente

SIMSA es una empresa minera de cotización pública de Perú, que realiza prospección, exploración, extracción y concentración de zinc y plomo. Fue fundada en 1942 en Lima.

La Unidad Minera San Vicente se ubica en el distrito de Vitoc, provincia de Chanchamayo, departamento de Junín, a una altitud promedio de 950 m.s.n.m. a 2 300 m.s.n.m., a 17 km al sur de la ciudad de San Ramón. Hidrográficamente se encuentra ubicada en la cuenca del Perene donde se ubica el río Tulumayo.

2.2.10. Normativa

Describimos las principales normativas y regulaciones ambientales que constituyen el marco legal ambiental y del agua; Para ello, se realizó la recopilación y análisis de la legislación aplicable, así como la normatividad específica relacionada.

2.2.10.1. Ley N° 28611 - Ley General del Ambiente y sus respectivas modificatorias mediante D.L. N° 1055

Es la encargada de establecer los estándares legales para la gestión ambiental en el Perú. Establece los principios y normas fundamentales para garantizar el eficaz ejercicio del derecho un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, así como el cumplimiento del deber de contribuir a una gestión ambiental efectiva y proteger el ambiente y todos sus componentes con el objetivo de mejorar la calidad de vida de la población y lograr el desarrollo sostenible del país. Además, se requiere el marco legal para el acceso a la información ambiental y la participación ciudadana, así

como los estándares para las políticas de diversidad biológica. Igualmente, proteger los conocimientos tradicionales, fomentar la biotecnología y asegurar la calidad ambiental en todas sus facetas. (agua, ruidos y vibraciones, radiaciones, emisiones, aire, residuos sólidos, etc.).

2.2.10.2. Ley N° 29338. Ley de Recursos Hídricos

La ley establece las normas para el uso y manejo de los recursos hídricos (agua superficial, subterránea, continental y los bienes relacionados, marítimos y atmosféricos). Esta ley reconoce el agua como un recurso renovable que tiene beneficios socioculturales, económicos y ambientales.

2.2.10.3. D.S. N° 001-2010-AG y modificatorias. Reglamento de Ley de recursos Hídricos.

El objetivo del reglamento es controlar el uso y manejo de los recursos hídricos, que incluyen el agua continental superficial y subterránea, así como los bienes relacionados, y la participación del estado y las personas en su gestión, todo ello de acuerdo con las disposiciones de la Ley de Recursos Hídricos.

El Reglamento se aplica a todas las entidades del sector público nacional, regional y local que tienen competencias, atribuciones y funciones para administrar y gestionar los recursos hídricos continentales superficiales y subterráneos, así como a toda persona natural o jurídica de derecho privado que interviene en la gestión de estos recursos.

Entre otras leyes de interés en el sector tenemos

- D.S. N° 007-2010-AG, Declaran de interés nacional la protección de la calidad del agua en las fuentes naturales y sus bienes asociados.

- R.J. N° 010-2016-ANA – Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de Recursos Hídricos Superficiales.
- R.J. N° 090-2016-ANA - Términos de Referencia Comunes del Contenido Hídrico para la elaboración de los Estudios Ambientales.
- D.S N° 010-2010-MINAM, Límites Máximos Permisibles para la descarga de Efluentes Líquidos de actividades minero-metalúrgicos.
- D.S. N° 003-2010-MINAM – Aprueban los niveles máximos permisibles para los efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales.
- D.S. N° 004-2017-MINAM Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua.

2.3. Definición de términos básicos.

2.3.1. Área de influencia.

El área geográfica en la que las actividades mineras tienen un impacto social y ambiental.(Administración Local del agua Perene, 2011)

2.3.2. Altitud.

Es la distancia vertical de un punto de la Tierra con respecto al nivel del mar, llamada elevación sobre el nivel medio del mar.(García Benadí & Del Río Fernández, 2013)

2.3.3. Agua de contacto.

Se refiere a las aguas que forman parte del proceso y que están en contacto con los componentes minero.(Carhuas Mauricio, 2019)

2.3.4. Bentos.

Comprende los organismos que viven en el fondo o fijos a él y por tanto dependen de éste para su existencia. La mayoría de los organismos que forman los bentos son invertebrados.(Gómez H. & Rojas C., 2014)

2.3.5. Canal de Coronación.

Son canales que se construyen para proteger terrenos o áreas de lluvias intensas, asimismo pueden servir para proteger y derivar el agua de no contacto.

2.3.6. Dique.

Es una infraestructura que sirve de barrera para contener sólidos o material fino.(Trujillo Lupo, 2018)

2.3.7. Erosión.

Es el proceso de eliminación o desgaste del relieve del suelo intacto (roca madre) por procesos geológicos exógenos como las corrientes superficiales de agua o hielo glaciar, el viento o la acción de los seres vivos. La erosión se refiere al transporte de granos y no a la disgregación de las rocas.(Trujillo Lupo, 2018)

2.3.8. Habitad.

Es el ambiente que reúne las condiciones adecuadas para que una especie pueda vivir y reproducirse para asegurar su supervivencia.(Ramírez Pérez, 2014)

2.3.9. Piezómetro.

Instrumento que sirve para medir la presión de poros o el nivel del agua en perforaciones, terraplenes, cañerías y estanques a presión.(Ramírez Pérez, 2014)

2.3.10. Planicies.

Zonas naturales con relieves planos o de baja altitud y una variedad específica de vegetación para cada ecosistema.

2.3.11. Presión atmosférica.

Aquella presión que ejerce el aire en cualquier punto de la atmósfera.(García Benadí & Del Río Fernández, 2013)

2.3.12. Radiación solar.

Es el conjunto de las radiaciones electromagnéticas que emite el Sol y que determinan la temperatura en la Tierra (García Benadí & Del Río Fernández, 2013)

2.3.13. Zona de vida.

Es una región biogeográfica que está delimitada por parámetros climáticos como la temperatura y precipitaciones, por lo que se presume que dos zonas de clima similar, desarrollarían formas de vida similares.(Villena Chávez, 2018)

2.4. Formulación de Hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

La actividad de la unidad minera San Vicente, influye en la calidad del agua del Río Tulumayo Vitoc – Chanchamayo.

2.4.2. Hipótesis Específicas

- Las características físico químicas que tiene el agua del río Tulumayo, aguas arriba y abajo de la desembocadura del río Aynamayo, superan los ECAs DS 04-2017-MINAM.
- La calidad de agua del río Tulumayo, aguas abajo varía en referencia a aguas arriba de la desembocadura del río Aynamayo.

2.5. Identificación de Variables

Variable dependiente

- Calidad de agua.

Variable Independiente:

- Parámetros físicos.
- Parámetros químicos.

Variables intervinientes:

- Temperatura ambiental.

2.6. Definición Operacional de variables e indicadores

Tabla 1. Operacionalidad de variables

Variable	Definición	Indicador	Método
V. Independiente Calidad del agua	Condiciones en que se encuentra el agua en sus características fisicoquímicas en su estado natural. (OMS , 2006)	Cumplimiento del ECA Agua DS 04-2017-MINAM	Observación
V. dependiente Parámetros físicos	Propiedades físicas de la calidad de agua.(Villena Chávez, 2018)	Turbiedad. Conductividad. Temperatura.	Instrumental
V. dependiente Parámetros químicos	Propiedades Química de la calidad de agua.(Villena Chávez, 2018 (OMS , 2006))	pH OD Metales pesados	instrumental

Fuente: Elaboración propia

CAPITULO III

METODOLOGIA Y TECNICAS DE LA INVESTIGACION

3.1. Tipo de Investigación

Según Pacheco Espejel & Cruz Estrada,(2006), la investigación, en función de los propósitos es aplicada de intervención, porque se investigó la influencia que presenta las aguas del río Aynamayo sobre el río Tulumayo, y según Sierra Bravo, (2008), la investigación serán a) Según su finalidad fue no experimental, porque no se manipulo sus variables b) Según su alcance temporal fue sincrónico debido a que su estudio se realizará en un periodo puntual, c) Por su profundidad fue explicativa, porque indica las relaciones de influencia de las actividades mineras del lugar. d) Según su amplitud fue micro, debido a que la investigación hace referencia al estudio de las variables en muestras pequeños, e) Según sus fuentes, es primaria, debido a que la investigación utilizo datos obtenidos en campo (medición metrológica), f) Según su carácter es cuantitativo g) Según su naturaleza es no experimental porque se trabajó con hechos no manipulados, es decir se observará en la fuente natural h) Por su marco será de campo porque se trabajará a condiciones naturales no controladas.

3.2. Nivel de Investigación

Según Sánchez Carlessi & Reyes Meza, (2015), clasifica en tres niveles de investigación que son de estudios: formulativos o exploratorios, descriptivos y explicativo o de comprobación de hipótesis causal descriptivo, el presente estudio es de nivel descriptivo, por que busca recoger información sobre el contenido fisicoquímico y busca demostrar la influencia que tiene el río Aynamayo, que viene de la zona de influencia de la actividad minera, sobre la calidad del agua del río Tulumayo.

3.3. Métodos de investigación

El método general de la investigación según Sánchez Carlessi & Reyes Meza, (2015), fue el método científico, porque el camino a seguir es mediante una serie de operaciones y reglas que nos permiten alcanzar el resultado u objetivo.

El método de investigación a utilizar fue el descriptivo comparativo, por qué el trabajo consistió en comparar la calidad de agua del río Tulumayo agua arriba y aguas debajo de la desembocadura del río Aynamayo, para determinar la influencia en la calidad de dichas aguas por actividad minera.

3.4. Diseño de investigación.

El diseño de la presente investigación es no experimental comparativo, debido a que se quiere demostrar la influencia que tiene el río Aynamayo impactada por la actividad minera del a zona, sobre la calidad del agua en los cuerpos naturales.

Para este caso se consideró un diseño no experimental causal comparativo que se muestra a continuación.

M1 ----- O1X

M2 ----- O2X

M1: Muestra de agua del río Tulumayo 50 m aguas arriba desembocadura del río Aynamayo (TL 01).

M2: Muestra de agua del río Tulumayo 200 m aguas abajo desembocadura del río Aynamayo (TL 02).

O1X: Resultados de parámetros fisicoquímicos del río Tulumayo 50 m aguas arriba desembocadura del río Aynamayo.

O2X: Resultados de parámetros fisicoquímicos del río Tulumayo, 200 m aguas abajo desembocadura del río Aynamayo.

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

Las aguas naturales del río Tulumayo, que recibe la tributación de todos los cuerpos de agua que pasan por la zona de influencia de la actividad minera de la unidad San Vicente, ubicada en el distrito de Vitoc Provincia de Chanchamayo.

3.5.2. Muestra

Las aguas del río Tulumayo, por ser el que recibe aguas del río Aynamayo que viene de la zona de influencia de la actividad de la unidad minera San Vicente y además pasa por la zona urbana de Vitoc.

Para el cuál se tomó 2 puntos (figura N° 3)

Punto TL 01: 50 m aguas arriba de la desembocadura del río Aynamayo.

Punto TL 02: 200 m aguas abajo de la desembocadura del río Aynamayo.

Figura 7. Muestreo de agua del río Tulumayo



Fuente: elaboración propia.

3.6. Técnicas e instrumento recolección de datos.

Para la determinación de la calidad del agua del río Tulumayo, se utilizará la técnica analítica instrumental, de este modo se conocerá cuantitativamente la composición química de las aguas.

Para medir los metales totales se usará el análisis por ICP - MS, y cromo VI por el método colorimétrico en laboratorio “**servicios analíticos generales SAC**”, acreditado por INACAL, para medir pH un medidor de pH/CE/TDS/Temperatura de marca HANNA modelo HI 991300 y para turbidez un turbidímetro marca OAKTON, modelo T100.

Figura 8. Equipos de medición de parámetros de campo.



Fuente: elaboración propia.

3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación.

3.7.1. Procedimiento de Selección

La selección de los equipos de parámetros de campo Turbidímetro para medir la turbiedad, multiparámetro para medir la turbiedad, conductividad y sólidos disueltos totales, y ICP-MS para medir metales totales.

3.7.2. Procedimiento de validación

El laboratorio de ensayo “Servicios generales analíticos S.A.C.” está acreditado por el organismo de acreditación INACAL-DA con registro N° LE – 047, con los ensayos de cromo VI y metales totales con la sede en la ciudad de Lima.

3.7.3. Procedimiento de confiabilidad de los instrumentos de investigación

Los equipos utilizados cuentan con certificación vigente de calibración, el cual da la a los instrumentos la confiabilidad de los resultados obtenidos, al mismo tiempo en el muestreo, preservación y transporte se utilizó el procedimiento recomendado por profesional del laboratorio.

3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Para el procesamiento de datos se utilizó la estadística descriptiva, gráficos de barras para comparar los parámetros antes y después de la desembocadura del río Aynamayo al Río Tulumayo, y comparado con los valores de los ECAs. La estadística inferencial con la finalidad de hacer un adecuado análisis e inferencia estadística de prueba de t de Student para comparar la calidad de agua antes y después de la desembocadura del río Aynamayo al río Tulumayo, y así determinar la influencia en la calidad del agua.

3.9. Tratamiento Estadístico.

Los resultados obtenidos en la medición de campo y en el laboratorio “**servicios analíticos generales SAC**”, del río Tulumayo, de aguas arriba y abajo de la desembocadura del río Aynamayo, se trataron utilizando Excel y para la estadística inferencial el software libre JAMOVİ, determinándose la influencia en la calidad de agua del río Tulumayo a causa de la desembocadura del río Aynamayo que tienen un impacto directo a causa de la actividad minera.

3.10. Orientación ética filosófica y epistémica

El presente trabajo es de mi autoría, la obtención de datos de campo y el muestreo se realizaron de acuerdo a los protocolos establecidos, y los conceptos utilizados se han referenciados según al autor.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

El muestreo se realizó el 7 de setiembre, para enviar al laboratorio “**servicios analíticos generales SAC**”, para el análisis de metales totales por el método ICP-MS, para el análisis de Cr (VI), por el método colorimétrico, al mismo tiempo se midió parámetros de campo como el pH, Turbiedad, conductividad, STD y oxígeno disuelto.

Para la ubicación de los puntos de muestreo, se realizó de acuerdo a la R. J. N° 010-2016-ANA, protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales, en los cuerpos de agua lótico como el río Tulumayo, se ubican fuera de la zona de mezcla: un punto aguas arriba a una distancia de 50 metros (TL 01), del de la desembocadura del río Aynamayo y un punto de aguas abajo a una distancia de 200 metros (TL 02), de la desembocadura del río Aynamayo (gráfico N° 3)

Figura 9. Medición de parámetros de campo de las aguas del río Tulumayo.



Fuente: elaboración propia

Figura 10. Toma de muestras para determinación de metales pesado y cromo (VI)



Fuente: elaboración propia

Para la ubicación de los puntos de muestreo, se realizó de acuerdo a la R. J. N° 010-2016-ANA, protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales, en los cuerpos de agua lótico como el río Tulumayo, se ubican fuera de la zona de mezcla: un punto aguas arriba a una distancia de 50 metros (TL 01), del de la desembocadura del río Aynamayo y un punto de aguas abajo a una distancia de 200 metros (TL 02), de la desembocadura del río Aynamayo (gráfico N° 3)

Los resultados obtenidos en laboratorio de los puntos de muestreo TL 01 (18L X: 0463554 Y:8759871) con una altitud de 972 msnm y TL 02 (18L X: 0463446 Y:8760206), con una altitud de 930 msnm es como sigue:

Tabla 2. Resultados obtenidos según informe de ensayo N° 174563-2023

Ensayo	L.D.M.	Unidades	Resultado		ECA- categoría 4	Informe 466-2013- OEFA
			TL-01	TL-02		
Metales totales						
Cromo (VI)		mg/L	<0.007	<0.007	0.011	
Litio	0.00006	mg/L	0.02643	0.02638		0.013
Berilio	0.00001	mg/L	0.00009	0.00003		<0.0006
Boro	0.0002	mg/L	0.0731	0.071		0.021
Sodio	0.003	mg/L	8.294	8.932		
Magnesio	0.004	mg/L	3.602	5.189		
Aluminio	0.004	mg/L	0.139	0.121		5.1243
Silicio	0.004	mg/L	4.926	4.913		
Sílice	0.008	mg/L	10.549	10.514		
Silicato	0.01	mg/L	13.35	13.31		
Fosforo	0.002	mg/L	0.013	0.013		
Potasio	0.007	mg/L	1.28	1.314		
Calcio	0.004	mg/L	16.545	22		
Titanio	0.00005	mg/L	0.00379	0.00357		
Vanadio	0.00004	mg/L	0.00038	0.00039		
Cromo	0.0002	mg/L	<0.0002	<0.0002		0.0073
Manganeso	0.00001	mg/L	0.012569	0.0105		0.1154
Hierro	0.00005	mg/L	0.17033	0.14933		
Cobalto	0.000006	mg/L	0.000078	0.000064		
Níquel	0.00002	mg/L	0.00017	0.00021	0.052	0.0048
Cobre	0.0001	mg/L	0.0006	0.0012	0.1	0.0064

Zinc	0.00005	mg/L	0.00231	0.01556	0.12	0.0478
Galio	0.00002	mg/L	0.0001	0.00009		
Germanio	0.00002	mg/L	0.00007	0.00007		
Arsénico	0.00001	mg/L	0.00268	0.00261	0.15	0.0031
Selenio	0.0002	mg/L	<0.0002	<0.0002	0.005	<0.0002
Rubidio	0.00002	mg/L	0.00401	0.00415		
Estroncio	0.00001	mg/L	0.14271	0.19483		
Zirconio	0.00002	mg/L	0.00005	0.00077		
Niobio	0.00001	mg/L	0.00005	0.00004		
Molibdeno	0.00005	mg/L	0.0012	0.00132		
Plata	0.00002	mg/L	<0.00002	<0.00002		<0.0002
Cadmio	0.00002	mg/L	<0.00002	<0.00002	0.00025	<0.0002
Antimonio	0.0001	mg/L	<0.0001	<0.0001	0.64	
Cesio	0.00002	mg/L	0.00092	0.00097		0.0022
Bario	0.00002	mg/L	0.01527	0.01767	1	0.0608
Lantano	0.000002	mg/L	0.000802	0.00063		
Cerio	0.000004	mg/L	0.000997	0.000808		
Mercurio	0.00002	mg/L	<0.00002	<0.00002		<0.0001
Talio	0.00002	mg/L	<0.00002	<0.00002	0.0008	
Plomo	0.0001	mg/L	0.0003	0.0015	0.0025	0.0028
Torio	0.000005	mg/L	0.000153	0.00013		
Uranio	0.000002	mg/L	0.001037	0.001102		
Parámetros de campo						
OD		mg/L	9.3	9.5	>5	8.67
pH			8.47	8.5	6 a 9	7.88
Temperatura		°C	20.2	21.4		18
Conductividad		uS	184	236	1000	170.9
STD		ppm	90	117	< 400	
Turbiedad		NTU	0.89	1.61		237

Fuente: elaboración propia

De todos los parámetros analizados, seleccionamos los que fueron influenciados por la tributación del río Aynamayo sobre el río Tulumayo y fueron lo siguiente:

Tabla 3. Parámetros influenciados por la tributación del río Aynamayo

Ensayo	L.D.M.	Unidades	Resultado		ECA- categoría 4	Informe 466- 2013- OEFA
			TL-01	TL-02		
Metales totales						
Sodio	0.003	mg/L	8.294	8.932		
Magnesio	0.004	mg/L	3.602	5.189		
Potasio	0.007	mg/L	1.28	1.314		
Calcio	0.004	mg/L	16.545	22		
Níquel	0.00002	mg/L	0.00017	0.00021	0.052	0.0048
Cobre	0.0001	mg/L	0.0006	0.0012	0.1	0.0064
Zinc	0.00005	mg/L	0.00231	0.01556	0.12	0.0478
Rubidio	0.00002	mg/L	0.00401	0.00415		
Estroncio	0.00001	mg/L	0.14271	0.19483		
Zirconio	0.00002	mg/L	0.00005	0.00077		
Molibdeno	0.00005	mg/L	0.0012	0.00132		
Cesio	0.00002	mg/L	0.00092	0.00097		0.0022
Bario	0.00002	mg/L	0.01527	0.01767	1	0.0608
Plomo	0.0001	mg/L	0.0003	0.0015	0.0025	0.0028
Uranio	0.000002	mg/L	0.001037	0.001102		
Parámetros de campo						
Conductividad		uS	184	236	1000	170.9
STD		ppm	90	117	< 400	
Turbiedad		NTU	0.89	1.61		237

Fuente: elaboración propia.

De igual manera se midió los parámetros de campo del río Aynamayo, obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla 4. Resultados de parámetros de campo del río Aynamayo

Parámetros de campo río Aynamayo		
Oxígeno disuelto	mg/L	8
pH		8.3
Temperatura	°C	22.4
Conductividad	uS	585
STD	ppm	292
Turbiedad	NTU	7.31

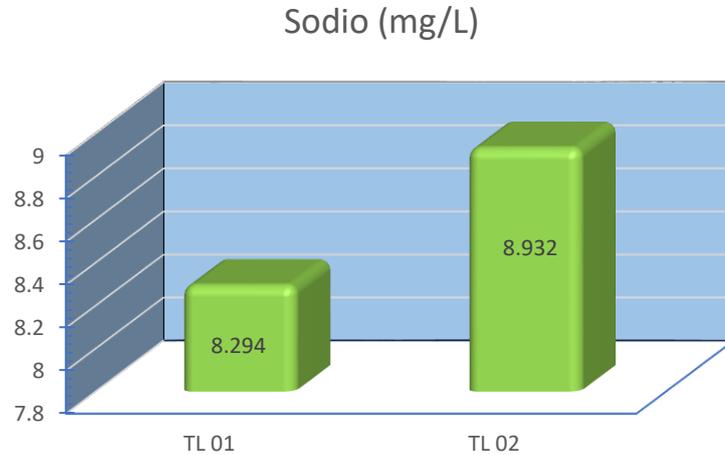
Fuente: elaboración propia.

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados.

Para analizar la influencia de los parámetros analizados se procedió a comparar los resultados obtenidos antes (TL 01) y después (TL 02) de la

desembocadura de río Aynamayo sobre el río Tulumayo, para lo cual analizaremos cada uno de ellos.

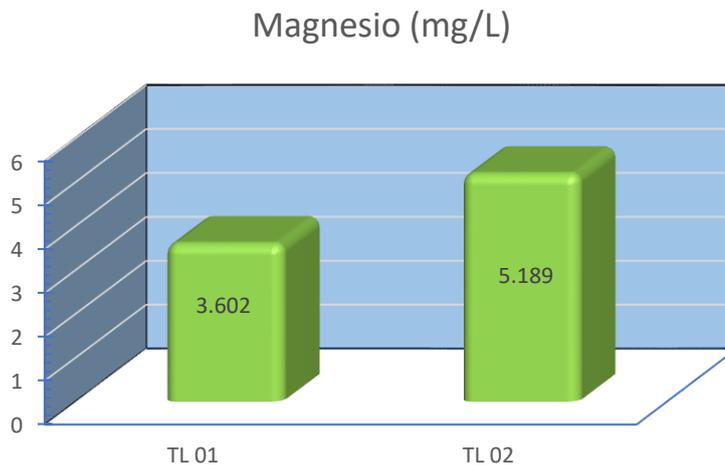
Figura 11. Concentración de sodio



Fuente: elaboración propia.

El sodio es un metal alcalino, como se observa en la figura 11, el parámetro sodio se incrementó por influencia de la tributación del río Aynamayo en un 7.7 %, aumentando la salinidad de las aguas del río Tulumayo.

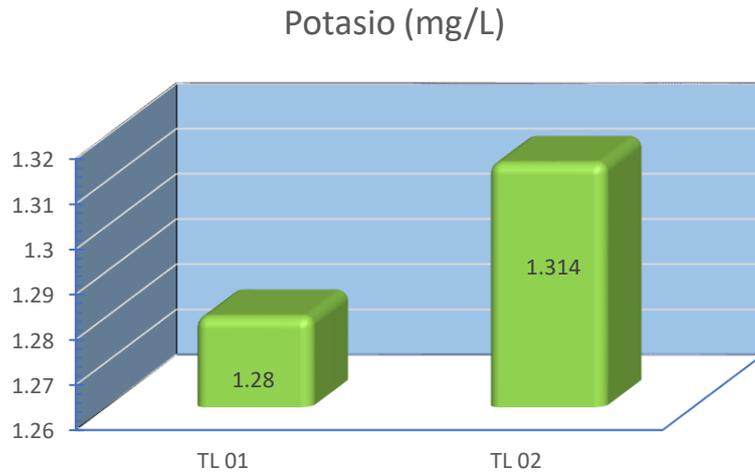
Figura 12. Concentración de Magnesio



Fuente: elaboración propia.

El Magnesio es un metal alcalino terreo, como se observa en la figura 12, el parámetro magnesio se incrementó por influencia de la tributación del río Aynamayo en un 44.1 %, aumentando así la dureza del agua del río Tulumayo.

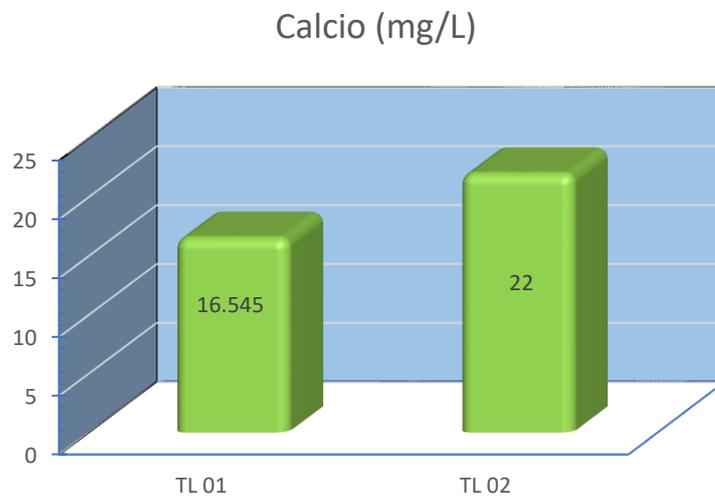
Figura 13. Concentración de Potasio.



Fuente: elaboración propia.

El potasio es un metal alcalino, como se observa en la figura 13, el parámetro potasio se incrementó por influencia de la tributación del río Aynamayo en un 2.7 %, aumentando la salinidad de las aguas del río Tulumayo.

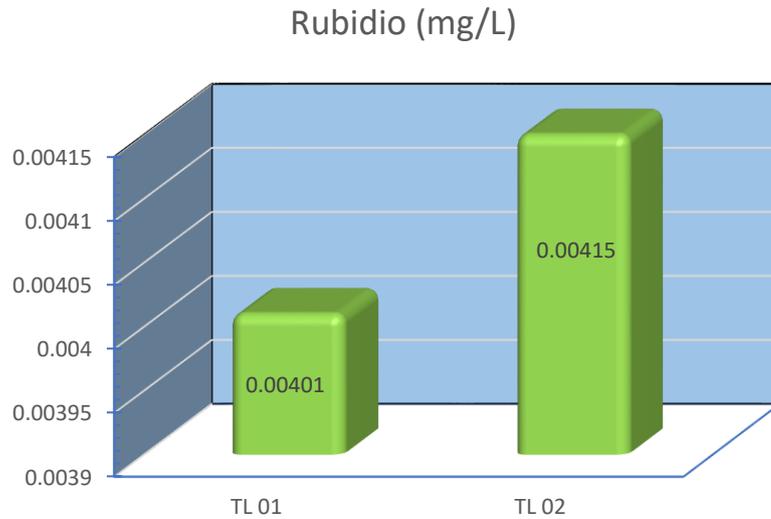
Figura 14. Concentración de calcio.



Fuente: elaboración propia.

El calcio es un metal alcalino terreo, como se observa en la figura 14, el parámetro calcio se incrementó por influencia de la tributación del río Aynamayo en un 33 %, aumentando así la dureza del agua del río Tulumayo.

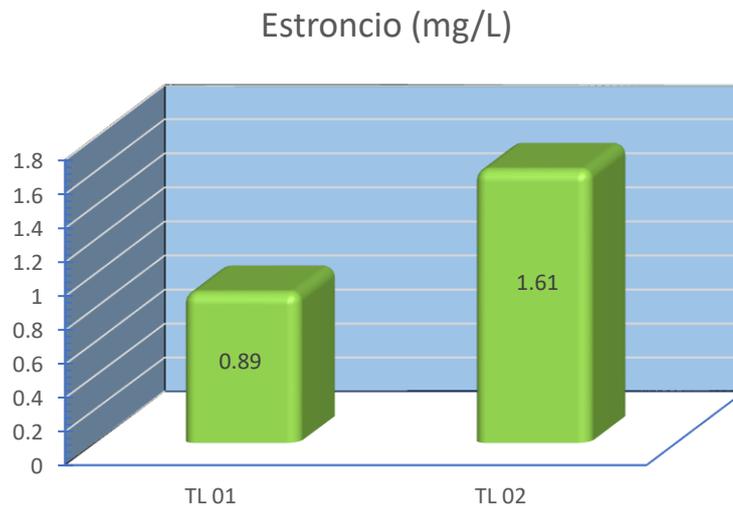
Figura 15. Concentración de rubidio



Fuente: elaboración propia.

El rubidio es un metal alcalino, como se observa en la figura 15, el parámetro rubidio se incrementó por influencia de la tributación del río Aynamayo en un 3.5 %, aumentando así la alcalinidad del agua del río Tulumayo.

Figura 16. Concentración de estroncio



Fuente: elaboración propia.

El estroncio es un metal alcalino terreo, como se observa en la figura 16, el parámetro estroncio se incrementó por influencia de la tributación del río

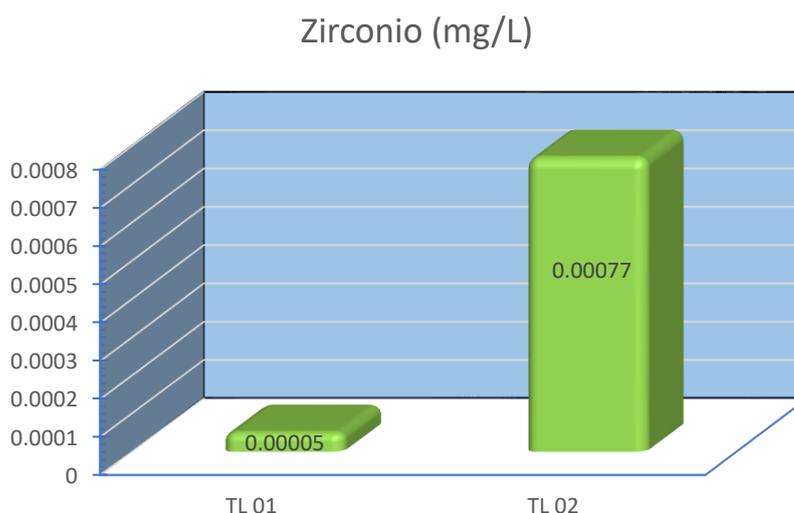
Aynamayo en un 36.5 %, aumentando así la dureza del agua del río Tulumayo, además cabe indicar que el DS 04-2017-MINAM no menciona este parámetro.

Además, cabe indicar que el DS 04-2017-MINAM no menciona los ECAs para sodio, potasio, calcio, magnesio, rubidio y estroncio, siendo estos parámetros que influyen en la salinidad del agua, aumentando su conductividad.

El magnesio y el calcio son elementos que determinan la dureza del agua, medidos como mg de CaCO_3/L .

Siendo el incremento de los metales alcalinos Sodio, potasio y rubidio por tributación del río Aynamayo debajo del 7.7 % y de los metales alcalinos térreos magnesio, calcio y estroncio el incremento es por encima del 33 %.

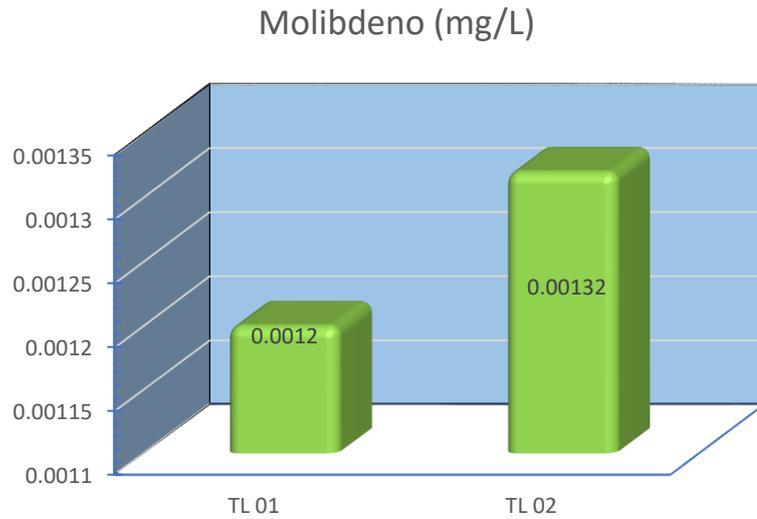
Figura 17. Concentración de Zirconio.



Fuente: elaboración propia.

El zirconio es un metal del grupo IVB de número atómico 40, no tóxico, como se observa en la figura 17, el parámetro zirconio se incrementó por influencia de la tributación del río Aynamayo en un 1440 %, además cabe indicar que el DS 04-2017-MINAM no menciona este parámetro, este metal se encuentra en rocas silíceas, que se encuentran en material parental, llegando al agua por erosión o efectos de minería.

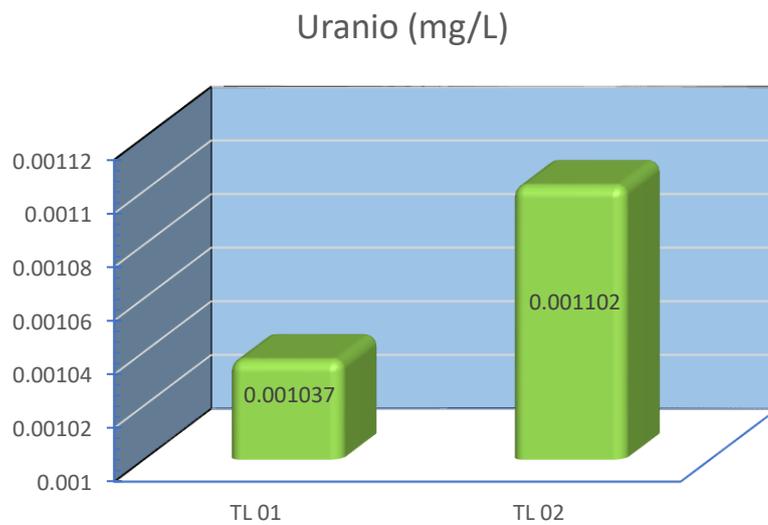
Figura 18. Concentración de molibdeno.



Fuente: elaboración propia.

El molibdeno es un elemento de número atómico 42, que pertenece al grupo VIB, como se observa en la figura 18, el parámetro molibdeno se incrementó por influencia de la tributación del río Aynamayo en un 10 %, es un micronutriente, no toxico al medio ambiente en concentraciones bajas del agua del río Tulumayo, además cabe indicar que el DS 04-2017-MINAM no menciona este parámetro.

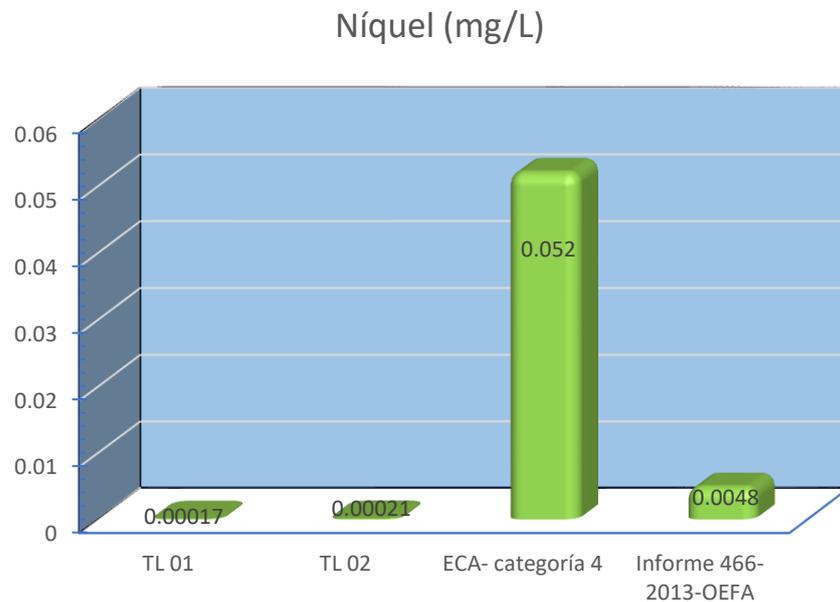
Figura 19. Concentración de uranio



Fuente: elaboración propia.

El uranio es un elemento de número atómico 92 y presenta 3 isótopos que son el 238-U, 235-U y 234-U, siendo más abundante en un 99.234 % el 238-U, como se observa en la figura 19, el parámetro uranio se incrementó por influencia de la tributación del río Aynamayo en un 6.3 %, este elemento es ligeramente radioactivo, no presentando toxicidad a bajas concentraciones, además cabe indicar que el DS 04-2017-MINAM no menciona este parámetro.

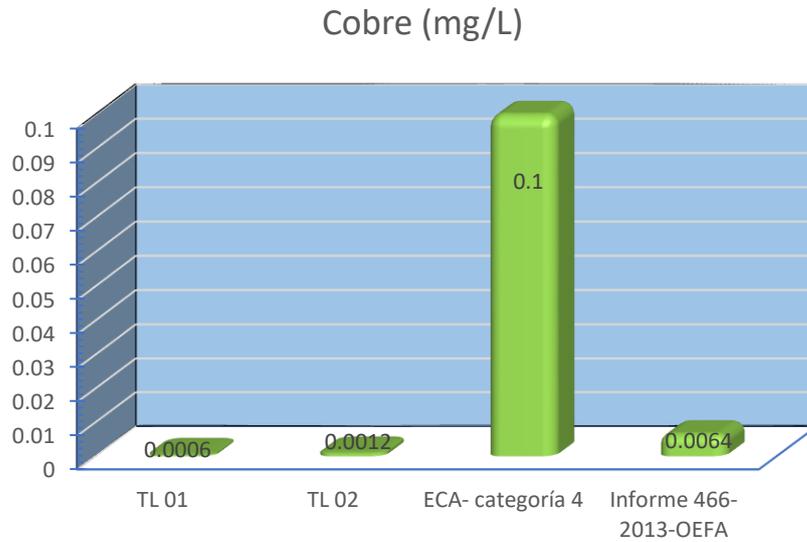
Figura 20. Concentración de níquel



Fuente: elaboración propia.

El níquel es un elemento de número atómico 28 y perteneciente al grupo VIII B, como se observa en la figura 20, el parámetro níquel se incrementó por influencia de la tributación del río Aynamayo en un 23 %, este elemento es tóxico a altas concentraciones, además cabe indicar que el DS 04-2017-MINAM, categoría 4 conservación del ambiente acuático, indica el ECA es de 0.052 mg/l, de donde afirmamos que la concentración de este metal en el río Tulumayo está muy por debajo de los ECAs, por tanto, no presenta riesgo al ambiente acuático.

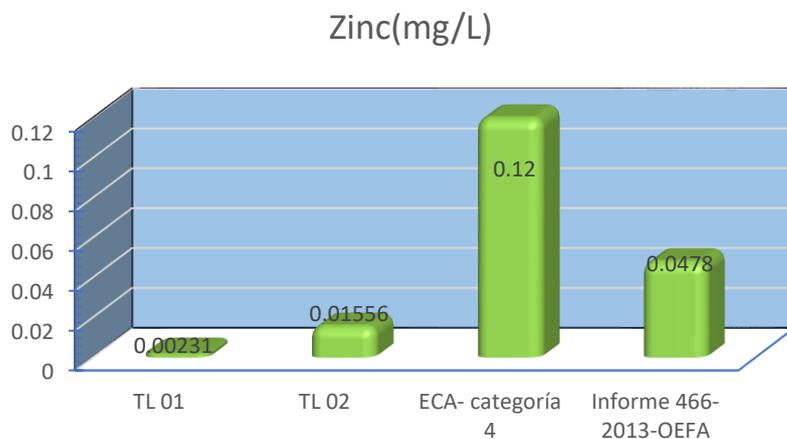
Figura 21. Concentración de cobre.



Fuente: elaboración propia.

El cobre es un elemento de número atómico 29 y perteneciente al grupo IB, como se observa en la figura 21, el parámetro cobre se incrementó por influencia de la tributación del río Aynamayo en un 100 %, este elemento es esencial para la vida, solo es tóxico a altas concentraciones, además cabe indicar que el DS 04-2017-MINAM, categoría 4 conservación del ambiente acuático, indica el ECA es de 0.1 mg/l, de donde afirmamos que las concentraciones de este metal en el río Tulumayo están muy por debajo de los ECAs, por tanto no presenta riesgo al ambiente acuático.

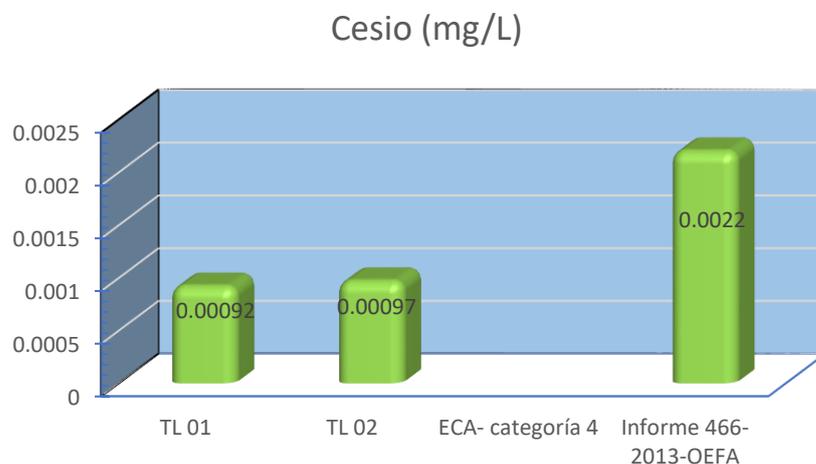
Figura 22. Concentración de zinc.



Fuente: elaboración propia.

El zinc es un elemento de número atómico 30 y perteneciente al grupo IIB, como se observa en la figura 22, el parámetro zinc se incrementó por influencia de la tributación del río Aynamayo en un 573 %, es un oligoelemento esencial para la vida sin embargo es tóxico a altas concentraciones, además cabe indicar que el DS 04-2017-MINAM, categoría 4 conservación del ambiente acuático, indica el ECA es de 0.12 mg/l, de donde afirmamos que la concentración de este elemento en el río Tulumayo está muy por debajo de los ECAs, por tanto no presenta riesgo al ambiente acuático.

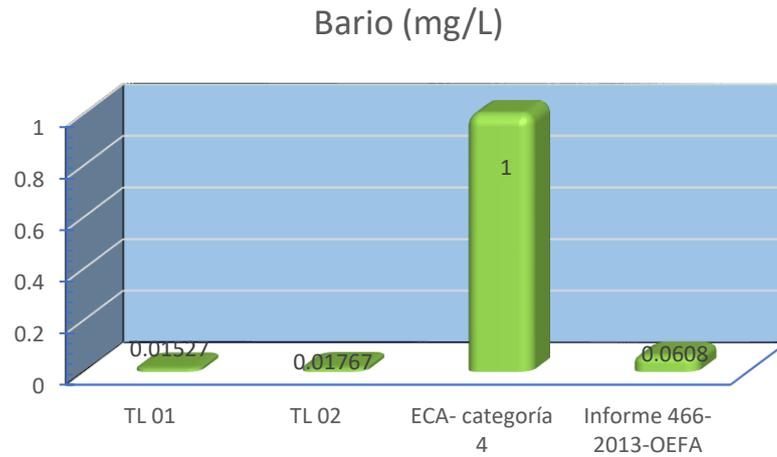
Figura 23. Concentración de cesio



Fuente: elaboración propia.

El cesio es un elemento de número atómico 55 y perteneciente al grupo de los metales alcalinos, como se observa en la figura 23, el parámetro cesio se incrementó por influencia de la tributación del río Aynamayo en un 5.4 %, el Cs-137 es un isótopo radioactivo que es tóxico a altas concentraciones, también podemos afirmar que este elemento disminuyó en referencia al informe 466-2013-OEFA.

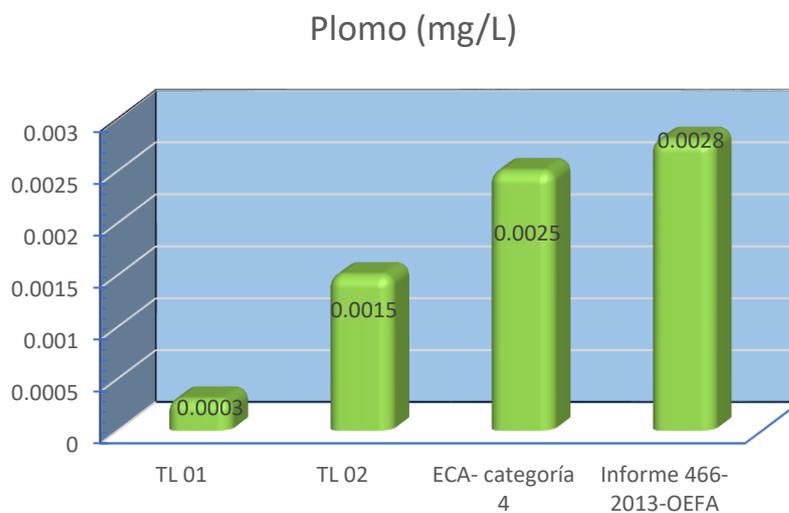
Figura 24. Concentración de bario.



Fuente: elaboración propia.

El bario es un elemento de número atómico 56 y perteneciente al grupo de los metales alcalinos térreos, como se observa en la figura 24, el parámetro bario se incrementó por influencia de la tributación del río Aynamayo en un 15.7 %, este elemento es toxico a altas concentraciones, además cabe indicar que el DS 04-2017-MINAM, categoría 4 conservación del ambiente acuático, indica el ECA es de 1 mg/l, de donde afirmamos que las concentración de este elemento en el río Tulumayo, está muy por debajo de los ECAs, por tanto no presenta riesgo al ambiente acuático.

Figura 25. Concentración de plomo



Fuente: elaboración propia.

El plomo es un elemento de número atómico 84 y perteneciente al grupo IVA, como se observa en la figura 25, el parámetro plomo se incrementó por influencia de la tributación del río Aynamayo en un 400 %, este elemento es bioacumulable y tóxico a altas concentraciones, además cabe indicar que el DS 04-2017-MINAM, categoría 4 conservación del ambiente acuático, indica el ECA es de 0.0025 mg/l, de donde afirmamos que la concentración de este metal en el río Tulumayo está por debajo de los ECAs, por tanto el riesgo al ambiente acuático es bajo.

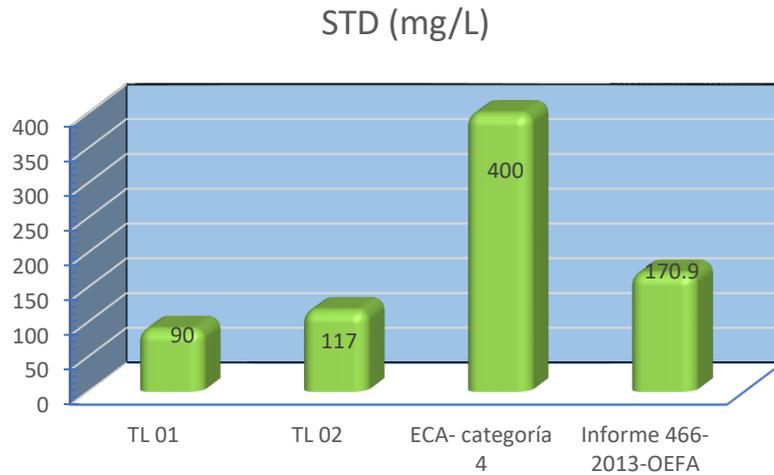
Figura 26. Parámetro de campo: conductividad



Fuente: elaboración propia.

La conductividad es un parámetro que se mide en campo, que indica la capacidad del agua en conducir la electricidad a través de los iones disueltos en él agua, como se observa en la figura 26, este parámetro se incrementó por influencia de la tributación del río Aynamayo en un 28.3 %, además cabe indicar que el DS 04-2017-MINAM, categoría 4 conservación del ambiente acuático, indica el ECA es de 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, de donde afirmamos que este parámetro en el río Tulumayo está por debajo de los ECAs, por tanto, no presenta riesgo al ambiente acuático es bajo.

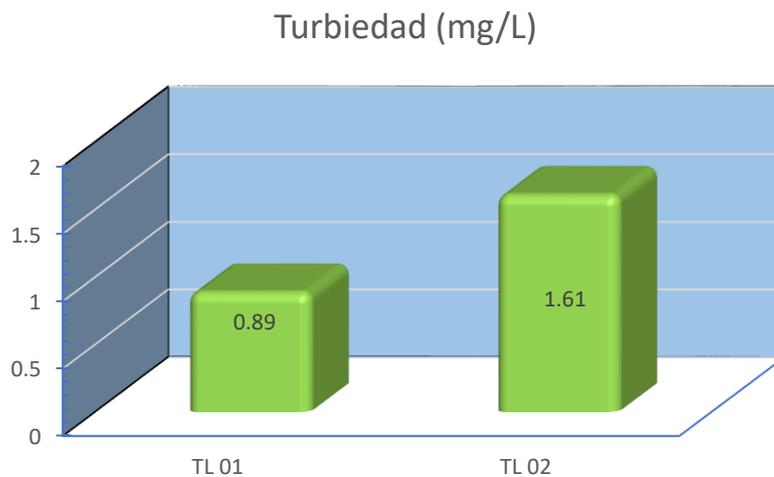
Figura 27. Parámetro de campo: STD



Fuente: elaboración propia.

Los sólidos disueltos totales es un parámetro que se mide en campo, que comprende las sales disueltos en agua, como se observa en la figura 27, este parámetro se incrementó por influencia de la tributación del río Aynamayo en un 30 %, además cabe indicar que el DS 04-2017-MINAM, categoría 4 conservación del ambiente acuático, indica el ECA es de 400 ppm, de donde afirmamos que este parámetro en el río Tulumayo está por debajo de los ECAs, por tanto, no presenta riesgo al ambiente acuático.

Figura 28. Parámetro de campo: turbiedad.



Fuente: elaboración propia.

La turbiedad es un parámetro que se mide en campo, que comprende la cantidad de sólidos suspendidos en agua, como se observa en la figura 28, este parámetro se incrementó por influencia de la tributación del río Aynamayo en un 80.9 %, además cabe indicar que el DS 04-2017-MINAM, no presenta este parámetro para el ambiente acuático.

4.3. Prueba de Hipótesis

Se busca comprobar y validar la hipótesis, que las aguas del río Aynamayo que pasa por la zona de influencia de la actividad de la unidad minera San Vicente, influye en las características fisicoquímicas de las aguas del río Tulumayo. Para el desarrollo y resolución se sigue los siguientes pasos:

a. Planteamiento de la hipótesis:

Hipótesis Nula:

Ho: La concentración de metales y parámetros físicoquímicos de las aguas del río Tulumayo son mayores antes de la tributación del río Aynamayo,.

$$m_1 > m_2$$

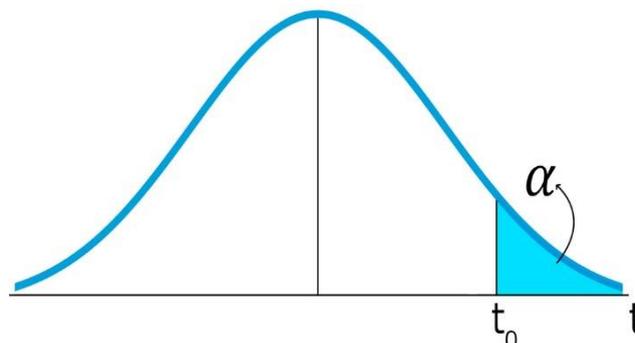
Hipótesis Alterna:

Ha: La concentración de metales y parámetros físicos de las aguas del río Tulumayo es mayor después de la tributación del río Aynamayo.

$$m_1 < m_2$$

b. Tipo de prueba.

Unilateral de cola derecha.



c. La selección de prueba

Tabla 5. Porcentaje de variación de metales pesados y fisicoquímico

Ensayo	Unidades	Resultado		Porcentaje de variación
		TL-01	TL-02	
Metales totales				
Sodio	mg/L	8.294	8.932	7.6923
Magnesio	mg/L	3.602	5.189	44.0589
Potasio	mg/L	1.28	1.314	2.6563
Calcio	mg/L	16.545	22	32.9707
Níquel	mg/L	0.00017	0.00021	23.5294
Cobre	mg/L	0.0006	0.0012	100.0000
Zinc	mg/L	0.00231	0.01556	573.5931
Rubidio	mg/L	0.00401	0.00415	3.4913
Estroncio	mg/L	0.14271	0.19483	36.5216
Zirconio	mg/L	0.00005	0.00077	1440.0000
Molibdeno	mg/L	0.0012	0.00132	10.0000
Cesio	mg/L	0.00092	0.00097	5.4348
Bario	mg/L	0.01527	0.01767	15.7171
Plomo	mg/L	0.0003	0.0015	400.0000
Uranio	mg/L	0.001037	0.001102	6.2681
Parámetros de campo				
Conductividad	uS	184	236	28.2609
STD	ppm	90	117	30.0000
Turbiedad	NTU	0.89	1.61	80.8989

Fuente: Elaboración propia.

Para homogenizar los parámetros medidos, se calculó el porcentaje de variación de cada uno de los parámetros medidos, como se indica en la tabla 5, siendo positivo cuando aumentó y negativo cuando disminuyó, para determinar la significación de la variación se utilizó la prueba paramétrica, t de student para muestras independientes.

d. Nivel de confianza.

Para un nivel de confianza del 95%, el nivel de significancia es 5% ($\alpha = 0.05$), con un tamaño de muestra de $n = 18$, 15 metales y 3 parámetros de campo

e. Evaluación estadística.

Para realizar la evaluación estadística t de student, se utilizó el software libre Jamovi y se obtuvo:

Tabla 6. Prueba T para muestras independientes.

		Estadístico	gl	p
Porcentaje de variación	T de Student	1.89	17	0.038

Nota. $H_a \mu > 0$

Fuente: elaboración propia.

Tabla 7. Estadísticos descriptivos

	N	Media	Mediana	DE	EE
Porcentaje de variación	18	158	29.1	355	83.6

Fuente: elaboración propia.

Como vemos en la tabla 7 de estadísticos de prueba t de Student, se obtiene $p=0.038$, por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

f. Conclusiones.

Con el nivel de significancia de $\alpha = 0,05$ unilateral derecha, realizada la prueba t de student, el valor de p obtenida es de 0.038, que es significativamente menor a 0.05, por lo tanto, está ubicado fuera de la región de aceptación de la hipótesis nula (H_0), por tanto aceptamos la hipótesis alterna (H_a), que indica que la concentración de metales y parámetros físicos de las aguas del río Tulumayo es mayor después de la tributación del río Aynamayo, por tanto si influye en la calidad de agua de río Tulumayo.

4.4. Discusión de resultados.

Los elementos como el sodio, potasio y rubidio son metales alcalinos, sus iones son responsable de conducir la corriente eléctrica, el calcio y el magnesio son metales alcalinos térreos y son responsable de la dureza del agua, que son medidos como $\text{mg CaCO}_3/\text{L}$, en general los iones inorgánicos de

metales y no metales son medidos como SDT, que a la vez elevan la conductividad del agua.

El cobre (100 %), Zinc (573.6 %), zirconio (1440 %) y el plomo (400 %), son los metales que se incrementaron en mayor cantidad a causa de la tributación del río Aynamayo sobre el río Tulumayo, a pesar de que estos metales son fuertemente influenciados en el río Tulumayo, dado que, la unidad minera San Vicente beneficia minerales de zinc y plomo, pero, en ningún caso supera los ECAs agua (D.S. 04-2017-MINAM, categoría 4 conservación ambiente acuático), esto se debe a que el caudal del río Tulumayo es mayor al río Ayanmayo.

Existe metales como el litio, berilio, aluminio, manganeso, hierro cobalto y arsénico, no aumentan por la descarga del río Aynamayo, esto debido a que estas aguas no contienen dichos metales.

CONCLUSIONES

- Los metales que más se incrementaron su concentración en el río Tulumayo a causa de la tributación del río Aynamayo, son el plomo en un 400 %, cobre en un 100%, zinc en un 573.6 % y el zirconio en un 1440%, esto debido a la alta concentración de las aguas de estos metales en las aguas del río Aynamayo.
- Existen metales como el litio, berilio, aluminio, manganeso, hierro, cobalto y arsénico, no aumentan su concentración en el río Tulumayo, esto a causa de que no existen estos elementos en el río Aynamayo.
- Esta investigación demuestra, que, si influye en la calidad del agua del río Tulumayo, por la tributación del río Aynamayo, principalmente en los metales como plomo, zinc, cobre y zirconio.
- Ningún parámetro supera los ECAs agua (DS 04-2017-MINAN, categoría 4), esto indica que la calidad del agua del río Tulumayo, aunque se ve afectada posterior a la descarga del río Aynamayo no afecta al ambiente acuático.

RECOMENDACIONES

- Realizar una caracterización de las aguas del río Aynamayo, para determinar el contenido de metales totales en sus aguas, principalmente en Zinc y cobre, que son los minerales que explota la unidad minera San Vicente.
- Realizar una caracterización de los suelos, por donde recorre las aguas del río Aynamayo, para determinar la procedencia de los componentes de sus aguas.
- Determinar la influencia de la calidad de agua del río Tulumayo, por tributación del río Ayanamayo, en épocas de mayor precipitación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Administración Local del agua Perené. (2011). *Estudio de aprovechamiento hídrico de los ríos comas y Uchubamba.*
- Calla Ll., H. J. (2010). *Calidad del agua en la cuenca del Río Rímac - Sector de San Mateo, afectado por las actividades mineras.* Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Carhuas Mauricio, R. M. (2019). *Evaluación de la contaminación físico-química y microbiológica de las aguas superficiales del río San Juan afectadas por la empresa minera El Brocal S.A.-2019.* Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión.
- Castaño M., E., & Bernal Osorio, S. M. (2015). *Validación del método de ensayo de Coliformes totales y fecales por la técnica de Número más probable (NMP) en la calidad del queso fresco producido a pequeña escala.*
- EDEGEL. (2011). *Estudio y aprovechamiento hídrico de los ríos Comas y Uchubamba.*
- García Benadí, A., & Del Río Fernández, J. (2013). *Revista Española de Metrología. Junio 2013.*
- Gómez H., S. P., & Rojas C., S. M. (2014). *Afectación ambiental de la calidad del agua de la quebrada Cascabel generada por la explotación minera artesanal del municipio de Marmato departamento de Caldas.* Universidad de Manizales.
- Gonzales Rossel, J. (2013). *Informe N° 466-2013-OEFA/DE-SDCA.*
- Hilario Q., M. R., & Mamani T., L. (2021). *Variación del índice de calidad del agua aplicando la metodología ICA-PE, del río Escalera, en el distrito de Huachocolpa, provincia de Huancavelica durante el periodo 2015-2018.* Universidad Nacional de Huancavelica.

- Malaver D., R. C. (2018). *La contaminación del agua por efectos de las operaciones mineras y los conflictos sociales en la ciudad de Cajamarca*. Universidad Inca Garcilaso de la Vega.
- Meza Veliz, V. M. (2016). *Calidad del recurso hídrico de la subcuenca del río Lampa-Huancayo* [Universidad Nacional del Centro del Perú].
<https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/3472/Meza%20Veliz.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico. (2022). *Metales pesados*.
https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/emisiones/prob-amb/metales_pesados.aspx
- Pacheco Espejel, A., & Cruz Estrada, C. (2006). *Metodología crítica de la investigación* (Compañía editorial continental, Ed.; Primera Edición).
- Pérez Manrique, N. (2017). *Simulación matemática de la iteración entre la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y el oxígeno disuelto (OD) en el río Chili con el método de los elementos finitos*. [Universidad Nacional San Agustín].
<http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/4109/IQpeman.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ramírez Pérez, H. J. (2014). *Determinación de los niveles de contaminación del agua por la disposición final de residuos sólidos generados en la ciudad de Moyobamba-2014* [Universidad Nacional de San Martín].
<https://docplayer.es/122712957-Universidad-nacional-de-san-martin-tarapoto-facultad-de-ecologia-escuela-academica-profesional-de-ingenieria-ambiental.html>
- Sánchez Carlessi, H., & Reyes Meza, C. (2015a). *Metodología y diseños en la investigación científica* (Business Support Aneth SRL, Ed.; Quinta edición).

- Sánchez Carlessi, H., & Reyes Meza, C. (2015b). *Metodología y diseños en la investigación científica: Vol. I.*
- Sierra Bravo. (2008). *Técnicas de Investigación Social TEORÍA Y EJERCICIOS* (Thomson, Ed.; 14 Edición).
- Trujillo Lupo, L. (2018). *Evaluación ambiental de los pasivos ambientales mineros determinados en el sector comprendido entre Pacococha y Buenavista-Huancavelica.* Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.
- Villena Chávez, J. A. (2018a). Calidad del agua y desarrollo sostenible. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 35(2).
<https://doi.org/10.17843/rpmesp.2018.352.3719>
- Villena Chávez, J. A. (2018b). Water quality and sustainable development. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica*, 35(2), 304–308.
<https://doi.org/10.17843/rpmesp.2018.352.3719>

ANEXOS:

ANEXO A

Instrumentos de Recolección de datos.

Ficha de recolección de datos

Responsable: Weissy de Sousa, Paula Angélica.

Fecha: 07 de setiembre del 2023.

Lugar Vitoc Chanchamayo

Tipo de fuente: agua natural -Rio Tulumayo

Observación:

.....
.....

N°	Código de muestra	UTM	Envase	Parámetro					
				pH	Turb. NTU	Cond. $\mu\text{S/cm}$	STD ppm	OD ppm	T °C
1	TL 01	X: 0463554 Y:8759871	P	8.47	0.89	184	90	9.3	20.2
2	TL 02	X: 0463446 Y:8760206	P	8.5	1.61	276	117	9.5	21.4

Informe de ensayo



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE - 047



INFORME DE ENSAYO N° 176543-2023 CON VALOR OFICIAL

RAZÓN SOCIAL	: WEISSY DE SOUZA PAULA ANGELICA
DOMICILIO LEGAL	: LA MERCED - CHANCHAMAYO - JUNÍN
SOLICITADO POR	: WEISSY DE SOUZA PAULA ANGELICA
REFERENCIA	: RESERVADO POR EL CLIENTE
PROCEDENCIA	: RESERVADO POR EL CLIENTE
FECHA(S) DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS	: 2023-09-09
FECHA(S) DE ANÁLISIS	: 2023-09-09 AL 2023-09-18
FECHA(S) DE MUESTREO	: 2023-09-07
MUESTREO POR	: EL CLIENTE
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	: LOS RESULTADOS DE ANÁLISIS SE APLICAN A LA MUESTRA(S) TAL COMO SE RECIBIÓ.

I. METODOLOGÍA DE ENSAYO:

Ensayo	Método	L.C	Unidades
Cromo Hexavalente (VI)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 3500-Cr B, 24th Ed., 2023 / EPA-SW-846 Method 7196A, Rev. 1 (1992): Chromium, Colorimetric Method / Chromium, Hexavalent (Colorimetric).	0.007	mg/L
METALES TOTALES por ICP-MS: Plata, Aluminio, Arsénico, Bario, Berilio, Cadmio, Cobalto, Cromo, Cobre, Mercurio, Manganeso, Molibdeno, Níquel, Plomo, Antimonio, Selenio, Talio, Torio, Uranio, Vanadio, Zinc.	EPA Method 200.8 Revision 5.4 (1994): Determination of trace elements in waters and wastes by Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry.	---	mg/L
METALES TOTALES por ICP-MS: Litio, Bismuto, Boro, Sodio, Magnesio, Silicio, Silice, Silicato, Fósforo, Potasio, Calcio, Titanio, Hierro, Galio, Germanio, Rubidio, Estroncio, Zirconio, Niobio, Inicio, Estaño, Cesio, Lantano, Cerio, Terbio, Lutecio, Tantalio, Wolframio	EPA Method 200.8, Revisión 5.4. 1994. Validado (Aplicado fuera del alcance), 2019. Determination of trace elements in waters and wastes by Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry.	---	mg/L

L.C.: limite de cuantificación.

Quim. FAJARDO LEON
BELBETH YASBETH
SERVICIOS ANALITICOS
GENERALES SAC
Firmado con www.tocapu.pe

JEFE DE EMISIÓN DE INFORMES

**EXPERTS
WORKING
FOR YOU**

Este informe de ensayo al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC.

OBSERVACIONES: • Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. • Los resultados emitidos en este documento sólo son válidos para las muestras referidas en el presente informe. • Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días de haber ingresado las muestras al laboratorio. Luego será eliminadas.

IMPORTANTE: • Este documento fue emitido con firma electrónica de valor legal en formato PDF. Debe solicitar su documento electrónico para verificar la autenticidad. Puedes comprobar la validez del mismo haciendo clic sobre la firma, saldrá un aviso: Validez de firma : firma válida', de no validarse el documento es falso. Notifique al correo: laboratorio@sagperu.com si su informe ha sido adulterado.

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.

Laboratorios: INACAL-DA (Sede Lima 1): Av. Naciones Unidas N° 1565 Urb. Chacra Ríos Norte - Lima y INACAL-DA (Sede Lima 2): Pasaje Clorinda Matto de Turner N° 2079 Urb. Chacra Ríos Norte - Lima.

• Central telefónica (511) 425-6885 • Web: www.sagperu.com • Contacto Electrónico: sagperu@sagperu.com



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE - 047



INFORME DE ENSAYO N° 176543-2023 CON VALOR OFICIAL

II. RESULTADOS:

Producto declarado		Agua Natural	Agua Natural
Matriz analizada		Agua Natural	Agua Natural
Fecha de muestreo		2023-09-07	2023-09-07
Hora de inicio de muestreo (h)		11:30	14:24
Condiciones de la muestra		Refrigerada/Preservada	Refrigerada/Preservada
Descripción del Punto de Muestreo		Agua arriba del Tulumayo	Agua abajo del Tulumayo
Código del Cliente		TL-01	TL-02
Código del Laboratorio		23090860	23090861
ENSAYOS ACREDITADOS ANTE INACAL-DA (SEDE LIMA 1)			
Ensayo	L.D.M.	Unidades	Resultados
Cromo Hexavalente (VI)		mg/L	<0.007
		Unidades	Resultados
Metales totales			
Litio (Li)	0.00006	mg/L	0.02643
Berilio (Be)	0.00001	mg/L	0.00009
Boro (B)	0.00002	mg/L	0.0731
Cobalto (Co)	0.00003	mg/L	8.294
Cromo (Cr)	0.004	mg/L	3.602
Magnesio (Mg)	0.004	mg/L	0.139
Aluminio (Al)	0.004	mg/L	4.926
Silicio (Si)	0.008	mg/L	10.541
Silice (SiO ₂)	0.01	mg/L	13.35
Silicato (SiO ₂)	0.002	mg/L	0.013
Fosforo (P)	0.0007	mg/L	0.78
Calcio (Ca)	0.0004	mg/L	16.545
Titanio (Ti)	0.00005	mg/L	0.00379
Vanadio (V)	0.00004	mg/L	0.00038
Cromo (Cr)	0.0002	mg/L	<0.0002
Manganeso (Mn)	0.00001	mg/L	0.012569
Hierro (Fe)	0.00005	mg/L	0.17033
Cobalto (Co)	0.000006	mg/L	0.000078
Níquel (Ni)	0.00002	mg/L	0.00017
Cobre (Cu)	0.00001	mg/L	0.0006
Zinc (Zn)	0.00005	mg/L	0.00231
Galio (Ga)	0.00002	mg/L	0.0001
Germanio (Ge)	0.00002	mg/L	0.00007
Arsenico (As)	0.00001	mg/L	0.00268
Selenio (Se)	0.0002	mg/L	<0.0002
Rubidio (Rb)	0.00002	mg/L	0.00401
Estroncio (Sr)	0.00001	mg/L	0.14271
Zirconio (Zr)	0.00002	mg/L	0.00005
Niobio (Nb)	0.00001	mg/L	0.00005
Moibdeno (Mo)	0.00005	mg/L	0.00120
Plata (Ag)	0.00002	mg/L	<0.00002
Cadmio (Cd)	0.00002	mg/L	<0.00002
Indio (In)	0.00002	mg/L	<0.00002
Estañio (Sn)	0.0004	mg/L	<0.0004
Antimonio (Sb)	0.0001	mg/L	<0.0001
Cesio (Cs)	0.00002	mg/L	0.00092
Bario (Ba)	0.00002	mg/L	0.01527
Lantano (La)	0.000002	mg/L	0.000002
Cerio (Ce)	0.000004	mg/L	0.000997
Terbio (Tb)	0.00001	mg/L	0.00001
Lutecio (Lu)	0.000001	mg/L	<0.000001
Tantalio (Ta)	0.00001	mg/L	<0.00001
Wolframio (W) / Tungsteno	0.00002	mg/L	0.00003
Mercurio (Hg)	0.00002	mg/L	<0.00002
Talio (Tl)	0.00002	mg/L	<0.00002
Plomo (Pb)	0.0001	mg/L	0.0003
Bismuto (Bi)	0.000004	mg/L	<0.000004
Torio (Th)	0.000005	mg/L	0.000153
Uranio (U)	0.000002	mg/L	0.001037

L.D.M.: límite de detección del método.

Lima, 21 de Septiembre del 2023.

Cod. F1 002 / Versión: 11 / FE.: 06/2023

Este informe de ensayo al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC.

OBSERVACIONES: • Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. • Los resultados emitidos en este documento sólo son válidos para las muestras referidas en el presente informe. • Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días de haber ingresado las muestras al laboratorio. Luego será eliminadas.

IMPORTANTE: • Este documento fue emitido con firma electrónica de valor legal en formato PDF. Debe solicitar su documento electrónico para verificar la autenticidad. Puedes comprobar la validez del mismo haciendo clic sobre la firma, saldrá un aviso: Validez de firma: firma válida, de no validarse el documento es falso. Notifíquese al correo: laboratorio@sagperu.com si su informe ha sido adulterado.

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.

Laboratorios: INACAL-DA (Sede Lima 1): Av. Naciones Unidas N° 1565 Urb. Chacra Ríos Norte - Lima y INACAL-DA (Sede Lima 2): Pasaje Clorinda Matto de Turner N° 2079 Urb. Chacra Ríos Norte - Lima.

• Central telefónica (511) 425-6885 • Web: www.sagperu.com • Contacto Electrónico: sagperu@sagperu.com

Página 2 de 2

EXPERTS WORKING FOR YOU

Escaneado con CamScanner

ANEXO B

Procedimiento de validación y confiabilidad

ACREDITACIÓN LABORATORIO SAG

Desde 2006, somos un Laboratorio de Ensayos acreditado ante INACAL, nos encontramos registrados con el Registro N° LE-047, y a la fecha, para nuestros métodos, contamos con acreditación tanto en INACAL (*Instituto Nacional de Calidad*) como en IAS (*International Accreditation Services*).

