

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA EN ACUICULTURA



**Influencia de los relaves mineros en la estructura comunitaria y calidad
del agua superficial de las lagunas Tinquicocha, Patorcocha y
Lauricocha en la región Huánuco, 2024**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
BIÓLOGO ACUICULTOR**

AUTORAS:

Bach. Reyes Avalos, Tatiana Michell

Bach. Sevillano Mendoza, Eugenia Vanesa

ASESOR:

Dr. Torres Cabrera, Luis Fernando
ORCID 0000-0003-4662-5412

Nuevo Chimbote – Perú

2025


UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA EN ACUICULTURA



**Influencia de los relaves mineros en la estructura comunitaria y calidad
del agua superficial de las lagunas Tinquicocha, Patorcocha y
Lauricocha en la región Huánuco, 2024**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
BIÓLOGO ACUICULTOR**

Revisado y aprobado por el asesor:


Dr. Torres Cabrera, Luis Fernando
ORCID 0000-0003-4662-5412
DNI: 26690133

Nuevo Chimbote – Perú

2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA EN ACUICULTURA



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

**Influencia de los relaves mineros en la estructura comunitaria y calidad
del agua superficial de las lagunas Tinquicocha, Patorcocha y
Lauricocha en la región Huánuco, 2024**

**TESIS PARA OPTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
BIÓLOGO ACUICULTOR**

Revisado y Aprobado por el Jurado Evaluador:

Dr. Saldaña Rojas, Guillermo Belisario
ORCID: 0000-0003-4877-1165
DNI: 18114311
Presidente

Ms. Carhuapoma Garay, Juan
ORCID: 0000-0002-2708-8140
DNI: 73264920
Secretario

Dr. Torres Cabrera, Luis Fernando
ORCID: 0000-0003-4662-5412
DNI: 26690133
Integrante

ACTA DE CALIFICACIÓN DE LA SUSTENTACIÓN DE LA TESIS

En el Distrito de Nuevo Chimbote, en la Universidad Nacional de Santa, en el Laboratorio de Biología Acuática, siendo las 18:00 horas del día 11 de diciembre, dando cumplimiento a la Resolución N° 278 - 2025 UNS-Fs, se reunió el Jurado Evaluador presidido por Guillermo Saldana Rojas, teniendo como miembros a Juan Carhuapoma Garay (secretario) (a), y Luis Torres Cabrera (Integrante), para la sustentación de tesis a fin de optar el título de Biólogo Acuicultor realizado por el, (la), (los) tesista (as) Eugenia Vanesa Sevilla Mendoza.

....., quien (es) sustentó (aron) la tesis intitulada: Influencia de los relaves mineros en la estructura comunitaria y calidad de agua superficial de las lagunas Tinguicocha, Patococha y Louricocha en la región Huancayo 2024.

Terminada la sustentación, el (la), (los) tesista (as)s respondió (ieron) a las preguntas formuladas por los miembros del jurado.

El Jurado después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo y con las sugerencias pertinentes, declara la sustentación como EXCELENTE asignándole un calificativo de 19 puntos, según artículo 112° del Reglamento General de Grados y Títulos vigente (Resolución N° 337-2024-CU.-R-UNS).

Siendo las 19:00 horas del mismo día se dio por terminado el acto de sustentación firmando los miembros del Jurado en señal de conformidad

Nombre: Guillermo Saldana Rojas
Presidente

Nombre: Juan Carhuapoma Garay
Secretario

Nombre: Luis Torres Cabrera
Integrante

Distribución: Integrantes J.E (), tesistas () y archivo (02).



ACTA DE CALIFICACIÓN DE LA SUSTENTACIÓN DE LA TESIS

En el Distrito de Nuevo Chimbote, en la Universidad Nacional de Santa, en el Laboratorio de Biología Acuática siendo las 18:00 horas del día 11 de diciembre dando cumplimiento a la Resolución N° 278 - 2025 UNS-Fr, se reunió el Jurado Evaluador presidido por Guillermo Saldana Rojas teniendo como miembros a Juan Carhuapoma Garay (secretario) (a), y Luis Torres Cabrera (Integrante), para la sustentación de tesis a fin de optar el título de Biólogo Acuicultor realizado por el, (la), (los) tesista (as) Tatiana Michell Peyer Avalos

..... quien (es) sustentó (aron) la tesis intitulada: Influencia de los relaves mineros en la estructura comunitaria y calidad de agua superficial de las lagunas Tinguicocha, Patococha y Lauricocha en la región Huancayo 2024.

Terminada la sustentación, el (la), (los) tesista (as)s respondió (ieron) a las preguntas formuladas por los miembros del jurado.

El Jurado después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo y con las sugerencias pertinentes, declara la sustentación como EXCELENTE asignándole un calificativo de 19 puntos, según artículo 112° del Reglamento General de Grados y Títulos vigente (Resolución N° 337-2024-CU.-R-UNS).

Siendo las 19:00 horas del mismo día se dio por terminado el acto de sustentación firmando los miembros del Jurado en señal de conformidad

Nombre: Guillermo Saldana Rojas
Presidente

Nombre: Juan Carhuapoma Garay
Secretario

Nombre: Luis Torres Cabrera
Integrante

Distribución: Integrantes J.E (), tesis () y archivo (02).



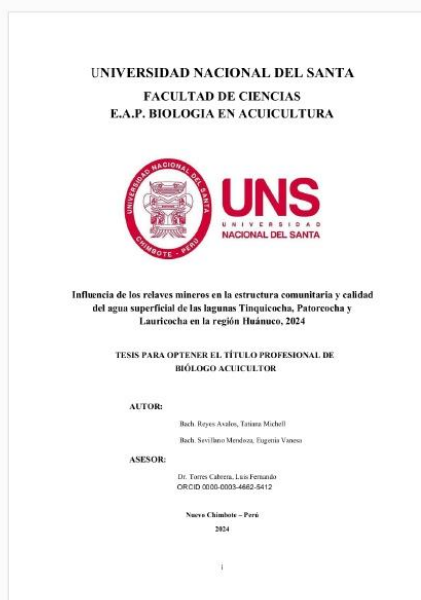


Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Eugenia Vanesa Sevillano Mendoza
Título del ejercicio: Proyecto de investigación 2026
Título de la entrega: Influencia de los relaves mineros en la estructura comunitaria ...
Nombre del archivo: 01._Tesis_Michell_Reyes_Vanesa_Sevillano_30-07_Editable.docx
Tamaño del archivo: 60.68M
Total páginas: 100
Total de palabras: 19,063
Total de caracteres: 103,807
Fecha de entrega: 23-dic-2025 03:41 p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega: 2850947682



Influencia de los relaves mineros en la estructura comunitaria y calidad del agua superficial de las lagunas Tinquicocha, Patorcocha y Lauricocha en la región Huánuco, 2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

18%

INDICE DE SIMILITUD

16%

FUENTES DE INTERNET

14%

PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

Submitted to Organismo de Evaluación y
Fiscalización

Trabajo del estudiante

2%

2

repositorio.uns.edu.pe

Fuente de Internet

2%

3

hdl.handle.net

Fuente de Internet

2%

4

cdn.www.gob.pe

Fuente de Internet

2%

5

www.minem.gob.pe

Fuente de Internet

1%

6

GOLDER ASSOCIATES PERU S.A..
"Actualización del PIA de la Unidad Minera
Raura-IGA0016187", R.D. N° 033-
2022/MINEM-DGAAM, 2022

Publicación

1%

DEDICATORIA

A Dios, por haberme brindado la fortaleza para no rendirme y permitirme culminar mi trabajo de investigación. A mis padres Oscar Reyes y Elena Avalos, con mucho amor, porque siempre estuvieron conmigo. A mis hermanos Deivy y Alexa, por su apoyo.

Reyes Avalos Tatiana Michell

Con amor a Dios, por mantener con salud y bienestar a personas importantes en mi vida. A mi familia Angelina, Juan y Jairo, por su apoyo incondicional y por hacer de mí una mejor persona. A la Srta. Tatiana por su amistad y positivismo en cada paso que damos.

Sevillano Mendoza Eugenia Vanesa

AGRADECIMIENTO

A nuestro asesor, el Dr. Luis Torres Cabrera, por su paciencia, enseñanza y tiempo brindado durante la ejecución de este proyecto.

A nuestros padres, quienes han sido desde siempre nuestro pilar, enseñándonos a no rendirnos y perseguir nuestros sueños.

A nuestros profesores de la E.A.P. Biología en Acuicultura, por sus enseñanzas brindadas y preparación profesional.

A nuestras amistades, por su apoyo incondicional durante la ejecución de este proyecto.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	xv
ABSTRAC	xvi
1. INTRODUCCIÓN.....	17
2. OBJETIVOS.....	20
2.1. OBJETIVO GENERAL.....	20
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	20
3. MATERIALIS Y METODOS.....	22
3.1 Ubicación de las lagunas Tinquicocha, Patorcocha y Tinquicocha	22
3.2 Procedimientos y técnicas de recolección de datos	23
3.2.1 Analizar la calidad del agua del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR), que se vierte en la laguna mediante la evaluación de metales pesados a través de información secundaria.....	23
3.2.2 Determinar la influencia de los relaves mineros en el contenido de metales en el tejido muscular y/o vísceras de los peces en las lagunas Tinquicocha, Patorcocha y Lauricocha.....	25
3.2.3 Examinar la influencia de los relaves mineros en la calidad del agua superficial mediante el registro de parámetros fisicoquímicos: pH, CE, OD, T° de las lagunas Tinquicocha, Patorcocha y Lauricocha.	26
3.2.4 Evaluar la influencia de los relaves mineros en la caracterización del hábitat, la estructura de las comunidades hidrobiológicas e índices de diversidad en las lagunas Tinquicocha, Patorcocha y Lauricocha.	26
3.2.4.1 Caracterización del hábitat de las lagunas Tinquicocha, Patorcocha y Lauricocha. ...	26
3.2.4.2 Recolección de muestra para el perifiton de las lagunas Tinquicocha, Patorcocha y Lauricocha.....	27
3.2.4.3 Recolección de muestra para los macroinvertebrados bentónicos de las lagunas Tinquicocha, Patorcocha y Lauricocha.	27
3.2.5 Estimar la influencia de los relaves mineros en la calidad del agua a través de bioindicadores de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en las lagunas Tinquicocha, Patorcocha y Lauricocha.	28
4. RESULTADOS.....	32
4.1. Análisis de la calidad del agua del efluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), que se vierte en la laguna Tinquicocha, mediante la evaluación de metales pesados a través de información secundaria.	32
4.2. Determinación de la influencia de los relaves mineros en el contenido de metales en el tejido muscular y/o vísceras de los peces en las lagunas Tinquicocha, Patorcocha y Lauricocha.	33
4.3. Influencia de los relaves mineros en los parámetros fisicoquímicos de las lagunas Lauricocha, Patorcocha y Tinquicocha.....	34
4.4. Evaluación de la influencia de los relaves mineros en la caracterización del hábitat, la estructura de las comunidades hidrobiológicas e índices de diversidad en las lagunas Tinquicocha, Patorcocha y Lauricocha.	39
4.4.1 Caracterización del hábitat de las lagunas Tinquicocha, Patorcocha y Lauricocha	39
4.4.2 Estructura de las comunitaria del perifiton.....	41
4.4.3 Estructura comunitaria de Macroinvertebrados Bentónicos.	43

4.5.	Determinación de la influencia de los relaves mineros en la calidad del agua a través de bioindicadores de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en las lagunas Tinquicocha, Patorcocha y Lauricocha.	47
4.5.1.	Índice EPT.....	47
4.5.2.	Índice BMWP	48
4.5.3.	Índice ABI.....	49
4.5.4.	Índice IBF	50
5.	DISCUSIÓN.....	51
6.	CONCLUSIONES.....	60
7.	RECOMENDACIONES	61
8.	BIBLIOGRAFÍA.....	62
9.	ANEXOS.....	69

ÍNDICE TABLAS

Tabla 1: Coordenadas geográficas de las Estaciones de Monitoreo de Hidrobiología	22
Tabla 2: Estaciones de Monitoreo para la evaluación de calidad del agua del PTAR Tinquicocha	24
Tabla 3: Estaciones de Monitoreo para la evaluación de calidad del agua de la laguna Tinquicocha (cuerpo de agua receptor)	25
Tabla 4: Calificación de la calidad del agua según el índice BMWP	29
Tabla 5: Calificación de la calidad del agua según el índice IBF	29
Tabla 6: Calificación de la calidad del agua según el índice EPT%	30
Tabla 7: Calificación de la calidad del agua según el índice ABI	30
Tabla 8: Calidad del agua de la PTAR	32
Tabla 9: Calidad del agua de la laguna Tinquicocha	33
Tabla 10: Presencia de metales pesados en tejido muscular y/o visceral de los peces capturados en las lagunas Tinquicocha, Patorcocha y Lauricocha	33
Tabla 11: Características del hábitat de las lagunas Lauricocha, Patorcocha y Tinquicocha	40
Tabla 12: Índices de Perifiton registrados por Estación de Monitoreo	43
Tabla 13: Índices de Macroinvertebrados Bentónicos registrados por Estación de Monitoreo	46
Tabla 14: Índices EPT% registrado por cuerpo de agua	47
Tabla 15: Índices BMWP registrado por cuerpo de agua	49
Tabla 16: Índices ABI registrado por cuerpo de agua	49
Tabla 17: Índices IBF registrado por cuerpo de agua	50
Tabla 18: Parámetros físico-químicos de las lagunas Lauricocha, Patorcocha y Tinquicocha durante la presente evaluación	70
Tabla 19: Registro general del Perifiton registrado durante la temporada seca	83
Tabla 20: Registro general del Perifiton registrado durante la temporada húmeda	85
Tabla 21: Registro general de los Macroinvertebrados bentónicos registrado durante la temporada seca	87
Tabla 22: Registro general de los Macroinvertebrados bentónicos registrado durante la temporada húmeda	88
Tabla 23: Índices registrado en el Área de Monitoreo	90
Tabla 24: Normalidad del perifiton registrado durante la temporada seca	92
Tabla 25: Normalidad del perifiton registrado durante la temporada húmeda	92
Tabla 26: Normalidad de los macroinvertebrados bentónicos registrado durante la temporada seca	92
Tabla 27: Normalidad de los macroinvertebrados bentónicos registrado durante la temporada húmeda	92

ÍNDICE FIGURAS

Figura 1: Variación de la temperatura durante las temporadas húmeda y seca	34
Figura 2: Variación del pH durante las temporadas húmeda y seca	36
Figura 3: Variación de la conductividad eléctrica durante las temporadas húmeda y seca	37
Figura 4: Variación del oxígeno disuelto durante las temporadas húmeda y seca.....	38
Figura 5: Composición de Taxones de Perifiton registrados por Estación de Monitoreo.....	41
Figura 6: Densidad de Taxones de Perifiton (%) registrados en el Área de Monitoreo	42
Figura 7: Índice de Shannon-Wiener (H') del perifiton durante las temporadas seca y húmeda.....	43
Figura 8: Composición de Taxones de Macroinvertebrados Bentónicos registrados por Estación de Monitoreo	44
Figura 9: Abundancia de Taxones de Macroinvertebrados Bentónicos registrados en el Área de Monitoreo	45
Figura 10: Índice de Shannon-Wiener (H') para los macroinvertebrados bentónicos durante las temporadas seca y húmeda	46

ÍNDICE IMÁGENES

Imagen 1: Ubicación geográfica de las Estaciones de monitoreo.....	20
Imagen 2: Ubicación geográfica de las Estaciones de evaluación para calidad del agua de la PTAR de UM Raura	21
Imagen 3: Ubicación geográfica de las estaciones de evaluación para calidad del agua de laguna Tinquicocha (cuerpo de agua receptor de la PTAR).....	22

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue determinar la influencia de los relaves mineros en la estructura comunitaria y la calidad del agua superficial de las lagunas Tinquicocha, Patorcocha y Lauricocha en temporadas húmeda y seca. Se monitorearon dos estaciones en cada laguna, evaluando parámetros físico-químicos (pH, CE, OD, T°), concentración de metales en tejido de peces, caracterización del hábitat, comunidades hidrobiológicas y calidad del agua mediante bioindicadores, siendo estos datos contrastados con la Línea base 2016-2017. Las lagunas presentaron características de hábitat propias de cuerpos lénticos, con parámetros físico-químicos dentro del ECA para agua categoría IV (D.S. N° 004-2017-MINAM). Sin embargo, la conductividad eléctrica mostró variaciones con la temperatura, posiblemente influenciada por metales pesados. Las concentraciones de metales en tejido de peces se encontraron fuera de los límites de la Agencia Canadiense de Inspección Alimentaria y la Unión Europea. Para el perifiton, el análisis de riqueza y abundancia evidenciaron comportamientos ascendentes y descendentes entre la Línea base y la Evaluación 2024. En contraste, los macroinvertebrados bentónicos mostraron un comportamiento exclusivamente descendente de la riqueza y abundancia durante la Evaluación 2024 respecto a la Línea base, probablemente asociados a la acumulación de metales en sedimentos; teniendo en cuenta ello, los índices bióticos (EPT%, IBF, ABI, BWMP) reflejaron calidades perturbadas. Se concluye que, si bien los efluentes mineros no están alterando a todos los parámetros físico-químicos, si afecta a la comunidad perifítica, influenciando negativamente en la ictiofauna y en las comunidades bentónicas; si bien el PTAR de la U.M. Raura reduce la concentración de metales pesados, al incorporarse estos efluentes a la laguna, gradualmente se acumulan en el lecho del cuerpo del agua receptor siendo perjudicial para la fauna acuática.

Palabras claves: Relaves mineros, calidad de agua, parámetros físico-químicos, estructuras comunitarias

ABSTRAC

The objective of this research was to determine the influence of mining tailings on the community structure and surface water quality of the Tinquicocha, Patorcocha, and Lauricocha lagoons during the wet and dry seasons. Two monitoring stations were set up in each lagoon, evaluating physicochemical parameters (pH, EC, DO, T°), metal concentrations in fish tissue, habitat characterization, hydrobiological communities, and water quality using bioindicators. These data were compared with the 2016-2017 baseline. The lagoons exhibited habitat characteristics typical of lentic water bodies, with physicochemical parameters within the Environmental Quality Standards (ECA) for Category IV water (Supreme Decree No. 004-2017-MINAM). However, electrical conductivity showed variations with temperature, possibly influenced by heavy metals. Metal concentrations in fish tissue were found to be outside the limits established by the Canadian Food Inspection Agency and the European Union. For periphyton, the analysis of richness and abundance showed both increasing and decreasing trends between the baseline and the 2024 assessment. In contrast, benthic macroinvertebrates showed an exclusively decreasing trend in richness and abundance during the 2024 assessment compared to the baseline, likely associated with the accumulation of metals in sediments. Considering this, the biotic indices (EPT%, IBF, ABI, BWMP) reflected disturbed water quality. It is concluded that, while mining effluents are not affecting most of the physicochemical parameters in the lagoons and the periphytic community, they are negatively impacting the fish fauna and benthic communities. Although the Raura Mining Unit's wastewater treatment plant reduces the concentration of heavy metals, when these effluents are incorporated into the lagoon, they gradually accumulate in the bed of the receiving water body, which is detrimental to aquatic fauna.

Keywords: Mining tailings, water quality, physical and chemical parameters, community structures.

1. INTRODUCCIÓN

Una de las características de las montañas andinas es la presencia de numerosas lagunas (Escobar-Mamani et al., 2020), si bien en las cordilleras altoandinas estos cuerpos de agua constituyen un importante potencial hídrico (INAIGEM, 2023), son considerados ecosistemas frágiles siendo indicadores tempranos de cambios climáticos y/o ambientales (Escobar, 2021).

Es así como, el Perú alberga gran cantidad de lagos y lagunas permanentes o temporales y de gran diversidad de tamaños, especialmente en las zonas altoandinas, estos tienen un alto potencial de aprovechamiento para diversos usos, como el abastecimiento humano, piscicultura, agricultura, industrial y minero (Guevara et al, 2019). Según el Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña del 2023, el Perú posee 8355 lagunas que cubren una superficie de 916 638 446 m² y 3246 lagunas con superficies menores a 5000m². Cabe precisar que, estas lagunas presentan una alta producción primaria.

La producción primaria de estos cuerpos de agua depende de la disponibilidad de luz, nutrientes (inorgánicos) y fuentes de carbono disponibles (Pelegrí, et al 2022). Así mismo, es fundamental para mantener con vida a diversos organismos, debido a que es la base de la cadena trófica (Bascur & Cruces, 2023).

Del mismo modo, los nutrientes desempeñan un rol importante en los cuerpos de agua altoandinos, pues influyen en el desarrollo del fitoplancton, el cual cumple una función primordial en los procesos biogeoquímicos de los elementos, debido a que transforman elementos inorgánicos a orgánicos, produciendo las sustancias orgánicas requeridas para el crecimiento y desarrollo de los organismos heterótrofos, incluyendo animales bentónicos, zooplancton y bacterias (Cavero et al, 2020; Godoy et al., 2019; Solombrino & Martínez 2021).

Por otro lado, los macroinvertebrados bentónicos, mismos que habitan en una amplia variedad de ambientes acuáticos de agua dulce debido a la capacidad de algunos grupos para tolerar condiciones ambientales hipóxicas (Rodríguez et al, 2021; Custodio, 2019); así mismo, son considerados los mejores bioindicadores de la calidad del agua (Pumasupa, et al. 2021).

Estos a su vez, son componentes importantes dentro de la legislación a nivel mundial, algunos países latinoamericanos como Brasil, Ecuador, Colombia y Costa Rica tienen normativas muy definidas respecto al uso de este grupo biológico para la evaluación de la calidad del agua (Feio et al. 2021). Por ello la evaluación hidrobiológica incluye el estudio de estos organismos acuáticos, permitiendo detectar alteraciones de las comunidades biológicas a causa de los diferentes impactos; cabe mencionar que, los macroinvertebrados bentónicos permiten detectar contaminantes que pueden ser indetectables para los métodos fisicoquímicos (Cavero & Manrique, 2022; Lazo, et al. 2022).

La contaminación de las lagunas altoandinas ha generado gran preocupación debido a alto grado de perturbación de estos cuerpos de agua, asociado principalmente a las actividades antrópicas (Gonzalez, 2021). Estos ecosistemas han sido sometidos a altos niveles de explotación y cambio en el uso de la tierra, perturbando la calidad del agua debido a las diversas actividades que se desarrollan cerca de las cuencas hidrográficas (Zapata et al., 2021).

Existen diversos tipos de contaminantes, siendo los que generan mayor impacto en los ecosistemas acuáticos las industrias petroleras y la minería, estas actividades ocasionan cambios en las propiedades orgánicas del agua, lo que provocaría el rechazo de los consumidores, siendo su ingesta un peligro para la salud; además, los ecosistemas pueden sufrir alteraciones debido al impacto negativo que ejercen los contaminantes derivados de estas actividades industriales sobre los cuerpos de agua (Arévalo, 2023).

La minería ha generado diversas controversias debido a su impacto social y ambiental, siendo fuentes de conflictos sociales y oposición a sus actividades (Espinoza, 2024).

Debido a la variedad de minerales, América Latina atrae a la mayoría de los inversionistas a nivel mundial; según la CEPAL (2023) el país con mayor producción de Cobre es Chile, el tercer país con mayor producción de hierro es Brasil, por su parte, México es el mayor productor de plata a nivel mundial; en tanto que, Perú está entre los primeros de cobre, plomo, plata y oro.

En Perú se registró un total de 1108 unidades mineras, de estas, se estima más de 729 unidades mineras en explotación y 379 en etapa de exploración (MINEM 2023-a), siendo uno de los países neotropicales que enfrenta serios problemas de contaminación de sus

lagunas, uno de los principales causantes de estas alteraciones en los ecosistemas acuático es la actividad minera (Brousett-Minaya et al. 2021).

El crecimiento del sector minero durante los últimos años ha estado acompañado por la preocupación de la contaminación del agua en las zonas altoandinas. En Perú, las minas están a menudo ubicadas en las cabeceras de las cuencas altoandinas, provocando que las descargas de metales pesados fluyan hacia los valles ubicados más abajo, pudiendo alterar la calidad del agua de los ríos altoandinos y de las lagunas ubicadas a los alrededores, y por ende afectar la productividad primaria de estos cuerpos de agua, poniendo en riesgo los medios de vida y la salud de las poblaciones locales (Manrique & Sanborn, 2021).

Una de estas compañías mineras ubicadas en las zonas altoandinas del Perú es Raura, siendo esta una empresa de la mediana minería, principalmente dedicada a la explotación de minerales como la plata, plomo, zinc y cobre (INSIDEO, 2023).

En la actualidad, Raura viene desarrollando sus actividades en las cumbres de la microcuenca Lauricocha, esta microcuenca está conformada por diferentes lagunas interconectadas entre sí, Nieve Ucro, Caballococha, Santa Ana, Niño Cocha, Niño Perdido y Tinquicocha, que también pertenece al área de influencia de la compañía minera Raura. Así mismo, estas lagunas interconectadas se abren paso a través de las quebradas Jaico y Chaucas, hasta el sector de Antacallanca concentrándose en un solo río que desemboca en la laguna Lauricocha. Aguas abajo se tienen tributarios cuyas aportaciones provienen de las quebradas Luta Grande y Tadis que también desembocan en la laguna Lauricocha, en el sector de Pampamachay (INGEMMET, 2023).

Otras empresas mineras ubicadas en las zonas altoandinas del Perú son El Brocal S.A., B.R. Espinoza Bauer, Milpo S.A. y Atacocha S.A., estas unidades mineras, al estar ubicadas en el trayecto del río Huallaga, estarían alterando la calidad de sus aguas, debido a que según la evaluación realizada por Murga (2020), se encontraron altos niveles de Cd, Pb y Al en los tejidos de peces capturados; cabe resaltar que, las principales empresas productoras de concentrados de Zn y Pb, son Atacocha S.A. y Milpo S.A, ambas ubicadas en Pasco.

Murga (2020), también menciona que en el río San Juan, ubicado en el departamento de Pasco, se registraron altos niveles de Cd, Al, Mn, Fe, Cu y Zn en el tejido de peces,

pudiendo deberse a la existencia de confluencia con los efluentes de la mina Cerro S.A.C. y de las aguas residuales provenientes de la ciudad aledaña.

Según los Programas de Adecuación y Medio ambiente (PAMA) de Raura, esta Unidad Minera tiene autorización para verter sus aguas residuales resultantes del campamento Raura–Raurapata y los efluentes industriales resultantes de la bocamina, hacia la laguna Tinquicocha que contienen hierro, plomo, zinc, arsénico y cobre (MINEM, 2023-b) los mismos que deben estar previamente tratado antes de su descarga en este cuerpo de agua.

Si bien, estas aguas son previamente tratadas antes de ser vertidas en la laguna Tinquicocha, con el tiempo podría presentar alteraciones en su ecosistema debido a la acumulación de metales u otros derivados, es por este motivo que el presente trabajo pretende evaluar la calidad del agua de la laguna Tinquicocha y las lagunas contiguas Patorcocha y Lauricocha, es por ello que se plantea la siguiente problemática ¿Cuál es la influencia del relave minero en la estructura comunitaria y de la calidad del agua superficial de las lagunas Tinquicocha, Patorcocha y Lauricocha en la región Huánuco?

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

- Evaluar la Influencia de los relaves mineros en la estructura comunitaria y calidad del agua superficial de las lagunas Tinquicocha, Patorcocha y Lauricocha en las temporadas húmeda y seca.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar la calidad del agua del efluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), que se vierte en la laguna Tinquicocha, mediante la evaluación de metales pesados a través de información secundaria.
- Determinar la influencia de los relaves mineros en el contenido de metales en el tejido muscular y/o vísceras de los peces en las lagunas Tinquicocha, Patorcocha y Lauricocha.
- Examinar la influencia de los relaves mineros en la calidad del agua superficial mediante el registro de parámetros fisicoquímicos: pH, CE, OD, T° de las lagunas Tinquicocha, Patorcocha y Lauricocha.
- Evaluar la influencia de los relaves mineros en la caracterización del hábitat, la estructura de las comunidades hidrobiológicas e índices de diversidad en las lagunas Tinquicocha, Patorcocha y Lauricocha.
- Determinar la influencia de los relaves mineros en la calidad del agua a través de bioindicadores de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en las lagunas Tinquicocha, Patorcocha y Lauricocha.

3. MATERIALIS Y METODOS.

3.1 Ubicación de las lagunas Tinquicocha, Patorcocha y Tinquicocha

El proyecto de investigación se realizó en las lagunas Tinquicocha, Patorcocha y Lauricocha, se encuentran ubicadas en el distrito de San Miguel de Cauri, Provincia de Lauricocha, Departamento de Huánuco, Perú.

El monitoreo de época seca fue evaluado el 15 de junio del 2024; mientras que, el monitoreo en época húmeda fue evaluado el 23 de noviembre del 2024. Cabe mencionar que, debido a que durante las fechas de monitoreo programadas no se logró pescar ningún individuo, se optó por reingresar al área de evaluación el 01 de febrero del 2025.

A continuación, se detallan los métodos de evaluación utilizados en las estaciones de monitoreo.

Tabla 1: Coordenadas geográficas de las Estaciones de Monitoreo de Hidrobiología

Estaciones de monitoreo	Descripción	Coordenadas UTM WGS 84 zona 18s		Altitud (msnm)
		Este (m)	Norte (m)	
LA-01	Laguna Lauricocha, orilla	311118	8858230	3876
LA-02	Laguna Lauricocha, orilla	313072	8859980	3876
PA-01	Laguna Patorcocha, orilla	307890	8849779	4538
PA-02	Laguna Patorcocha, orilla	306972	8851933	4127
TI-01	Laguna Tinquicocha, orilla	310222	8846693	4359
TI-02	Laguna Tinquicocha orilla	310065	8847718	4350

La siguiente figura corresponde a la ubicación de las estaciones de monitoreo en las lagunas Lauricocha, Patorcocha y Tinquicocha:



Imagen 1: Ubicación geográfica de las Estaciones de monitoreo

3.2 Procedimientos y técnicas de recolección de datos

3.2.1 Analizar la calidad del agua del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR), que se vierte en la laguna mediante la evaluación de metales pesados a través de información secundaria.

Para la determinación de la calidad del agua mediante la evaluación de metales pesados en la laguna Tinquicocha y el Efluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), se empleó el Informe “Monitoreo de agua superficial, agua residual industrial y Agua potable – PAMA”, elaborado por ALS LS Perú S.A.C. el 27 de junio del 2024. Para este análisis se evaluaron 4 estaciones, las que se mencionan a continuación:

Tabla 2: Estaciones de Monitoreo para la evaluación de calidad del agua del PTAR Tinquicocha

Estación	Coordenadas UTM WGS 84 zona 18L		Tipo de muestra	Descripción
	Este (m)	Norte (m)		
E-04A/VTinq1	309788	8846066	Agua Residual Industria	Efluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR)Tinquicocha que descarga en la Laguna Tinquicocha.
E-4	309744	8845982		Descarga de la bocamina Tinquicocha (sin tratamiento)

La siguiente figura corresponde a la ubicación de las estaciones de monitoreo en Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR).



Imagen 2: Ubicación geográfica de las Estaciones de evaluación para calidad del agua de la PTAR de UM Raura.

Cabe mencionar que, el agua residual industrial tratado corresponde al agua de contacto empleado para el minado, perforaciones y filtrado de minerales en la bocamina Tinquicocha. El sistema de tratamiento de las aguas residuales industriales consta de las siguientes etapas:

- Tratamiento primario (precipitación).
- Adición de reactivos (coagulación, separación sólido líquido, floculación, ajuste de pH).
- Sedimentación y separación lodo – agua tratada.
- Filtración del agua tratada en filtros multimedia.
- Secado de lodos por geotubos.

Tabla 3: Estaciones de Monitoreo para la evaluación de calidad del agua de la laguna Tinquicocha (cuerpo de agua receptor)

Estación	Coordenadas UTM WGS 84 zona 18L		Tipo de muestra	Descripción
	Este (m)	Norte (m)		
RE-5/TINQING/ RE5/PMW- 06/E-21/LTinq1	309967	8846068	Agua superficial	Ingreso a la laguna Tinquicocha
E-6/RCH- 02/PMW- 05/E-5/LTinq5	310058	8847741		Salida de la laguna Tinquicocha

Fuente: ALS LS Perú S.A.C.

La siguiente figura corresponde a la ubicación de las estaciones para la evaluación de calidad del agua de la laguna Tinquicocha.



Imagen 3: Ubicación geográfica de las estaciones de evaluación para calidad del agua de laguna Tinquicocha (cuerpo de agua receptor de la PTAR).

3.2.2 Determinar la influencia de los relaves mineros en el contenido de metales en el tejido muscular y/o vísceras de los peces en las lagunas Tinquicocha, Patorcocha y Lauricocha.

El muestreo de ictiofauna se realizó mediante el empleo de una atarraya de 3.5 m de diámetro. La pesca activa duró 30 minutos en las estaciones de monitoreo. Los individuos capturados fueron enjuagados con agua destilada para eliminar restos del proceso de captura, posteriormente fueron colocados en bolsas plásticas y preservados en hielo (EPA 200.3:1991). Todas las muestras fueron debidamente congeladas y etiquetadas para su posterior envío y análisis al laboratorio CERTIMIN S.A.

3.2.3 Examinar la influencia de los relaves mineros en la calidad del agua superficial mediante el registro de parámetros fisicoquímicos: pH, CE, OD, T° de las lagunas Tinquicocha, Patorcocha y Lauricocha.

En todas las estaciones de monitoreo se analizaron de manera conjunta la evaluación de parámetros fisicoquímicos *in situ*. La medición de los parámetros de campo como pH, temperatura, conductividad y oxígeno disuelto fueron realizados mediante el empleo de un multiparámetro portátil marca HACH.

Para iniciar con las mediciones, se procedió a enjuagar los electrodos con la muestra del agua estando el equipo apagado, posterior a ello, se realizó la medición agitando ligeramente el electrodo, dejando estabilizar la lectura y registrando así el resultado de la medición. Concluida la medición, con ayuda de una pipeta, se realizó el lavado de los electrodos con agua destilada, luego se procedió con el secado del equipo (MINAM, 2014).

Los resultados obtenidos de los parámetros físico-químicos fueron contrastados con la Línea Base de la 2^{da} MEIA del Plan de Cierre de Minas de la Unidad Minera Raura (INSIDEO, 2017), el cual emplea información de los años 2016 y 2017 para las temporadas seca y húmeda respectivamente.

3.2.4 Evaluar la influencia de los relaves mineros en la caracterización del hábitat, la estructura de las comunidades hidrobiológicas e índices de diversidad en las lagunas Tinquicocha, Patorcocha y Lauricocha.

3.2.4.1 Caracterización del hábitat de las lagunas Tinquicocha, Patorcocha y Lauricocha.

La evaluación de las características del hábitat fue realizada tomando como referencia la guía “Métodos de Colecta, Identificación y Análisis de Comunidades Biológicas: plancton, perifiton, bentos y necton en aguas continentales del Perú” (MINAM, 2014), en donde establece los principales criterios de evaluación, tales como: tipo de sustrato, presencia de vegetación riparina, tipo de orillas, condiciones climáticas, entre otros.

Los resultados de caracterización del hábitat no pudieron ser contrastados con la Línea Base de la 2^{da} MEIA del Plan de Cierre de Minas de la Unidad Minera Raura (INSIDEO, 2017), ya que dichos parámetros no fueron evaluados durante la línea base. En

consecuencia, los datos obtenidos en la presente evaluación podrían ser establecidos como precedente.

3.2.4.2 Recolección de muestra para el perifiton de las lagunas Tinquicocha, Patorcocha y Lauricocha.

En cada estación, las muestras de perifiton fueron colectadas mediante el raspado de piedras con una espátula y/o cepillo, posterior a ello, las piedras utilizadas para el muestreo fueron lavadas con agua destilada con la ayuda de una piseta (MINAM, 2014). El área por coleccionar fue de 25 cm² (cuadrado de 5 cm x 5 cm). Cada muestra fue colectada en un frasco de 250 ml de tapa hermética y fijada con Lugol (0.5 ml/l) etiquetada y trasladada para su posterior análisis en el laboratorio de Impacto Ambiental y Limnología de la U.N.S.

Para la determinación del perifiton, se desarrollaron matrices de riqueza y abundancia a nivel de phylum, familia y especie, y fueron relacionados según la temporada de evaluación y estaciones de muestreo. Se estimó la riqueza (S), abundancia relativa (N°), Índice de Diversidad de Shannon – Wiener (H') y de Simpson (1-D') e índice de equidad de Pielou (J').

El software estadístico utilizado para el procesamiento de los datos para la determinación de los índices de Diversidad de Shannon – Wiener (H'), diversidad de Simpson (1-D') e índice de equidad de Pielou (J'), fue el programa Paleontológico Statics software Package for education and data analysis (Past) Versión 4.17, 2024.

Los resultados obtenidos fueron contrastados con la Línea Base de la 2^{da} MEIA del Plan de Cierre de Minas de la Unidad Minera Raura (INSIDEO, 2017), el cual emplea información de los años 2016 y 2017 para las temporadas seca y húmeda respectivamente.

3.2.4.3 Recolección de muestra para los macroinvertebrados bentónicos de las lagunas Tinquicocha, Patorcocha y Lauricocha.

En cada estación, las muestras de bentos fueron colectadas con una red Surber (0.09 m² de área de colecta y abertura de malla de 500 µm), la cual fue colocada en las orillas, el tiempo de exposición de la red Surber en los cuerpos de agua fue de 25 minutos (MINAM, 2014). Se realizaron tres (03) réplicas removiéndose el sustrato durante un minuto para cada réplica. Luego de su colecta, cada muestra fue trasvasada en un frasco plástico hermético

de 500 mL y fijada con alcohol al 70%, posteriormente etiquetada y trasladada para su posterior análisis en el laboratorio de Impacto Ambiental y Limnología de la U.N.S.

Para la determinación de macroinvertebrados bentónicos, se desarrollaron matrices de riqueza y abundancia a nivel de phylum, familia y especie, y fueron relacionados según la temporada de evaluación y estaciones de muestreo por temporada. Se estimó la abundancia relativa (N°), riqueza (S), Índice de Diversidad de Shannon – Wiener (H') y de Simpson ($1-D'$) e índice de equidad de Pielou (J').

El software estadístico utilizado para el procesamiento de los datos para la determinación de los índices de Diversidad de Shannon – Wiener (H'), diversidad de Simpson ($1-D'$) e índice de equidad de Pielou (J'), fue el programa Paleontológico Statics software Package for education and data analysis (Past) Versión 4.17, 2024.

Los resultados obtenidos fueron contrastados con la Línea Base de la 2^{da} MEIA del Plan de Cierre de Minas de la Unidad Minera Raura (INSIDEO, 2017), el cual emplea información de los años 2016 y 2017 para las temporadas seca y húmeda respectivamente.

3.2.5 Estimar la influencia de los relaves mineros en la calidad del agua a través de bioindicadores de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en las lagunas Tinquicocha, Patorcocha y Lauricocha.

Respecto a la calidad del agua superficial, fue determinado a través de los índices ecológicos: BMWP, IBF, EPT (%) y ABI.

El **índice BMWP** (Biological Monitoring Working Party), nos permite determinar la calidad del agua a partir del registro cualitativo de macroinvertebrados bentónicos, siendo necesario llegar hasta el nivel taxonómico familia; por otro lado, las puntuaciones dependen de la sensibilidad y/o tolerancia de los macroinvertebrados bentónicos hacia la contaminación orgánica, el rango empleado para este análisis es del 1 al 10. La suma de las puntuaciones de todas las familias registradas proporcionó el puntaje del BMWP (Buenaño *et al.*, 2018).

Las clases de calidad de agua resultantes de la suma de las puntuaciones obtenidas por las familias encontradas en un ecosistema dado se detallan a continuación:

Tabla 4: Calificación de la calidad del agua según el índice BMWP

Clase	Calidad de agua	Valor BMWP	Significado
I	Buena	>150, <101-120>	Aguas muy limpias
II	Aceptable	61-100	Aguas no alteradas
III	Dudosa	36- 60	Aguas moderadamente contaminadas
IV	Crítica	16-35	Aguas muy contaminadas
V	Muy crítica	< 15	Aguas fuertemente contaminadas

Roldán, 2003.

Para el **índice IBF**, (índice biótico de familia) se calculó el promedio ponderado de la abundancia de los macroinvertebrados bentónicos registrados en el cuerpo de agua a evaluar. El valor de ponderación es el nivel de tolerancia que presentan los grupos taxonómicos a la contaminación (Hilsenhoff, 1988).

Formula:

$$IBF = \frac{\sum n_i \cdot a_i}{N^o}$$

A continuación, se detallan los valores IBF

Tabla 5: Calificación de la calidad del agua según el índice IBF

Clase	Calidad De Agua	Valor IBF
I	Excelente	<3.75
II	Muy Buena	3.76 – 4.25
III	Buena	4.26 – 5.00
IV	Regular	5.01 – 5.75
V	Relativamente Malo	5.76 – 6.50
VI	Mala	6.51 – 7.25
VII	Muy Mala	7.26 - 10

Hilsenhoff, 1988.

El **índice EPT (%)**, expresa el número total de individuos pertenecientes a los órdenes Ephemeroptera, Plecóptera y Trichóptera en proporción a la abundancia total encontrada. Estos insectos son considerados como organismos de aguas limpias y su presencia generalmente está relacionada a aguas de buena calidad (Carrera & Fierro, 2001).

Formula:

$$EPT\% = \frac{N^{\circ} \text{ de taxas EPT}}{N^{\circ} \text{ total de taxas}} \times 100$$

A continuación, se detallan los valores EPT.

Tabla 6: Calificación de la calidad del agua según el índice EPT%

Índice EPT%	Significado
75 – 100	Muy buena. Calidad biológica óptima.
50 – 74	Buena. Calidad normal. Polución débil.
25 – 49	Regular. Polución moderada. Eutrofización.
0 – 24	Mala calidad. Polución muy fuerte.

Carrera & Fierro, 2001.

El **Índice ABI (Índice Biótico Andino)** fue desarrollado para ríos altoandinos localizados a alturas que superan los 2000 msnm, cuya aplicación en cuerpos de agua lénticos (lagos, lagunas y bofedales) brindaría una subestimación del estado ecológico del área evaluada. Este índice asigna puntuaciones del 0 al 10 a la sobrevivencia de las familias en relación a su tolerancia con el impacto ambiental.

El valor es inversamente proporcional a la resistencia de la familia, si sobreviven adecuadamente en una zona degradada obtienen menos puntaje, y si no sobreviven obtienen mayor puntaje. Por lo tanto, cuanto más bajo es este valor el ambiente se encuentra más degradado y, cuanto más alto es el valor de la muestra total más integro es el lugar de muestreo (Acosta *et al.*, 2009).

Tabla 7: Calificación de la calidad del agua según el índice ABI

Estado Ecológico	Índice ABI
Muy Bueno	> 74
Bueno	45 - 74
Moderado	27 - 44
Malo	11 - 26
Pésimo	< 11

Acosta *et al.*, 2009.

Los resultados obtenidos para el índice EPT (%) fueron contrastados con la Línea Base de la 2^{da} MEIA del Plan de Cierre de Minas de la Unidad Minera Raura (INSIDEO, 2017) el cual emplea información de los años 2016 y 2017 para las temporadas seca y húmeda respectivamente. En cuanto a los índices BMWP, IBF y ABI, estos no pudieron ser

comparados con la Línea Base debido a la ausencia de registros, quedando los datos obtenidos durante la presente evaluación como precedente.

4. RESULTADOS

4.1. Análisis de la calidad del agua del efluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), que se vierte en la laguna Tinquicocha, mediante la evaluación de metales pesados a través de información secundaria.

En la Tabla 8 se visualizan los resultados de los monitoreos realizados por ALS LS Perú S.A.C. en los meses de abril, mayo y junio del 2024, en las estaciones ubicadas en el ingreso y salida de la laguna Tinquicocha y el PTAR que vierte sus aguas al cuerpo de agua antes mencionado.

La concentración de los parámetros analizados en el afluente y efluente de la PTAR que vierte sus aguas en la laguna Tinquicocha fueron comparados con el R.M. N°011-1996-MEM (Anexo I), el cual establece los niveles máximos permisibles para efluentes líquidos minero-metalúrgicos, encontrándose los valores registrados dentro del rango establecido en este Decreto Supremo.

Tabla 8: Calidad del agua de la PTAR

Estación de Monitoreo	Descripción	Fecha de Muestreo	Resultados						
			pH	TSS	As Disuelto	Cu Disuelto	Fe Disuelto	Pb Disuelto	Zn Disuelto
			Unidades pH	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
R.M. N°011-1996-MEM (Anexo I)			>6 <9	50	1	1	2	0.4	3
E-4	Afluente del PTAR	12/04/2024	8.23	46	0.0521	0.0035	< 0.016	0.0106	0.814
		13/05/2024	7.92	34	0.0423	0.0038	< 0.016	0.013	0.422
		12/06/2024	8.09	< 3	0.0505	0.0026	0.060	0.0122	0.364
E-04A/ VTinq1	Efluente del PTAR	12/04/2024	8.5	20	0.0461	0.003	< 0.016	0.0096	0.721
		13/05/2024	8.04	13	0.0429	0.0022	< 0.016	0.0095	0.427
		12/06/2024	8.13	3	0.0468	0.0026	< 0.016	0.0086	0.383

Fuente: ALS LS Perú S.A.C. (2024).

Por otro lado, la concentración de los parámetros analizados en el ingreso y salida de la laguna Tinquicocha, cuerpo de agua receptor, fueron comparados con los ECAs Categoría III (riego de vegetales y bebida de animales) y Categoría VI (Conservación del ambiente acuático) del D.S. N° 004-2017-MINAM, encontrándose los valores registrados dentro del rango establecido por estos ECAs.

Tabla 9: Calidad del agua de la laguna Tinquicocha

Tabla N° 01: Calidad del agua de la laguna Tinquecota									
Estación de Monitoreo	Descripción	Fecha de Muestreo	Resultados						
			pH	TSS	As Disuelto	Cu Disuelto	Fe Disuelto	Pb Disuelto	Zn Disuelto
			Unidades pH	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
ECA Categoría III (D.S. N° 004-2017-MINAM)			NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
ECA Categoría IV (D.S. N° 004-2017-MINAM)			NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
RE-5/TINQING/RE5/PMW-06/E-21/LTinql	Ingreso de la Laguna	12/04/2024	8.48	5	0.0078	0.0019	< 0.016	0.0014	0.243
		13/05/2024*	-	-	-	-	-	-	-
		12/06/2024*	-	-	-	-	-	-	-
E-6/RCH-02/PMW-05/E-5/LTinql5	Salida de la Laguna	12/04/2024	8.32	< 3	0.0241	< 0.0003	< 0.016	< 0.0002	0.1
		13/05/2024	8.12	< 3	0.0234	0.0007	< 0.016	0.0004	0.095
		12/06/2024	8.28	< 3	0.0238	< 0.0003	< 0.016	< 0.0002	0.134

Fuente: ALS LS Perú S.A.C. (2024).

Leyenda:

*Fechas en las que el cuerpo de agua se encontró seco.

NA=Debajo del límite

4.2. Determinación de la influencia de los relaves mineros en el contenido de metales en el tejido muscular y/o vísceras de los peces en las lagunas Tinquicocha, Patorcocha y Lauricocha.

En la tabla 10, podemos observar que las concentraciones de los metales en tejido de *Oncorhynchus mykiss* “trucha arcoíris” capturados en las lagunas Lauricocha, Patorcocha y Tinquicocha registraron valores de arsénico (As) por debajo de los Límites Permisibles de la Agencia Canadiense de Inspección Alimentaria (CFIA); por el contrario, la concentración de plomo (Pb) presentó valores superiores a los Límites Permisibles de la Agencia Canadiense de Inspección Alimentaria (CFIA) y Unión Europea (UE). Finalmente, también se evidencia presencia de cobre (Cu), hierro (Fe) y zinc (Zc); sin embargo, al no haber alguna norma de comparación para la presencia de estos metales en tejido de peces, no es posible determinar si lo registrado se encuentra dentro de lo permitido.

Tabla 10: Presencia de metales pesados en tejido muscular y/o visceral de los peces capturados en las lagunas Tinquicocha, Patorcocha y Lauricocha

Capturas en las lagunas Lauricocha, Patorcocha y Eauricocha							
Estación de Monitoreo	Tipo de tejido	Fecha de Muestreo	Resultados				
			As Disuelto	Cu Disuelto	Fe Disuelto	Pb Disuelto	Zn Disuelto
			mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
CFIA (2014)			3.5	-	-	0.5	-
UE (2005)			-	-	-	0.3	-
Laguna Lauricocha	Tisular	1/02/2025	<0.08	0.36	6.4	4.4	5.29
Laguna Patorcocha	Tisular	1/02/2025	<0.08	0.24	10.4	3.6	5.25

Estación de Monitoreo	Tipo de tejido	Fecha de Muestreo	Resultados				
			As Disuelto	Cu Disuelto	Fe Disuelto	Pb Disuelto	Zn Disuelto
			mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Laguna Tinquicocha	Tisular	1/02/2025	0.15	0.35	4.8	0.7	3.83

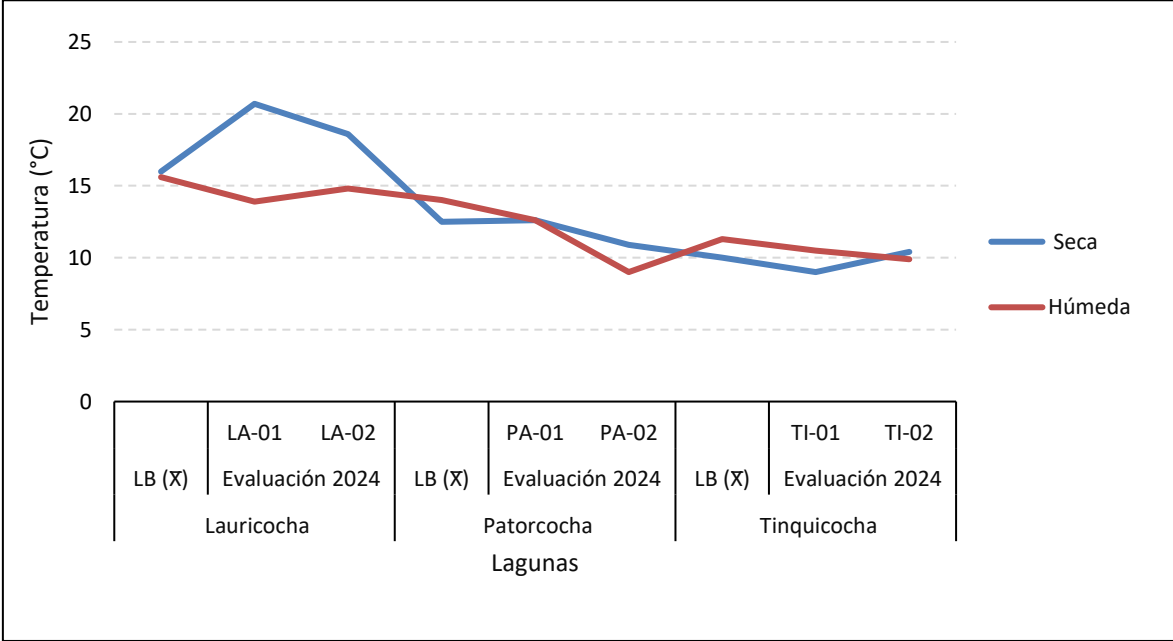
Dónde: CFIA= Agencia Canadiense de Inspección Alimentaria (2014).
 UE= Unión Europea (2006).

4.3. Influencia de los relaves mineros en los parámetros fisicoquímicos de las lagunas Lauricocha, Patorcocha y Tinquicocha

4.3.1. Temperatura de agua superficial

Los valores de temperatura registrados durante la Línea Base y la Evaluación 2024 fueron variables a nivel de temporalidad; sin embargo, a nivel de cuerpos de agua se evidencia que la laguna Lauricocha presenta valores de temperatura más elevadas que las lagunas restantes, registrando valores de 15.6 a 20.7°C durante la temporada seca y de 13.9 a 15.6 °C durante la temporada húmeda; en tanto que, las lagunas Patorcocha y Tinquicocha registraron valores de temperatura inferiores, es así como, la laguna Patorcocha registró valores entre 10.9 y 12.5 °C durante la temporada seca y, entre 9 y 14 °C durante la temporada húmeda; finalmente, la laguna Tinquicocha registró valores entre 9 y 10.4 °C durante la temporada seca y, entre 9.9 y 11.3 °C durante la temporada húmeda.

Figura 1: Variación de la temperatura durante las temporadas húmeda y seca



LB (X)= Datos promediados de la Línea Base

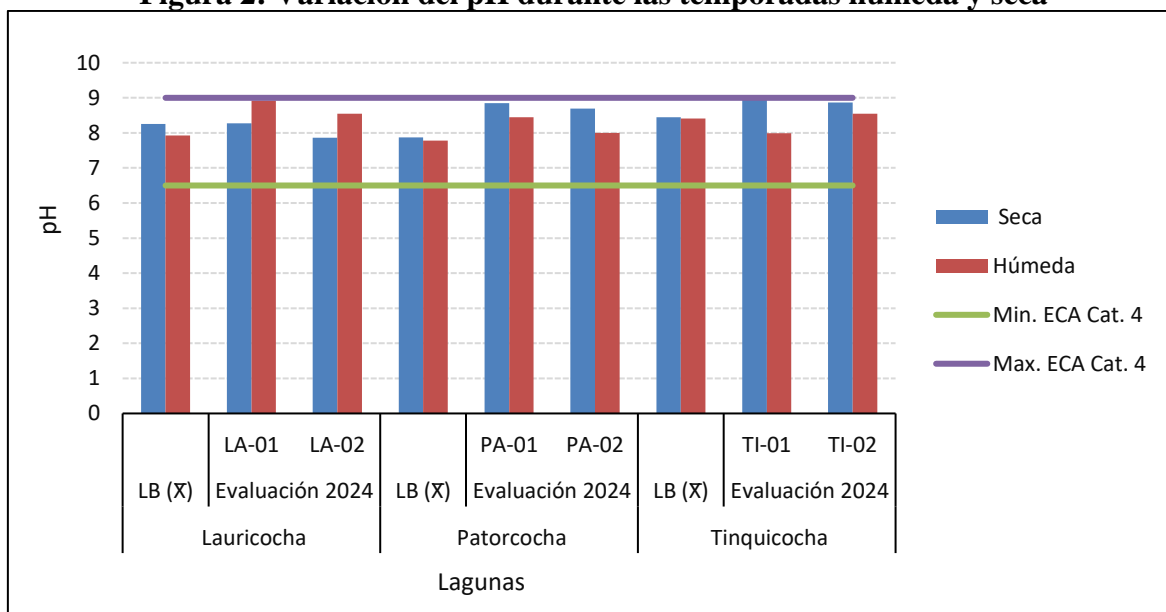
4.3.2. pH de agua superficial

En la laguna *Lauricocha*, los valores de pH registrados en las estaciones LA-01 y LA-02 para la temporada seca variaron de 7.86 a 8.27; mientras que, durante la temporada húmeda variaron de 8.55 a 8.92, calificando el agua de la laguna Lauricocha como neutra, dichos valores son cercanos a los registrados durante la Línea Base 2016-2017 con valores entre 7.93 y 8.25 durante ambas temporadas. Teniendo en cuenta ello, todos los valores de pH de se encontraron dentro de los ECA para agua Categoría IV (E1: Lagos y lagunas) según el D.S. N° 004-2017-MINAM, por lo que no estaría siendo afectada por los relaves mineros.

De similar manera, en la laguna *Patorcocha*, los valores de pH registrados durante la Evaluación 2024 variaron de 8.69 a 8.85 para la temporada seca; mientras que, durante la temporada húmeda variaron de 8 a 8.45, calificando el agua de la laguna Patorcocha como neutra, dichos valores son cercanos a los registrados durante la Línea Base 2016-2017 con valores entre 7.87 y 7.78 durante ambas temporadas. Teniendo en cuenta ello, todos los valores de pH se encontraron dentro de los ECA para agua Categoría IV (E1: lagunas y Lagos) según el D.S. N° 004-2017-MINAM, por lo que no estaría siendo afectada por los relaves mineros.

Finalmente, en la laguna *Tinquicocha*, los valores de pH registrados durante la Evaluación 2024 variaron de 8.87 a 8.95 para la temporada seca; mientras que, durante la temporada húmeda varió de 7.99 a 8.55, calificando el agua de la laguna Tinquicocha de neutra a ligeramente alcalina, dichos valores son cercanos a los registrados durante la Línea Base 2016-2017 con valores entre 8.41 y 8.45 durante ambas temporadas, teniendo en cuenta ello, todos los valores de pH se encontraron dentro de los ECA para agua Categoría IV (E1: lagunas y lagos) según el D.S. N° 004-2017-MINAM, por lo que este cuerpo de agua no estaría siendo afectada por los relaves mineros.

Figura 2: Variación del pH durante las temporadas húmeda y seca



LB (X)= Datos promediados de la Línea Base

4.3.3. Conductividad eléctrica de agua superficial

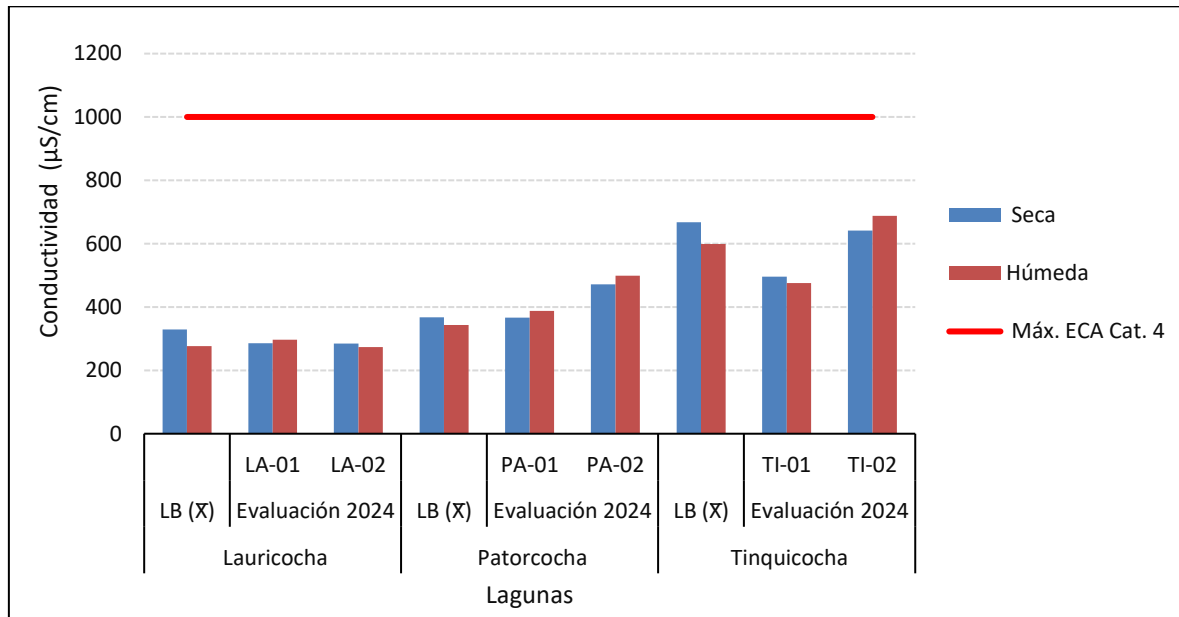
A nivel general, durante las evaluaciones del año 2024 y la Línea Base 2016-2017 los cuerpos de agua registraron comportamientos variables, es así como, los mayores valores de conductividad fueron registrados en la laguna Tinquicocha, seguido de la laguna Patorcocha y Lauricocha.

En la laguna *Lauricocha*, durante la Evaluación 2024 los valores de conductividad registrados en temporada seca variaron ligeramente (285 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 286 $\mu\text{S}/\text{cm}$); de similar manera, durante la temporada húmeda los valores presentaron una tenue variación (273 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 297 $\mu\text{S}/\text{cm}$), siendo estos valores cercanos a los registrados durante la Línea Base 2016-2017; es así como, todos los valores de conductividad se encontraron dentro de los ECA para agua Categoría IV (E1: lagunas y lagos) según el D.S. N° 004-2017-MINAM, por lo que no estaría siendo afectado por los relaves mineros.

De similar manera, en la laguna *Patorcocha*, durante la Evaluación 2024 los valores de conductividad variaron de 366 a 472 $\mu\text{S}/\text{cm}$ durante la temporada seca; mientras que, para la temporada húmeda la conductividad varió de 388 a 499 $\mu\text{S}/\text{cm}$, siendo estos valores cercanos a los registrados durante la Línea Base 2017; es así como, todos los valores de conductividad de este cuerpo de agua se encontraron dentro de los ECA para agua Categoría IV (E1: lagunas y lagos) según el D.S. N° 004-2017-MINAM, por lo que no estaría siendo afectado por los relaves mineros.

Finalmente, en la laguna *Tiniquicocha*, durante la Evaluación 2024 los valores de Conductividad variaron de 496 a 641 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para la temporada seca; mientras que, durante la temporada húmeda los valores de conductividad variaron de 476 a 688 $\mu\text{S}/\text{cm}$, siendo estos valores cercanos a los registrados durante la Línea Base 2016-2017; es así como, todos los valores de conductividad se encuentran dentro de los ECA para agua Categoría 4 (E1: lagunas y lagos) según el D.S. N° 004-2017-MINAM.

Figura 3: Variación de la conductividad eléctrica durante las temporadas húmeda y seca



LB (X)= Datos promediados de la Línea Base

4.3.4. Oxígeno disuelto en agua superficial

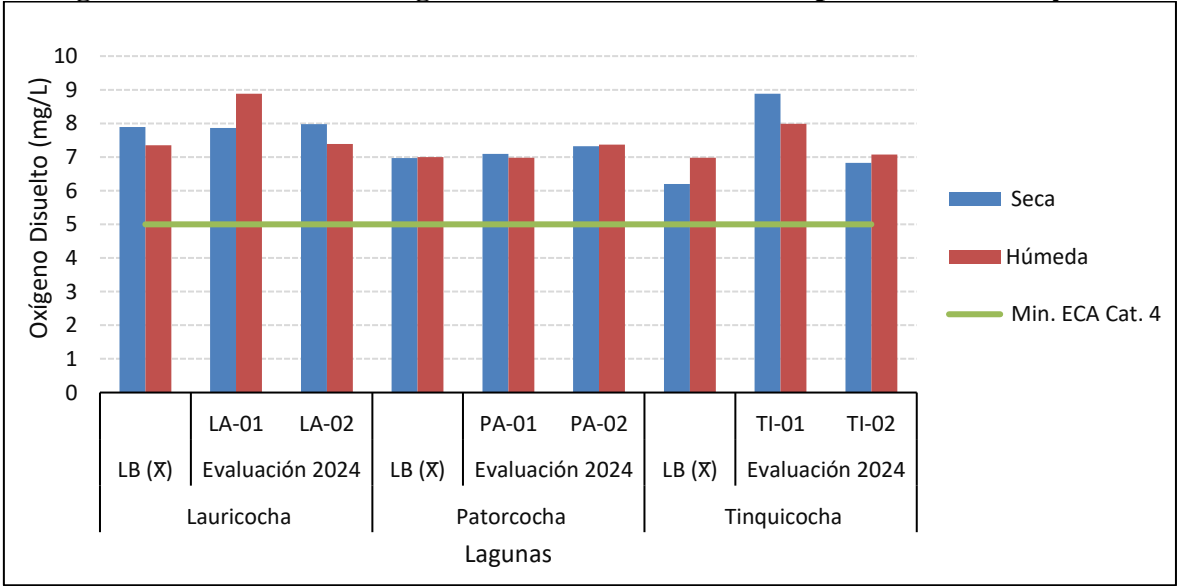
A nivel general, los cuerpos de agua evaluados registraron valores de oxígeno disuelto ligeramente variables, no evidenciándose una tendencia definida entre los cuerpos de agua. A continuación, se detalla el análisis de conductividad por cuerpos de agua:

En la laguna *Lauricocha*, durante la Evaluación 2024 los valores de Oxígeno Disuelto registrados en temporada seca variaron de 7.86 a 7.98 mg/L; mientras que, durante la temporada húmeda variaron de 7.39 a 8.88 mg/L, siendo estos valores cercanos a los registrados durante la Línea Base 2016-2017; teniendo en cuenta ello, todos los valores de oxígeno disuelto de la laguna Lauricocha se encontraron dentro de los ECA para agua Categoría IV (E1: lagunas y lagos) según el D.S. N° 004-2017-MINAM, por lo que no estaría siendo afectado por los relaves mineros.

De similar manera, en la laguna *Patorcocha*, los valores de Oxígeno Disuelto registrados en temporada seca variaron de 7.09 a 7.32 mg/L; mientras que, durante la temporada húmeda variaron de 6.98 a 7.37 mg/L, siendo estos valores cercanos a los registrados durante la Línea Base 2016-2017, teniendo en cuenta ello, todos los valores de oxígeno disuelto de la laguna Patorcocha se encontraron dentro de los ECA para agua Categoría IV (E1: lagunas y lagos) según el D.S. N° 004-2017-MINAM, por lo que no estaría siendo afectado por los relaves mineros.

Finalmente, en la laguna *Tiniquicocha*, los valores de Oxígeno Disuelto registrados en temporada seca variaron de 6.83 a 8.88 mg/L; mientras que, durante la temporada húmeda variaron de 7.07 a 7.99 mg/L, siendo estos valores cercanos a los registrados durante la Línea Base 2016-2017; teniendo en cuenta ello, todos los valores de oxígeno disuelto de la laguna Tiniquicocha se encontraron dentro de los ECA para agua Categoría IV (E1: lagunas y lagos) según el D.S. N° 004-2017-MINAM, por lo que no estaría siendo afectado por los relaves mineros.

Figura 4: Variación del oxígeno disuelto durante las temporadas húmeda y seca



LB (X)= Datos promediados de la Línea Base

4.4. Evaluación de la influencia de los relaves mineros en la caracterización del hábitat, la estructura de las comunidades hidrobiológicas e índices de diversidad en las lagunas Tinquicocha, Patorcocha y Lauricocha.

4.4.1 Caracterización del hábitat de las lagunas Tinquicocha, Patorcocha y Lauricocha

De manera general, el sustrato de los cuerpos de agua fue variado presentando en la mayoría de las estaciones grava y arena y, en menor medida cantos rodados; como refugio presentaron vegetación terrestre, seguido de la vegetación acuática y en menor medida grutas; finalmente, las orillas estuvieron principalmente caracterizadas por la tierra erosionable, gramíneas y arbustos. Es así como, las lagunas presentaron características de hábitat naturales no viéndose influenciados por la actividad minera. A continuación, se detalla las características del hábitat de las lagunas evaluadas:

La *laguna Tinquicocha*, cuerpo de agua en el que se evaluaron dos estaciones (TI-01 y TI-02), presentó como principal sustrato a la arena, predominando en el 40% del área de la estación TI-01 y en el 50% de la estación TI-02. Como principal refugio para peces, las estaciones TI-01 y TI-02 presentaron vegetación terrestre en el 80% y 65% del área evaluada, respectivamente y en menor medida presentó vegetación acuática en el 20% y 30% del área restante, respectivamente; esta laguna no presentó grupo de rocas y grutas. Sus orillas estuvieron principalmente caracterizadas por arbustos en el 60% de la estación TI-01; mientras que, en la estación TI-02 predominaron las gramíneas en el 40% del área evaluada.

La *laguna Lauricocha*, cuerpo de agua en el que se evaluaron dos estaciones (LA-01 y LA-02), presentó un sustrato principalmente caracterizado por los cantos rodados en más del 40% del área evaluada, los Boulder y la Roca madre no estuvieron presentes en este cuerpo de agua. Respecto a los refugios para peces, ambas estaciones presentaron vegetación terrestre en más del 50% del área evaluada. Finalmente, respecto a las orillas, la estación LA-01 estuvo principalmente caracterizada por arbustos (70%) y en menor medida por las gramíneas (30%); por el contrario, la estación LA-02 estuvo principalmente caracterizada por tierra erosionable en el 50% del área evaluada.

La *laguna Patorcocha*, cuerpo de agua en el que se evaluaron dos estaciones (PA-01 y PA-02), presentó en la estación PA-01 como principal sustrato a la grava en el 35% del área evaluada, por el contrario, la estación PA-02 presentó como principal sustrato a la arena en

el 40% del área evaluada. Respecto a los refugios para peces, la estación PA-01 brindó vegetación acuática en el 40% del área evaluada; mientras que, la estación PA-02 les estaría ofreciendo vegetación terrestre en el 70% del área evaluada. Finalmente, las orillas de la estación PA-01 estuvo principalmente caracterizada por los arbustos en el 60% del área evaluada; mientras que, la estación PA-02 estuvo caracterizado por las gramíneas y arbustos (40%, cada uno).

En la tabla 11 se detallan las características de los hábitats monitoreados.

Tabla 11: Características del hábitat de las lagunas Lauricocha, Patorcocha y Tinquicocha

Parámetro	Rangos	Laguna Lauricocha		Laguna Patorcocha		Laguna Tinquicocha	
		LA-01	LA-02	PA-01	PA-02	TI-01	TI-02
Tamaño	Área estimada de muestreo (m ²)	21	21	21	21	21	21
	Profundidad estimada (cm)	80	70	70	60	150	150
Sustratos (% de Área)	Arcilla (< 0.004 mm)	5	5	-	10	-	-
	Limo (0.004-0.06 mm)	10	10	-	30	10	25
	Arena (0.06-2mm)	15	10	30	40	40	50
	Grava (2 - 64 mm)	20	35	35	15	25	10
	Cantos rodados (64 – 256 mm)	50	40	15	5	25	15
	Boulder (>256 mm)	-	-	20	0	-	-
	Roca madre	-	-	-	-	-	-
	Grupo de rocas	-	-	-	-	-	-
Refugios (% de Área)	Vegetación acuática	-	30	60	10	20	35
	Vegetación terrestre	70	60	40	70	80	65
	Grutas	30	10	-	20	-	-
	Roca	-	-	-	-	-	-
Orillas (% de área)	Tierra Erosionable	-	50	30	10	10	30
	Gramíneas	30	30	10	45	30	40
	Arbustos	70	20	60	45	60	30
	Árboles	-	-	-	-	-	-

NOTA: Los valores porcentuales del sustrato, refugios y orillas fueron obtenidas mediante inspección ocular.

4.4.2 Estructura de las comunitaria del perifiton

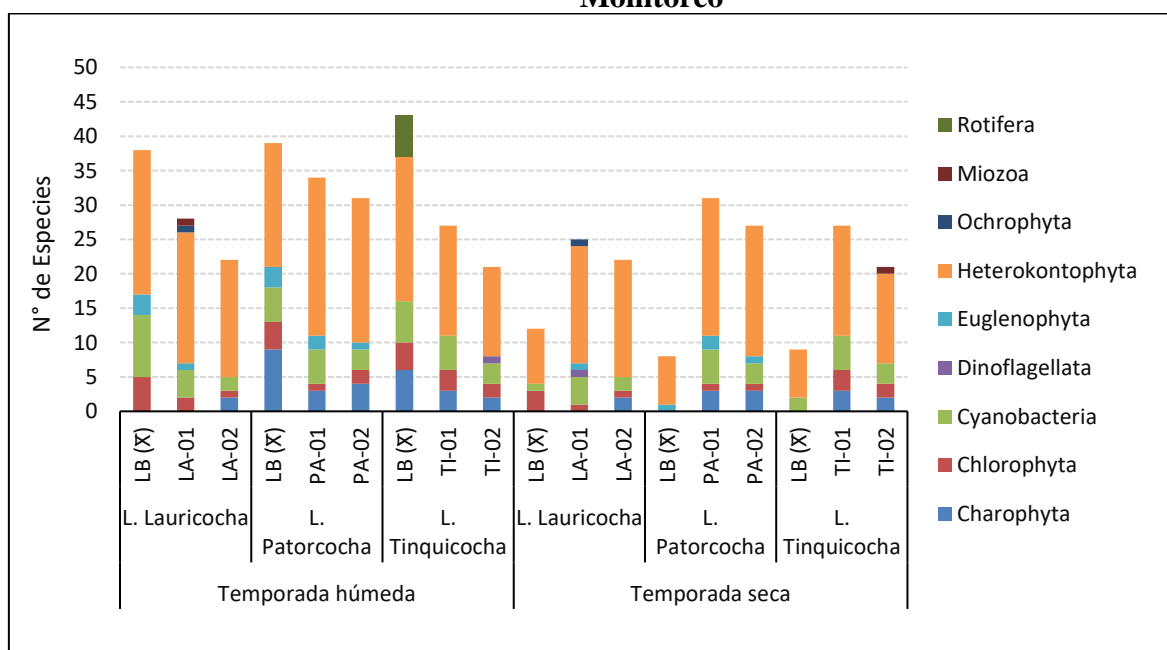
Riqueza y Abundancia de Especies

Del análisis cualitativo entre la Línea Base 2016-2017 y la Evaluación 2024, se observó que los valores de riqueza variaron entre 21 y 43 especies durante la temporada húmeda, mostrando una variabilidad moderada. En contraste, durante la temporada seca los valores de riqueza presentaron una variación más marcada, oscilando entre 8 y 31 especies.

A nivel de cuerpos de agua, durante la temporada húmeda las lagunas Lauricocha, Patorcocha y Tinquicocha registran una disminución de riqueza para la Evaluación 2024. En contraste, durante la temporada seca todas las lagunas presentaron un comportamiento ascendente en la riqueza durante la Evaluación 2024.

En todos los cuerpos de agua, el phylum Heterokontophyta fue el más diverso, seguido distantes por los phylum Cyanobacteria, Charophyta y Chlorophyta; en tanto que, la presencia de los phylum restantes fue mínima.

Figura 5: Composición de Taxones de Perifiton registrados por Estación de Monitoreo



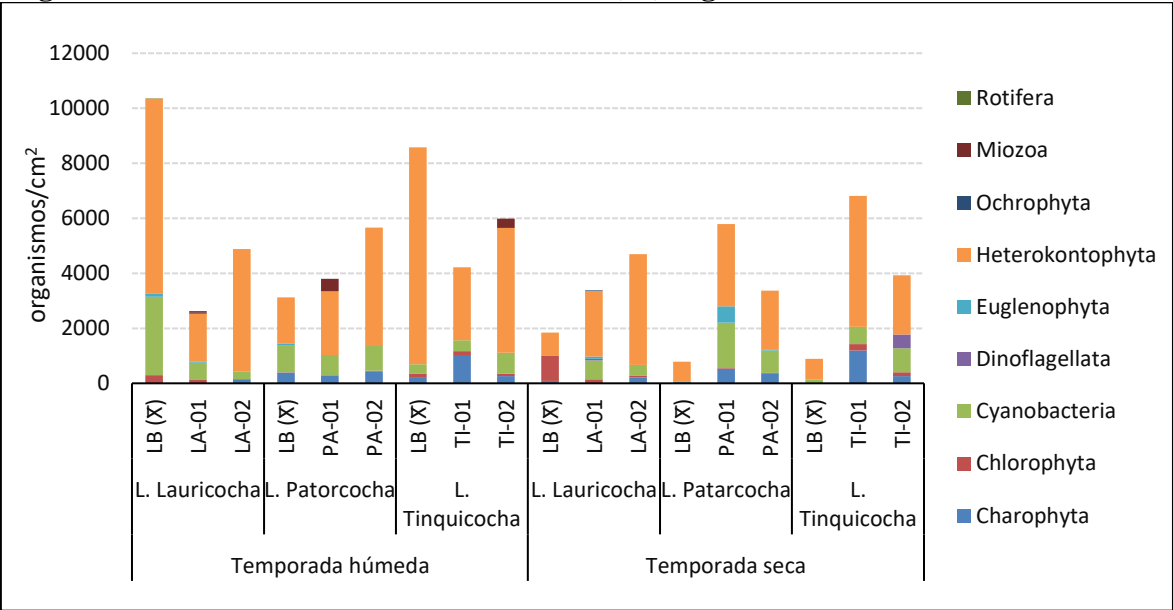
LB (X)= Datos promediados de la Línea Base.

Del análisis cuantitativo entre la Línea Base 2016-2017 y la Evaluación 2024, los valores de abundancia variaron entre 2620 y 10354 organismos/cm² durante la temporada húmeda, presentando un comportamiento variable. De similar manera, durante la temporada seca la abundancia varió de 790 a 6813 organismos/cm².

A nivel de cuerpos de agua, para la temporada húmeda las lagunas Lauricocha y Tinquicocha registran una considerable disminución de los valores de abundancia durante la Evaluación 2024; en tanto, la laguna Patorcocha evidencia un ligero ascenso de la abundancia para la Evaluación 2024. Por otro lado, durante la temporada seca se evidencia un ascenso en los valores de abundancia en todas las lagunas para la Evaluación 2024.

A nivel de phylum, destacó Heterokontophyta como el phylum más abundante en todas las evaluaciones, seguido distantemente por los phylum Cyanobacteria y Charophyta; en tanto, la abundancia de los phylum restantes fue baja.

Figura 6: Densidad de Taxones de Perifiton (%) registrados en el Área de Monitoreo



LB (X)= Datos promediados de la Línea Base

Índices de diversidad

No fue posible realizar el análisis comparativo del índice de diversidad entre la presente evaluación y la Línea Base debido a que no se cuenta con información para la línea base.

Según el índice de Shannon-Wiener (H'), todas las estaciones presentaron diversidad alta, destacando ligeramente el valor reportado en la laguna Patorcocha (estación PA-01) durante la temporada húmeda con 4.50 bits/individuo para el índice de Shannon-Wiener, la alta diversidad estaría relacionado con la distribución homogénea de la abundancia registrada y con la elevada riqueza, lo cual es confirmado por los índices de Simpson y de Equidad.

Los valores de diversidad y equidad para Perifiton se presentan en la Tabla 12.

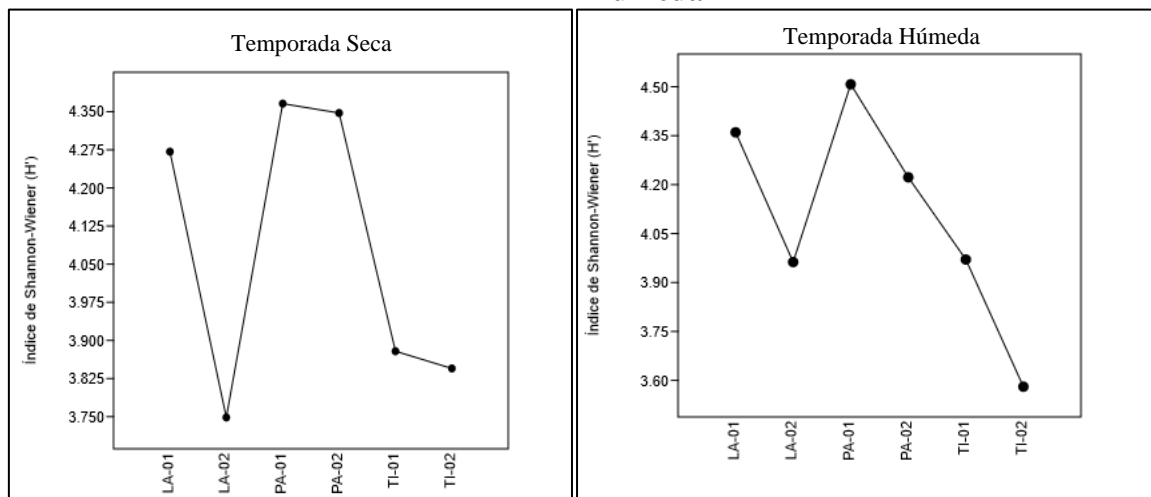
Tabla 12: Índices de Perifiton registrados por Estación de Monitoreo

Lagunas	Estación de monitoreo	Temporada	Índices Comunitarios					Nivel de Densidad
			Riqueza	Densidad	Equidad de Pielou (J)	Diversidad de Simpson (1-D)	Diversidad de Shannon – Wiener	
Lauricocha	LA-01	T.H	28	2620	0.91	0.94	4.35	Alta
		T.S	25	2956	0.92	0.94	4.27	Alta
	LA-02	T.H	22	2936	0.89	0.92	3.96	Alta
		T.S	22	2969	0.84	0.90	3.74	Alta
Patorcocha	PA-01	T.H	34	3802	0.89	0.95	4.50	Alta
		T.S	31	5790	0.88	0.94	4.36	Alta
	PA-02	T.H	31	5662	0.85	0.93	4.22	Alta
		T.S	27	3363	0.91	0.94	4.34	Alta
Tinquicocha	TI-01	T.H	27	4221	0.83	0.91	3.97	Alta
		T.S	27	6813	0.82	0.90	3.88	Alta
	TI-02	T.H	21	5988	0.81	0.88	3.58	Alta
		T.S	21	3922	0.87	0.91	3.84	Alta

Leyenda:

Diversidad Baja: ≤ 1.5 bits/ind.
Diversidad Media: 1.6-3.0 bits/ind.
Diversidad Alta: > 3.0 bits/ind.
TH= Temporada húmeda
TS= Temporada seca

Figura 7: Índice de Shannon-Wiener (H') del perifiton durante las temporadas seca y húmeda



4.4.3 Estructura comunitaria de Macroinvertebrados Bentónicos.

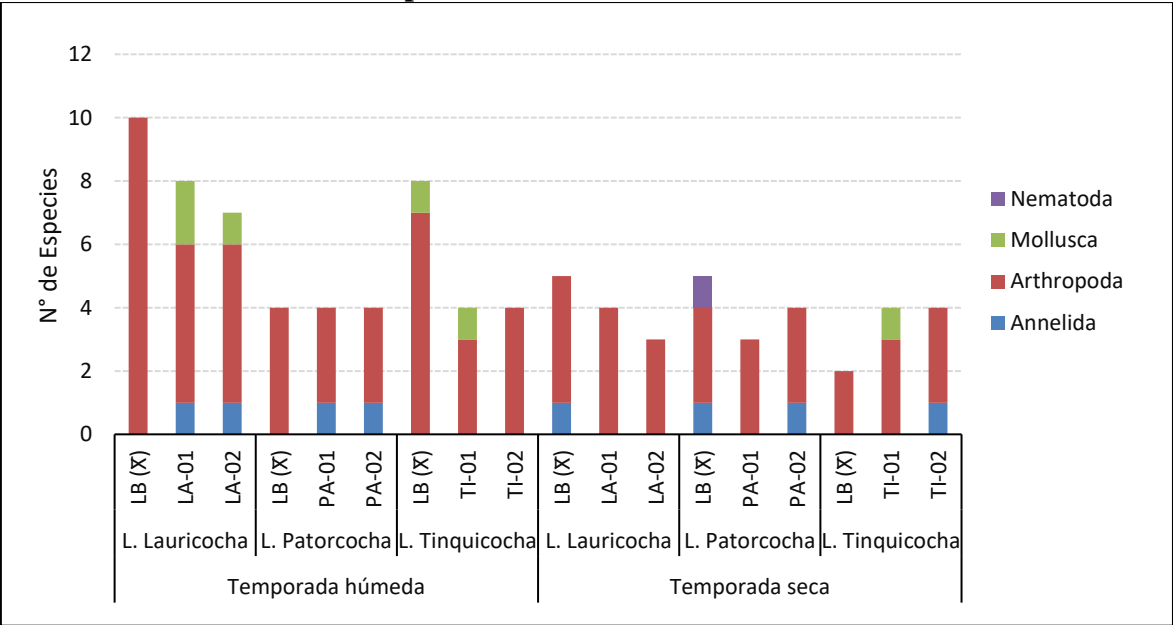
Riqueza y Abundancia de Especies

Del análisis cualitativo entre las evaluaciones 2024 y la Línea Base, los valores de riqueza variaron de 4 a 10 especies durante la temporada húmeda; y de 2 a 5 especies durante la temporada seca.

A nivel de cuerpos de agua, durante la temporada húmeda las lagunas Lauricocha y Tinquicocha registran una disminución de especies para la Evaluación 2024, en tanto, la laguna Patorcocha mantiene un comportamiento estable. Respecto a la temporada seca, las lagunas Lauricocha y Patorcocha registran un descenso de la riqueza; mientras que la laguna Tinquicocha registró un ligero aumento durante la Evaluación 2024.

A nivel de comunidades hidrobiológicas, el phylum Arthropoda se ha mantenido constante durante la Línea base 2016-2017 y la Evaluación 2024, respecto a los phylum restantes, estos tuvieron una presencia fluctuante.

Figura 8: Composición de Taxones de Macroinvertebrados Bentónicos registrados por Estación de Monitoreo



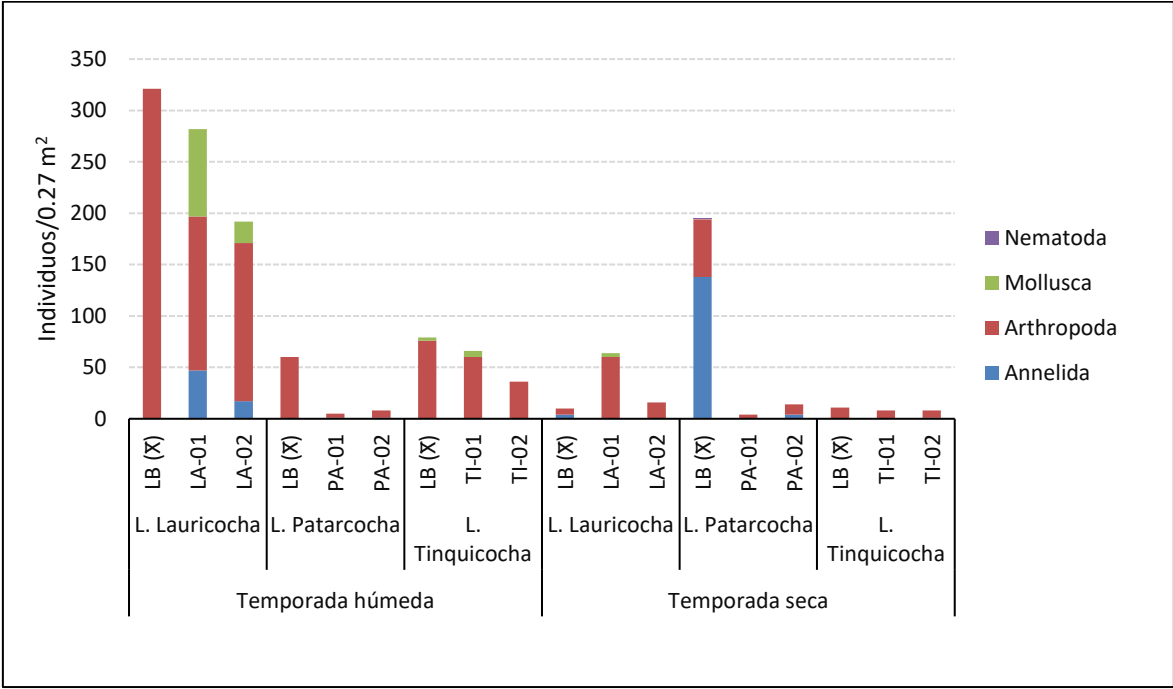
LB (X)= Datos promediados de la Línea Base

Del análisis cuantitativo entre la Línea Base 2016-2017 y la Evaluación 2024, los valores de abundancia variaron de 5 a 321 individuos/0.27m² durante la temporada húmeda, presentando un comportamiento variado; de similar manera, durante la temporada seca la abundancia varió de 8 a 195 individuos/0.27m².

A nivel de cuerpos de agua, la mayoría de las lagunas evaluadas durante el 2024 presentaron un descenso en los valores de abundancia con respecto a la Línea Base 2016-2017 en ambas temporadas, a excepción de la laguna Lauricocha, la cual registró un comportamiento ascendente durante la temporada seca.

A nivel de phylum, destacó Arthropoda como el phylum más abundante en todas las evaluaciones; en tanto que, la presencia de los phylum Annelida, Mollusca y Nematoda fueron variables.

Figura 9: Abundancia de Taxones de Macroinvertebrados Bentónicos registrados en el Área de Monitoreo



LB (X)= Datos promediados de la Línea Base

Índices de diversidad

No fue posible realizar el análisis comparativo del índice de diversidad entre la presente evaluación y la Línea Base debido a que no se cuenta con información para la línea base.

Según el índice de Shannon-Wiener (H'), las estaciones presentaron diversidades entre bajas y medias, destacando ligeramente el valor reportado en la laguna Lauricocha (estación LA-01) durante la temporada húmeda con 2.61 bits/individuo para el índice de Shannon-Wiener, este valor de diversidad estaría relacionado con la distribución homogénea de la abundancia registrada y con la alta riqueza, lo cual es confirmado por los índices de Simpson y de Equidad. Por el contrario, el menor valor de diversidad fue registrado en la laguna Tinquicocha (estación TI-01) durante la temporada seca con 1.06 bits/individuo para el índice de Shannon-Wiener, estando ello relacionado con la dominancia de alguna especie.

Los valores de diversidad y equidad para Macroinvertebrados Bentónicos se presentan en la Tabla 13.

Tabla 13: Índices de Macroinvertebrados Bentónicos registrados por Estación de Monitoreo

Lagunas	Estación de monitoreo	Temporada	Índices Comunitarios					Nivel de Densidad
			Riqueza	Abundancia (Ind. /0.27 m ²)	Equidad de Pielou (J)	Índice Diversidad de Simpson (1-D)	Índice de Diversidad de Shannon - Wiener	
Lauricocha	LA-01	T.H	8	282	0.87	0.82	2.61	Media
		T.S	5	64	0.48	0.35	1.12	Baja
	LA-02	T.H	7	192	0.82	0.75	2.32	Media
		T.S	3	16	0.79	0.54	1.25	Baja
Patorcocha	PA-01	T.H	4	5	0.96	0.72	1.92	Media
		T.S	3	4	0.95	0.63	1.50	Baja
	PA-02	T.H	4	8	0.88	0.66	1.75	Media
		T.S	4	14	0.96	0.72	1.92	Media
Tinquicocha	TI-01	T.H	4	66	0.92	0.70	1.83	Media
		T.S	3	8	0.67	0.41	1.06	Baja
	TI-02	T.H	4	36	0.63	0.45	1.27	Baja
		T.S	4	8	0.77	0.56	1.55	Baja

Leyenda:

Diversidad Baja: ≤ 1.5 bits/ind.

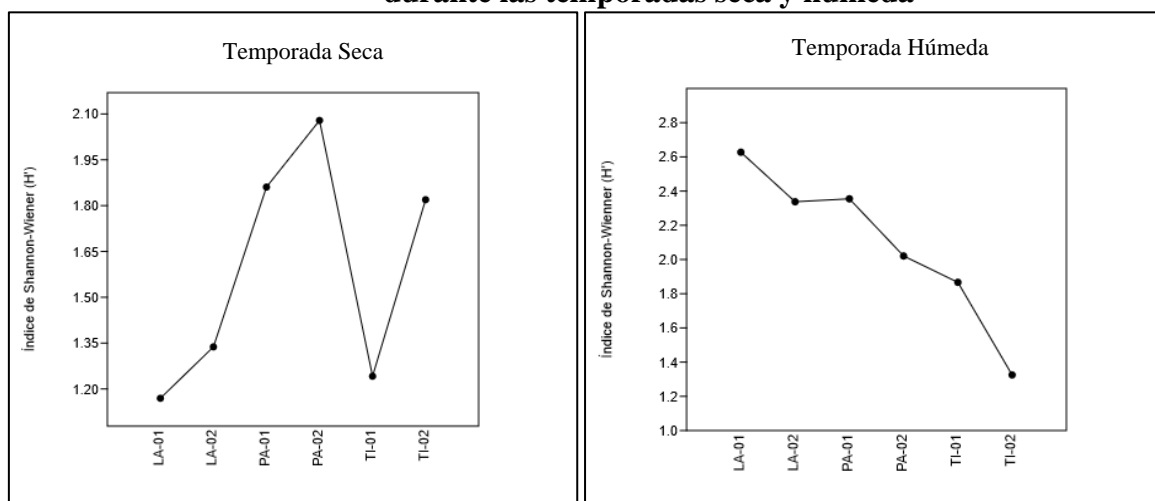
Diversidad Media: 1.6-3.0 bits/ind.

Diversidad Alta: > 3.0 bits/ind.

TH= Temporada húmeda

TS= Temporada seca

Figura 10: Índice de Shannon-Wiener (H') para los macroinvertebrados bentónicos durante las temporadas seca y húmeda



4.5. Determinación de la influencia de los relaves mineros en la calidad del agua a través de bioindicadores de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en las lagunas Tinquicocha, Patorcocha y Lauricocha.

Los macroinvertebrados bentónicos están adquiriendo una alta importancia en el análisis de la calidad del agua. Estos organismos incluyen anélidos, platelmintos, moluscos y artrópodos en su mayor parte, siendo los Chironomidae una familia tolerante a altos niveles de contaminación. Por otro lado, los grupos Ephemeroptera, Trichoptera y Plecoptera también son usados por su sensibilidad a la contaminación, especialmente Plecoptera que se reportan en aguas estrictamente limpias (Buenaño, *et al.* 2018). Otros grupos tienen una gran adaptabilidad, lo que les permite responder rápidamente a los desafíos ambientales y evolutivos.

Cabe mencionar que, para el presente análisis solo se tiene información de Línea base para el índice EPT, por lo que el análisis comparativo solo se realizará para dicho índice; por el contrario, para los índices BMWP, ABI e IBF se elaborará una descripción de la calidad del agua pudiendo quedar como un precedente.

4.5.1. Índice EPT

En la Tabla 14 se muestra la calidad del agua según el índice EPT%, el cual utiliza tres (03) órdenes de macroinvertebrados bentónicos pertenecientes a Ephemeroptera (E), Plecoptera (P) y Trichoptera (T). En ese sentido, durante la temporada húmeda se evidencia una mala calidad del agua para todas las evaluaciones debido a la ausencia y/o baja presencia de los organismos pertenecientes a los órdenes Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera, registrando valores entre 0.00 y 5.56%; por el contrario, durante la temporada seca se evidencia un comportamiento más variable de la calidad del agua (0.00 – 32.56%), destacando la calidad reportada en las lagunas Lauricocha y Patorcocha durante la Línea base 2016-2017.

Tabla 14: Índices EPT% registrado por cuerpo de agua

Temporada	Lagunas	Estación de monitoreo	EPT (%)	
			Valor	Calidad del agua
Temporada húmeda	Lauricocha	LB*	0.00	Mala
		LA-01	0.00	Mala
		LA-02	0.00	Mala

Temporada	Lagunas	Estación de monitoreo	EPT (%)	
			Valor	Calidad del agua
Temporada seca	Patorcocha	LB*	0.00	Mala
		PA-01	0.00	Mala
		PA-02	0.00	Mala
	Tinquicocha	LB*	0.00	Mala
		TI-01	0.00	Mala
		TI-02	5.56	Mala
	Lauricocha	LB*	29.82	Regular
		LA-01	0.00	Mala
		LA-02	0.00	Mala
	Patorcocha	LB*	32.56	Regular
		PA-01	0.00	Mala
		PA-02	0.00	Mala
	Tinquicocha	LB*	5.56	Mala
		TI-01	0.00	Mala
		TI-02	0.00	Mala

*Línea Base Hidrobiológica

4.5.2. Índice BMWP

En la Tabla 15 se muestra la calidad del agua según el índice BMWP, para las estaciones ubicadas en las lagunas Lauricocha, Patorcocha y Tinquicocha, donde los valores oscilaron entre 2 (calidad muy crítica) y 17 (calidad crítica); cabe mencionar que, este índice considera solo valores de presencia o ausencia (cualitativo).

Es así como, en la *laguna Lauricocha*, el agua de la estación LA-02 calificó como de calidad muy crítica durante ambas temporadas; de similar manera, el agua de la estación LA-01 calificó también como de calidad muy crítica, pero solo durante la temporada seca; mientras que, durante la temporada húmeda calificó como de calidad crítica. Por otro lado, en la *laguna Patorcocha*, el agua de ambas estaciones (PA-01 y PA-02) calificaron como de calidad muy crítica durante ambas temporadas. Finalmente, en la *laguna Tinquicocha*, el agua de la estación TI-01 calificó como de calidad muy crítica durante ambas temporadas; mientras que, la estación TI-02 calificó también como de calidad muy crítica, pero solo durante la temporada seca; mientras que, durante la temporada húmeda calificó como de calidad crítica.

Tabla 15: Índices BMWP registrado por cuerpo de agua

Temporada	Lagunas	Estación de monitoreo	BMWP		
			Valor	Clase	Calidad del agua
Temporada húmeda	Lauricocha	LA-01	17	IV	Crítica
		LA-02	11	V	Muy crítica
	Patorcocha	PA-01	6	V	Muy crítica
		PA-02	8	V	Muy crítica
	Tinquicocha	TI-01	8	V	Muy crítica
		TI-02	16	IV	Crítica
Temporada seca	Lauricocha	LA-01	8	V	Muy crítica
		LA-02	2	V	Muy crítica
	Patorcocha	PA-01	2	V	Muy crítica
		PA-02	13	V	Muy crítica
	Tinquicocha	TI-01	8	V	Muy crítica
		TI-02	9	V	Muy crítica

NOTA: Este índice emplea datos cualitativos

4.5.3. Índice ABI

En la Tabla 16 se observan los estados ecológicos de las estaciones monitoreadas según el Índice Biótico Andino (ABI); cabe mencionar que, este índice considera solo valores de presencia o ausencia (cualitativo). En ese sentido, el agua de las *lagunas Patorcocha* y *Tinquicocha* calificaron como de pésima calidad durante ambas temporadas; mientras que, la *laguna Lauricocha* calificó como de mala calidad en la estación LA-01, durante ambas temporadas, en tanto que, la estación LA-02 calificó como de pésima calidad, también durante ambas temporadas.

Tabla 16: Índices ABI registrado por cuerpo de agua

Temporada	Estación de monitoreo	Lagunas	ABI	
			Valor	Calidad del agua
Temporada húmeda	Lauricocha	LA-01	22	Malo
		LA-02	11	Pésimo
	Patorcocha	PA-01	6	Pésimo
		PA-02	2	Pésimo
	Tinquicocha	TI-01	10	Pésimo
		TI-02	8	Pésimo
Temporada seca	Lauricocha	LA-01	16	Malo
		LA-02	8	Pésimo
	Patorcocha	PA-01	2	Pésimo
		PA-02	8	Pésimo
	Tinquicocha	TI-01	10	Pésimo

Temporada	Estación de monitoreo	Lagunas	ABI	
			Valor	Calidad del agua
		TI-02	9	Pésimo

NOTA: Este índice emplea datos cualitativos

4.5.4. Índice IBF

En la Tabla 17 se muestra la calidad del agua según el índice IBF para las estaciones ubicadas en las lagunas; cabe mencionar que, este índice considera valores cuantitativos. Teniendo en cuenta ello, el agua de la *laguna Lauricocha* calificó como de excelente a muy mala calidad, destacando la calidad de la estación LA-01, evaluada durante la temporada húmeda. Por otro lado, el agua de la *laguna Patorcocha* calificó como de buena a mala calidad, destacando la calidad de la estación PA-02, evaluada durante la temporada seca. Finalmente, el agua de la *laguna Tinquicocha* calificó como de excelente a relativamente mala calidad, destacando la estación TI-01, evaluado durante la temporada húmeda.

Tabla 17: Índices IBF registrado por cuerpo de agua

Temporada	Estación de monitoreo	Lagunas	IBF		
			Valor	Clase	Calidad del agua
Temporada húmeda	Lauricocha	LA-01	3.23	I	Excelente
		LA-02	6.03	V	Relativamente Malo
	Patorcocha	PA-01	5.2	IV	Regular
		PA-02	5.75	IV	Regular
	Tinquicocha	TI-01	3.85	II	Muy Buena
		TI-02	5.86	V	Relativamente Malo
Temporada seca	Lauricocha	LA-01	6.89	VI	Mala
		LA-02	7.56	VII	Muy Mala
	Patorcocha	PA-01	7	VI	Mala
		PA-02	4.43	III	Buena
	Tinquicocha	TI-01	0.88	I	Excelente
		TI-02	6	V	Relativamente Malo

NOTA: Este índice emplea datos cuantitativos.

5. DISCUSIÓN

El sistema de tratamiento de aguas residuales industriales de la Unidad Minera Raura, consiste en la precipitación de los sólidos, la adición de reactivos, la sedimentación y filtración, dando como resultado una calidad del agua adecuada para su vertimiento en los cuerpos de agua, pues los valores de pH (min. 8.5 - máx. 8.13 mg/kg), Sólidos Suspendidos Totales (min. 3 - máx. 20 mg/kg), Arsénico Disuelto (min. 0.0429 - máx. 0.0468 mg/kg), Cobre Disuelto (min. 0.003 - máx. 0.0026 mg/kg), Hierro Disuelto (< 0.016 mg/kg), Plomo Disuelto (min. 0.0086 - máx. 0.0096 mg/kg) y Zinc Disuelto (min. 0.383 - máx. 0.721 mg/kg), se encuentran dentro del rango establecido en la R.M. N°011-1996-MEM; por lo que, estos efluentes industriales estarían cumpliendo con los estándares establecidos para su vertimiento al cuerpo de agua receptor.

Sin embargo, en una investigación realizada en las lagunas Lauricocha y Tinquicocha por Christian S. (2024), estos cuerpos de agua presentan una alta concentración de metales pesados en sus sedimentos, ello no solo estaría asociado a la presencia natural de minerales (Zn-Cu-Pb-Ag) en el área evaluada (INSIDEO, 2024), sino también, a las actividades antropogénicas circundantes a la laguna Tinquicocha. Si bien el efluente del PTAR de la U.M. Raura, registra concentraciones de metales pesados dentro del rango establecido por la R.M. N°011-1996-MEM, al incorporarse estos efluentes a la laguna, gradualmente se acumula en el lecho del cuerpo de agua receptor debido a procesos de sedimentación (Salas-Mercado, *et al.* 2020), permitiendo que supere la R.M N°011-1996-MEM lo que influiría en la estabilidad de las comunidades hidrobiológicas, especialmente en la ictiofauna. Cabe mencionar que la laguna Tinquicocha al estar conectada a las lagunas Patorcocha y Lauricocha, ambas ubicadas aguas abajo, los metales pesados son trasladados por el flujo de agua (Correa *et al.* 2021), lo que contribuye con la concentración de metales pesados en dichas lagunas.

Es así como, la presencia de metales pesados en el lecho de las lagunas evaluadas (Tinquicocha, Patorcocha y Lauricocha) estaría afectando a la ictiofauna debido a los procesos de bioacumulación de metales pesados en sus tejidos musculares, registrando presencia de cobre (mín. 0.24 – máx. 0.36 mg/kg), fierro (mín. 4.8 – máx. 10.4 mg/kg), plomo (mín. 0.7 – máx. 4.4 mg/kg) y zinc (mín. 3.83 – máx. 5.29 mg/kg) en los tejidos de los peces capturados en todas las lagunas, a excepción del arsénico, el cual fue registrado solo en la laguna Tinquicocha con un valor mínimo de 0.15 mg/kg, este registro exclusivo

de arsénico en la laguna Tinquicocha, tendría relación con lo indicado por Christian S. (2024), debido a que registró en el lecho de esta laguna una alta concentración de arsénico (617.4 mg/kg); por el contrario, las lagunas restantes registraron concentraciones casi indetectables.

Cabe resaltar que, Rivera & Alarcón (2024) mencionan que los metales pesados se adhieren a los sedimentos que sirven de alimentos para ciertos organismos que succionan el detrito, como por ejemplo el perifiton, siendo ello base para la cadena trófica en estos cuerpos de agua, lo que conllevaría a que la ictiofauna bioacumule los metales pesados en diferentes tejidos, principalmente en el hígado y musculo provocando que su consumo sea perjudicial para la salud humana (Cardenas L. 2021).

Mamani M. (2025) indica que, en diversas localidades del Perú (Huancavelica, Pasco, Áncash, Cuzco, Cajamarca, Ayacucho y Puno) se han encontrado elevadas concentraciones de metales pesados en el tejido de peces, siendo la especie más estudiada la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), lo que exteriorizaría el riesgo significativo hacia la salud pública, al ser especie muy consumida en el Perú.

Resaltar que, la Unidad Minera Raura tiene construidas 2 Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Industriales, el primero correspondiente a la PTAR Sucshapaj, el cual vierte sus aguas en la laguna Rupahuay y la segunda planta correspondiente a la PTAR Tinquicocha, el cual descarga sus aguas a la laguna Tinquicocha, siendo ambas PTAR los únicos efluentes que recogen aguas de contacto, no generando ningún otro efluente que descargue al ambiente producto de las actividades mineras (INSIDEO, 2024). Cabe mencionar que, la laguna Rupahuay a diferencia de la laguna Tinquicocha, no conecta con otros cuerpos de agua lénticos, ni mucho menos se encuentra cerca comunidades campesinas.

Por otro lado, en cuanto a la evaluación de los parámetros físico-químicos, la temperatura de las lagunas no evidencia cambios significativos entre la Línea base 2016-2017 y las evaluaciones posteriores, estando estas ligeras variaciones asociadas a la hora de evaluación y a la radiación solar (Rodríguez & Rodrigo, 2022).

A nivel de lagunas se evidencia que los menores valores de temperatura fueron registrados en la laguna Tinquicocha durante ambas temporadas, esto estaría asociado a la profundidad de las orillas evaluadas, dado que, a diferencia de las lagunas Lauricocha y Patorcocha, la laguna Tinquicocha presenta orillas más profundas; resultados que son contrastados por lo

dicho por Flores *et al.* (2020), el cual menciona que, a mayor profundidad de los cuerpos de agua, menor es la temperatura, debido a la atenuación de la radiación solar en cuerpos de agua profundos; así también, estaría asociado a su cercanía con áreas de glaciares, los cuales aportarían a esta laguna pequeñas cantidades de agua (HIDROGLACS 2023). Teniendo en cuenta ello, los valores de temperatura registrados en las lagunas presentan comportamientos naturales, sin verse influenciado por las actividades mineras.

En cuanto al pH registrado en las lagunas evaluadas, todos los valores registrados durante la Línea base 2016-2017 y la evaluación 2024 se encontraron dentro de los ECA para agua Categoría IV, subcategoría E1: Lagos y lagunas (D.S. N° 004-2017-MINAM), no viéndose afectados por los efluentes mineros; sin embargo, los valores de las estaciones LA-01 (laguna Lauricocha) evaluada durante la temporada húmeda, PA-01 (laguna Patorcocha) evaluada durante la temporada seca y, las estaciones TI-01 y TI-02 (laguna Tinquicocha) evaluadas durante ambas temporadas, registraron valores de pH cercanos al máximo permisible del ECA antes mencionado, calificando como ligeramente alcalinos; cabe mencionar que, diversos autores mencionan que las aguas en cuerpos de agua lóticos presentan valores de pH entre 6 y 9 (Escobar *et al.*, 2021; Huaman-Vilca, 2020; Rodríguez *et al.*, 2023), pudiéndose considerar valores esperados para este tipo de ecosistema.

En cuanto a la conductividad eléctrica registrada en las lagunas, si bien durante la Línea base 2016-2017 y la Evaluación 2024 todos los cuerpos de agua registraron valores de conductividad dentro del rango establecido por el ECA para agua Categoría IV subcategoría E1: Lagos y lagunas (D.S. N° 004-2017-MINAM), al analizar el comportamiento de la conductividad eléctrica entre cuerpos de agua, este tiene un comportamiento contrario al registrado en el análisis de la temperatura, siendo este un comportamiento inusual, pues la conductividad eléctrica varía en conformidad con la temperatura del agua (Gutiérrez M., 2020), es así como, los mayores valores de conductividad eléctrica fueron registrados en la laguna Tinquicocha, lo que posiblemente este asociado a la presencia de una mayor concentración de metales pesados, asociado al vertimiento de los efluentes del PTAR de la U.M Raura, la presencia de una mayor cantidad de metales pesados en el agua puede aumentar su conductividad eléctrica, debido a que estos metales al disolverse forman iones que facilitan el flujo de corriente (Solís-Castro *et al.* 2018). Teniendo en cuenta estos resultados, podríamos indicar que, si bien las evaluaciones del 2024 presentan valores de conductividad cercanas a las registradas durante la Línea base 2016-2017, la actividad minera estaría afectando el comportamiento de la conductividad.

En cuanto al oxígeno disuelto, se registraron valores poco variables entre la Línea base 2016-2017 y la Evaluación 2024, estando al igual que los parámetros mencionados anteriormente, dentro del ECA para agua Categoría IV, subcategoría E1: Lagos y lagunas (D.S. N° 004-2017-MINAM), estos valores indicarían buena calidad del agua y buena remoción del agua, aun cuando la altitud no es favorable (3876 y 4538 msnm); resultados que son constatados por Rondón (2020), pues menciona que, cuanto menor sea la altitud sobre el nivel del mar, mayor será la presión atmosférica y mayor será la capacidad que tiene el agua para disolver oxígeno; teniendo en cuenta ello, los valores de oxígeno disuelto de las lagunas evaluadas no estarían siendo afectados por las actividades mineras. Cabe mencionar que, el oxígeno disuelto cumple un papel importante para la supervivencia de los organismos acuáticos; además, afecta a diversos indicadores, no solo bioquímicos, también estéticos como el olor, sabor y claridad del agua, es por ello que el oxígeno disuelto podría ser considerado el parámetro más estabilizador de los indicadores de calidad de agua (MINAM, 2017).

Respecto a la caracterización del hábitat de las lagunas Tinquicocha, Patorcocha y Lauricocha, el sustrato estuvo principalmente conformado por la arena (0.06-2 mm) y los cantos rodados (64 – 256 mm), ambos tipos de sustratos son de importancia para el desarrollo de la fauna acuática, pues los cantos rodados permiten la fijación del perifiton, en tanto, el sustrato arenoso les provee protección a algunas larvas (Quesada-Alvarado *et al.* 2020). Cabe mencionar que, los sustratos de diversas lagunas también se encuentran principalmente representados por los cantos rodados y la arena (Briceño & Gallego, 2023; Cabrera-Paez *et al.* 2020), por lo que serían consideradas características normales de los cuerpos de agua lénticos.

Las lagunas evaluadas presentaron como principal refugio a la vegetación terrestre, siendo las gramíneas, el cual agrupa a plantas herbáceas con pequeñas flores (Dueñas D., 2022), las que tuvieron mayor presencia en las lagunas; en menor medida, se registró como refugio a la vegetación acuática, estando caracterizada por las especies *Myriophyllum spicatum*, *Juncus echinocephalus* e *Isoetes* sp. Ambos tipos de vegetación desempeñan un papel importante en los ecosistemas acuáticos, pues no solo cumplen una función paisajística, sino que influyen de forma directa en la biodiversidad, balance hídrico y la estabilidad física del terreno (Abraham et al. 2021).

Respecto a las comunidades hidrobiológicas, se evaluó el comportamiento del perifiton y macroinvertebrado bentónico en las lagunas Tinquicocha, Lauricocha y Patorcocha durante la Línea base 2016-2017 y la Evaluación 2024.

El perifiton es una comunidad compleja de microbiota (hongos, algas, animales, bacterias, detritos orgánicos e inorgánicos) que se encuentra adherida a un sustrato, pudiendo ser orgánico o inorgánico. La composición del perifiton varía según el tamaño del sustrato del cuerpo de agua, debido a que su forma de crecimiento y manera de adherirse condicionan su desplazamiento y distribución (Cajamarca-Tovar *et al.* 2021); esta comunidad hidrobiológica registró durante la presente investigación variaciones en su composición y abundancia con fluctuaciones temporales y espaciales, los que son explicados a continuación:

La comunidad perifítica evidencia valores de abundancia y riqueza con comportamientos disímiles a nivel de temporalidad, registrando comportamientos ascendente y descendente durante la Evaluación 2024 para la temporada húmeda y un comportamiento exclusivamente ascendente durante la temporada seca. Vilchez (2012) indica que el perifiton tiene una gran capacidad de adaptación gracias a su alta diversidad y ciclos de vida cortos, algunos de sus mecanismos adaptativos son: la selección de especies tolerantes, es decir, las sensibles desaparecen y las resistentes dominan, mayor producción de mucílago el cual reduce la entrada de metales, mecanismos celulares de detoxificación, etc (Afione, *et al.* 2021).

A nivel de taxones, la dominancia del phylum Heterokontophyta se mantuvo constante durante la Línea base 2016-2017 y la Evaluación 2024, seguido de Cyanobacteria, Charophyta y Chlorophyta, estos phylum son registrados en diversos estudios (Garduno-Solorzano *et al.* 2024; Melo-Magalhães *et al.* 2023), por lo que la estructura comunitaria fue la esperada en las lagunas evaluadas. El phylum Heterokontophyta (antes denominado Bacillariophyta), el cual fue el más abundante y diverso en todas las estaciones, es de amplia distribución, colonizando todo tipo de ecosistemas húmedos, en aguas salobres, marinas y dulces (Mercado-Reyes, *et al.* 2022); además, este phylum agrupa especies que poseen estructuras de fijación al sustrato (La Torre M., 2021), siendo algunas de ellas *Encyonema* sp., *Cyclotella* sp., *Denticula* sp. y *Fragilaria* sp., registradas durante la Evaluación 2024, además las dos últimas especies fueron registradas también durante la Línea base 2016-2017; cabe mencionar que, estos géneros constituyen un grupo relativamente amplio de diatomeas

que habitan mayormente ecosistemas dulceacuícolas, así mismo, son capaces de tolerar altas concentraciones de metales pesados (Conde S. *et al.* 2022; Salinas-Camarillo *et al.* 2021).

A nivel de especies, se observaron registros frecuentes (Línea base y evaluaciones 2024) de ciertos géneros representativos, entre los cuales destacaron *Nitzschia* sp. *Achnanthes* sp. y *Navicula* sp, géneros comúnmente asociados a ambientes bentónicos con buena disponibilidad de nutrientes y sustratos adecuados para su adhesión y por ende la actividad fotosintética. Teniendo en cuenta ello, la presencia de metales pesados en los sedimentos de las lagunas Tinquicocha, Patorcocha y Lauricocha no estarían ejerciendo una influencia significativa o evidente en la distribución y composición de la comunidad perifítica.

En cuanto a los macroinvertebrados bentónicos, este grupo está constituido por aquellos invertebrados que en su mayoría habitan en el fondo de un medio acuático y con un tamaño superior a 0.5 mm (Rodríguez *et al.* 2021). Esta comunidad ha sido reconocida como un indicador potencial de la calidad del agua, debido a su amplia diversidad y distribución, lo que les permitiría adaptarse a características muy estrictas de calidad de agua; así también, pueden albergar información temporal, permitiendo que su grado de sensibilidad responda a una mayor variedad de contaminantes y perturbaciones, lo que reflejaría el efecto integrado de todas las variables ambientales (Salazar, 2024).

Respecto al comportamiento de los macroinvertebrados bentónico, a diferencia del perifiton, se encuentra notablemente influenciado por la temporalidad y ubicación, pues durante el presente estudio los mayores valores de riqueza y abundancia fueron registrados durante la temporada húmeda, evidenciando los mayores valores en la laguna Lauricocha; si bien, Castillo *et al.* (2021) mencionan que, durante la temporada húmeda las precipitaciones condicionan una baja abundancia para este grupo biológico, la mayor presencia de macroinvertebrados bentónicos durante esta época del año en las lagunas evaluadas podría estar asociada a estrategias reproductivas denominadas multivoltinismo, es decir, varias generaciones en un corto lapso de tiempo (Ollague G. 2021), lo que indicaría que, la reproducción de este grupo biológico sería constante en todo el año, especialmente durante la temporada húmeda, aunque de forma limitada, posiblemente debido a la presencia de metales pesados en los sedimentos.

Respecto al comportamiento de los macroinvertebrados bentónico; se evidencia un notable descenso de los valores de riqueza y abundancia durante la Evaluación 2024 respecto a la

Línea base 2016-2017, lo que estaría influenciado por la presencia de metales pesados en los sedimentos de los cuerpos de agua, Loyaga (2018) mencionan que los metales pesados actúan como factores perturbadores para la comunidad bentónica, influenciando en la abundancia y composición, si bien se ha evidenciado el registro continuo de la familia Chironomidae durante la Línea base 2016-2017 y la evaluación 2024, esta familia presenta una alta resistencia a ecosistemas perturbados, por lo que su registro constante indicaría presencia de perturbación ambiental.

Es así como, los resultados registrados en las lagunas evaluadas durante la Línea base 2016-2017 y la Evaluación 2024 reflejaron una baja riqueza y abundancia, lo que indicaría condiciones ambientales desfavorable para este grupo biológico; dado que, Siqueiros *et al.* (2017), indican que, el registro de 50 taxones y diversidad de Shannon-Wiener mayor a 3.89 bits/individuo son normales dentro de ecosistemas lenticos no perturbados; sin embargo, las lagunas Patorcocha y Tinquicocha registraron valores de riqueza y diversidad inferiores a 8 especies y 1.92 bits/individuos; mientras que, la laguna Lauricocha registró valores de riqueza entre 3 y 10 especies con una diversidad máxima de 2.61 bits/individuos, estos limitados registros podrían estar asociados a la poca presencia de sustratos colonizables, así como a la baja presencia de materia orgánica alóctona, vegetación acuática y a la presencia de metales pesados en los sedimentos (De Souza N. & Aguilar E., 2022); además, Acosta *et al.* 2009 indican que, en las zonas altoandinas (>3000 msnm) la limitada oferta de nichos ecológicos condicionan una escasa diversidad de macroinvertebrados bentónicos.

Cabe mencionar que, el sustrato de las lagunas Patorcocha y Tinquicocha estuvieron principalmente conformadas por la arena, limo y en menor medida la grava, siendo estos sustratos inestables para el asentamiento de los macroinvertebrados bentónicos; por el contrario, la laguna Lauricocha presentó un sustrato más estable (cantos rodados y grava), permitiendo una mayor presencia de macroinvertebrados bentónicos. Resaltar que, la distribución de los phylum en los cuerpos de agua estaría asociados a la competencia que existe entre ellos, esto imposibilita la adhesión al sustrato de phylum más débiles que no pueden superar los mecanismos inhibidores de los phylum más fuertes (Giménez, M. 2021), ello se vio reflejado en los resultados, siendo los Artrópodos el grupo dominante en todos los cuerpos de agua, en tanto que, los phylum Mollusca, Annelida y Nematoda tuvieron una presencia más limitada y variable entre los cuerpos de agua.

Los macroinvertebrados bentónicos son indicadores de la calidad del agua debido a su grado de tolerancia a la contaminación, para ello se emplean diversos índices de calidad tales como el EPT%, IBF, ABI y BWMP.

Según el índice EPT%, la calidad del agua de todas las lagunas evaluadas durante la temporada húmeda se ha mantenido constante, calificándolas como de mala calidad debido a la ausencia o casi nulo registro de los órdenes Ephemeroptera, Trichoptera y Plecoptera; por el contrario, durante la temporada seca se evidencia una disminución en la calidad del agua de las lagunas, es así como, durante la Línea base 2016-2017 se registró presencia de los órdenes Ephemeroptera, Trichoptera y Plecoptera, aunque no lo suficiente para calificar a estas lagunas como de buena calidad; por el contrario, durante la Evaluación 2024 no se evidencia presencia de estos órdenes. La baja o nula presencia del grupo EPT durante la Línea base 2016-2017 y la Evaluación 2024 podría estar asociada a la actividad minera, pues la presencia de metales pesados en el sedimento produce una reducción del número de taxones de macroinvertebrados pertenecientes a los órdenes Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera (Rondan R. 2020).

Respecto al índice BMWP, el cual determina la calidad del agua a partir del registro cualitativo de macroinvertebrados bentónicos, calificó durante la temporada seca a todos los cuerpos de agua como de calidad Muy crítica; mientras que durante la temporada húmeda registró calidades del agua entre Crítica y Muy Crítica. De similar manera, los resultados obtenidos con el índice ABI, el cual es una adaptación del BMWP, también designó a las lagunas calidades de agua perturbadas, pues casi todas las estaciones calificaron como agua de pésima calidad durante ambas temporadas, con excepción de la estación LA-01 ubicada en la laguna Lauricocha, el cual calificó como calidad de agua mala.

La presencia de metales pesados en los sedimentos de las lagunas Lauricocha, Patorcocha y Tinquicocha estarían influyendo en la calidad del agua obtenidas con los índices BMWP y ABI, pues limitan la presencia de las familias sensibles a las condiciones de estrés, siendo Aeshnidae la única familia altamente sensible registrada en los cuerpos de agua evaluados; es así como, Acosta *et al.* (2009) indica que los índices cualitativos como el BMWP y ABI están condicionados por los valores de riqueza registrados, lo que daría como resultado bajos valores para estos índices bióticos durante la presente investigación.

A nivel cuantitativo, el índice IBF el cual pondera a las familias de acuerdo a su tolerancia (Cárdenas-Castro, 2018), calificó al 33% de estaciones evaluadas durante las temporadas humedad y seca como de calidad buena a excelente; mientras que el 67% de estaciones restantes calificaron como de regular a muy mala calidad, esto debido a la alta abundancia de familias resistentes a ecosistemas perturbados, siendo los quironómidos los que tuvieron mayor presencia en las lagunas, especialmente en la laguna Lauricocha; cabe mencionar que, si bien esta familia está relacionada a ecosistemas con alta concentración de materia orgánica, algunos géneros no están directamente relacionados a ello, es así como, durante el presente monitoreo se registraron a los géneros *Chironomus* sp. y *Tanytarsus* sp., ambos asociados a procesos de mineralización y, a los géneros *Alotanypus* sp. y *Cricotopus* sp. relacionados con procesos de oxidorreducción en ecosistemas acuáticos (Rojas-Céspedes *et al.*, 2023). El área de influencia de la U.M. Raura se encuentra sobre áreas mineralizadas con presencia de carbonatos (INSIDEO 2024), ello estaría influenciado en la predominancia de la familia Chironomidae.

Finalmente, este estudio aporta información clave para la toma de decisiones ambientales, al demostrar que incluso efluentes que cumplen con la normativa pueden generar efectos acumulativos con implicancias ecológicas en las lagunas Tinquicocha Patorcocha y Lauricocha, permitiendo una comprensión más realista del estado ambiental de las lagunas y orientando estrategias de mitigación orientadas a la conservación de estos ecosistemas sensibles.

6. CONCLUSIONES

- Los efluentes del PTAR Tinquicocha, vertidos a la laguna Tinquicocha, registran valores de pH (\bar{x} 8.08), Sólidos Totales Suspendedos (\bar{x} 40), Arsénico disuelto (\bar{x} 0.0483), Cobre disuelto (\bar{x} 0.0033), Hierro disuelto (\bar{x} 0.060), Plomo disuelto (\bar{x} 0.0119) y Zinc disuelto (\bar{x} 0.533), dentro de los valores establecidos en el R.M. N°011-1996-MEM, lo que indicaría que el PTAR cumple con la reducción de la concentración de metales pesados.
- Los tejidos de los peces capturados en las lagunas Lauricocha, Patorcocha y Tinquicocha denotan concentraciones altas de metales pesados para el Pb (\bar{x} 2.9) estado por encima de la CFIA (2014) y UE (2005), registrando además bajas concentraciones de Zn (\bar{x} 4.79), Cu (\bar{x} 7.2), Ag (\bar{x} 0.15); los metales pesados se acumulan gradualmente en el lecho del cuerpo de agua receptor siendo perjudicial para la fauna acuática.
- En los parámetros físico-químicos, los valores de pH y oxígeno disuelto registrados durante la Línea base 2016-2017 y Evaluación 2024 en las lagunas Tinquicocha, Patorcocha y Lauricocha, se encontraron dentro del ECA para agua categoría IV (E1: lagunas y lagos) según el D.S. N° 004-2017-MINAM, por lo que, estos parámetros no estarían siendo afectados por las actividades mineras.
- La influencia de los relaves mineros en las comunidades hidrobiológicas evaluadas en las lagunas Tinquicocha, Patorcocha y Lauricocha, no están ejerciendo una influencia significativa en la comunidad perifítica, presentando una estructura comunitaria cercana a la Línea Base 2016-2017; por el contrario, los macroinvertebrados bentónicos evidencian impacto negativo en sus estructuras comunitarias, presentando un comportamiento desigual a la Línea base 2016-2017.
- La calidad del agua de las lagunas Lauricocha, Patorcocha y Tinquicocha, según los índices EPT%, BMWP, IBF y ABI, reflejan calidades de agua perturbadas durante la Línea base 2016-2017 y Evaluación 2024, ello estaría asociado a la acumulación de metales pesados en los sustratos de las lagunas, influyendo en la composición y abundancia de los taxones indicadores de calidad.
- Los relaves mineros de la UM Raura están influyendo negativamente en la estructura comunitaria de los macroinvertebrados bentónicos y conductividad eléctrica del agua superficial de las lagunas Tinquicocha, Patorcocha y Lauricocha.

7. RECOMENDACIONES

- Continuar con las evaluaciones de la calidad del agua de las lagunas Tinquicocha, Patorcocha y Lauricocha a fin de identificar posibles variaciones en la calidad del agua para los años posteriores a esta investigación.
- Implementar límites permisibles para la presencia de Cobre, Fierro y Zinc en el tejido de peces, por parte de las entidades competentes.
- Evaluar el contenido de metales pesados en el perifiton presente en las lagunas Tinquicocha, Patorcocha y Lauricocha.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Abraham, M.; Natale, E.; Principe, R. (2021). Diversidad y distribución espacio-temporal de macroinvertebrados acuáticos en una charca temporaria urbana (Córdoba, Argentina); Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Ciencias Naturales y Museo. Instituto de Limnología "Raúl A. Ringuelet"; *Biología Acuática*; 36; 18-5-2021; 1-15.
- Acosta, R., Ríos, B., Rieradevall, M. & Prat, N. (2009). Propuesta de un protocolo de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CERA) y su aplicación a dos cuencas en Ecuador y Perú. *Limnética*, 28 (1): 35 – 64.
- Afione, C.; Juárez, B., Moretton, J., & Magdaleno, A. (2021). Efectos de metales pesados, glifosato y sus mezclas binarias sobre el crecimiento de algas verdes. *Ecología Austral*, 31(1), 053–064.
- Arévalo, W. (2023) Why do lagoons age?. *Revista Aquaciencia*.
- Bascur, J. & Cruces, F. (2023). Reconstrucción de las condiciones tróficas de laguna Espejo (x región de los lagos) mediante el uso de diatomeas y parámetros físico-químicos contenidos en un perfil sedimentario. Tesis presentada a la Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas de la Universidad de Concepción para optar al título de Bióloga
- Briceño, G. & Gallego, C. (2023). Heterogeneidad espacial y oferta de hábitats en tres ecosistemas lóticos de la Serranía de La Lindosa, Amazonía colombiana. *Geográfica Digital*, 20(39), 20–33.
- Brousett-Minaya, M., Rondan-Sanabria, G., Chirinos-Marroquín, M., & Biamont-Rojas, I. (2021). Impacto de la Minería en Aguas Superficiales de la Región Puno - Perú. *Fides et Ratio - Revista de Difusión cultural y científica de la Universidad La Salle en Bolivia*, 21(21), 187-208.
- Buenaño, M.; Vásquez, C.; Zurita, H.; Parra, G. & Pérez, R. (2018). Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua en la cuenca del Pachanlica, provincia de Tungurahua, Ecuador. *Intropica* 13(1): 41 – 49.
- Cabrera-Paez, Y.; Aguilar-Betancourt, C. & Gonzalez-Sanson, G. (2020). Influencia del sustrato en la composición de la ictiofauna en zonas someras de la laguna costera Barra de Navidad, México. *Rev. biol. trop* [online]. 2020, vol.68, n.4, pp.1322 1336. ISSN 0034-7744.
- Cajamarca-Tovar, N.; Gaona-Castro, L.; Jimenez-Vargas, N.; Acosta-Salina, M.; Camargo-Cortes, L. (2021). Diversidad de Perifiton como indicador de calidad de agua

en Caño Barandas Reserva Natural El Diamante de las Aguas, Guaviare, Colombia. Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas. 33: 143-153.

- Cardenas L. (2021). Bioacumulación de plomo y cadmio en el tejido muscular de la especie *Salmo trutta* (Trucha) procedentes de 3 ríos de la provincia de Espinar, Cusco-2020. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero ambiental.
- Cárdenas-Castro, E.; Lugo-Vargas, L.; González-Acosta, J. & Tenjo-Morales, A. (2018). Aplicación del índice biótico de familias de macroinvertebrados para la caracterización del agua del río Teusacá, afluente del río Bogotá. Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica, 21(2), 587-597.
- Carrera, C. & Fierro, C. (2001). Manual de Monitoreo. Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua. Ecociencia, Quito.
- Castillo, A.; Rodríguez, J., & Vidal, G. (2021). Macroinvertebrados bentónicos indicadores de calidad biológica del agua de lagunas altoandinas, La Libertad-Perú. Rebiol, 41(1), 91-101.
- Cavero J. & Manrique M. (2022). Lagunas altoandinas de Lima evaluadas para el desarrollo de acuicultura, 2018. Informe IMARPE, Vol. 49/No. 4
- Cavero-Arana, J.; Manrique, M.; Zavalaga, F.; Chang, F.; Bouchon, M.; Aguilar, C. (2020). Fitoplancton en Tres Lagunas Altoandinas de la Provincia Ambo, Región Huánuco, Perú. Informe IMARPE; 47(3).
- CEPAL. (2023). Perspectivas económicas de América Latina 2013
- Christian, S. (2024). Factor de contaminación y riesgo potencial ecológico por metales pesados en sedimentos acuáticos de las lagunas del distrito de San Miguel de Cauri, Huánuco. Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental. Universidad Nacional Federico Villarreal.
- Conde, S.; Choquehuanca, Y., Vargas, J., Cuba, A., Tapia, M. & Holgado-Rojas, M. (2022). Contribución al conocimiento de las diatomeas del perifiton en el río Qochoq, Calca, Cusco, Peru. Q'EUÑA, 13(1), 14-24
- Correa O.; Fuentes, F. & Coral, R. (2021). Contaminación por metales pesados de la microcuenca agropecuaria del río Huancaray - Perú. Revista de la Sociedad Química del Perú, 87(1), 26-38.
- Custodio, M. (2019). A Review of Water Quality Indices Used to Assess the Health Status of High Mountain Wetlands. Open Journal of Ecology, 9, 66-83.
- De Souza. N. & Aguilar E. (2022). Influencia de factores ambientales en la composición de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos y grupos funcionales alimenticios

en tres sectores de la cuenca del río Chillón (Lima). Tesis para optar el título de licenciada en biología. Universidad Cayetano Heredia.

- Dueñas D. (2022). Productividad de las principales especies gramíneas forrajeras mejoradas del trópico ecuatoriano en condiciones de secano. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero agrónomo. Universidad Técnica de Babahoyo
- Escobar, S.; Albuja, A. & Andueza, F. (2021). Calidad fisicoquímica del agua de la laguna Colta. Chimborazo, Ecuador. FIGEMPA Investigación y Desarrollo. pp.76-81
- Escobar-Mamani, F; Branca, D. & Haller, A. (2020). Investigación de montaña sobre y para la región andina. Rev. investig. Altoandin, vol.22, n.4, pp.311-312. ISSN 2313-2957.
- Espinoza, W. (2024). Políticas ambientales y sus controversias en el desarrollo sostenible de las empresas mineras en la provincia de Paucar del Sara Sara Ayacucho [Tesis de pregrado, Universidad Autónoma del Perú]. Repositorio de la Universidad Autónoma del Perú.
- Feio, M.; Hughes, R.; Callisto, M.; Nichols, S.; Odume, O.; Quintella, B.; Kuemmerlen, M.; Aguiar, F.; Almeida, S.; Alonso-Eguía P.; Arimoro, F.; Dyer, F.; Harding, J.; Jang, S.; Kaufmann, P.; Lee, S.; Li, J.; Macedo, D.; Mendes, A.; Yates, A. (2021). The biological assessment and rehabilitation of the world's rivers: An overview. Water, 13(3), p. 371
- Flores, J. A. & Paez, G. (2020). Determinación de Constantes Cinéticas de Abatimiento Bacteriano en Lagunas de Estabilización Facultativas de la Provincia de Mendoza y Modelo de Correlación de Temperatura Aire - Agua. Revista Tecnología Y Ciencia.
- Garduno-Solorzano, G.; Gonzalez-Fernandez, F. & Fuentes-Zuno, S. (2024). Phytoplankton from a brackish lagoon in the central region of Veracruz, Mexico. Rev. biol. Trop. 2024, vol.72, n.1.
- Giménez M. (2021). Instrucciones biológicas en sustratos artificiales para la puesta de sepia en fondos arenosos: estructura de biocenosis. Trabajo final de grado. Universidad Politécnica de Valencia.
- Godoy, R.; Radomski, F.; Guerra, B. & Kuroda, C. (2019). Eutrophication: A threat to freshwater reservoirs and human health. Multidisciplinary Reviews, 1-7.
- Gonzalez A. (2021). La contaminación por desechos industriales en la Laguna de Yuriria, ubicada en la Región Centro de México.
- Guevara, A.; Obando W. & Segura, F. (2019). La gestión de la calidad del agua en el Perú. Pontificia Universidad Católica del Perú.

- Gutiérrez, M. (2020). Diseño en sensores de conductividad eléctrica para medida de calidad del agua en soluciones de suelo. Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales. Universidad Politécnica de Cartagena.
- HIDROGLACS (2023). Informe de los glaciares y lagunas en la Unidad Minera Raura.
- Hilsenhoff W. (1988). Rapid field assesment of organic pollution with a family level biotic index. Journal of the North American Benthological Society 7: 65-68
- Huaman-Vilca, S. (2020). «Evaluación de la calidad del agua de la laguna Marvilla en los Pantanos de Villa (Lima, Perú)». South Sustainability, 1(2), e019 DOI: 10.21142/SS-0102-2020-019.
- INGEMMET. (2023). Evaluación hidrogeológica para el aprovechamiento de las aguas subterráneas en la microcuenca Lauricocha – Huánico.
- INSIDEO (2017). Segunda Modificación del Plan de Cierre de Minas de la Unidad Minera Raura. R.D. N° 128-2017-MEM/DGAAM.
- INSIDEO (2024) Modificación del estudio de impacto ambiental detallado de la Unidad Minera (U.M.) Raura. Número de Proyecto: 023-9-021, Julio, 2024
- INSIDEO. (2023). Modificación del Estudio de Impacto Ambiental Detallado (EIA-d) de la Unidad Minera Raura
- Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña. (2023). Inventario Nacional de Glaciares y Lagunas de Origen Glaciar.
- La Torre, M. (2021). “Variación espacio - temporal de las microalgas asociadas al perifiton en los humedales de Santa Rosa, Chancay (Lima-Perú)”. Tesis para optar el título profesional de licenciado en biología. Universidad Nacional Federico Villarreal.
- Lazo O.; Piscoya T. & Roa C. (2022). Análisis crítico del uso de macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de la calidad del agua en el Sistema Nacional de Gestión Ambiental. Revista Kawsaypacha: Sociedad y Medio Ambiente, (9), 140-153.
- Loyaga, D.R. (2018). Efectos de los agentes contaminantes en la biodiversidad macrobentónica del litoral Salaverry, La Libertad – Perú. Tesis para optar el titulo profesional de biólogo pesquero. Universidad Nacional de Trujillo.
- Mamani M. (2025). Contenido de metales pesados en los peces en el Perú: una revisión sistémica. RIIARn. 2025, vol.12, n.1. pp.131-141.
- Manrique, H. & Sanborn, C. (2021). La minería en el Perú: balance y perspectivas de cinco décadas de investigación. Documento de investigación; N.º 16. Universidad del Pacífico

- Melo-Magalhães, E.; Gomes de Souza, C.; Campos, R. (2023). Diversidade fitoplanctônica e ocorrência de *Raphidiopsis raciborskii* (wołoszynska) no sistema estuarino lagunar de Jequiá (Alagoas, Brasil). *Arq. Ciên. Mar, Fortaleza*, 2022, 55(2): 66 – 81.
- Mercado-Reyes, I. & ÁlvarezMontero, X. (2022). Catálogo de Microalgas y Cianobacterias de las Reservas Buenaventura y Jorupe, Jocotoco, Ecuador.
- MINAM (2017) Boletín informativo ¿Por qué es importante el oxígeno disuelto en el agua? Gobierno Nacional de Ayacucho
- MINAM. (2014). Métodos de Colecta, Identificación y Análisis de Comunidades Biológicas: plancton, perifiton, bentos y necton en aguas continentales del Perú
- MINEM. (2023-a). Boletín Estadístico Minero. Edición N° 12-2023
- MINEM. (2023-b). Monitoreo de agua de superficial, agua residual industrial y agua potable – PAMA
- Ministerio de Energía y Minas. (1996). Límites máximos permisibles para la descarga de efluentes líquidos de actividades minero-Metalúrgicas.
- Murga, R. (2020). Evaluación de metales pesados en ríos y truchas *Oncorhynchus mykiss* de la región Pasco, Perú. *Revista Iberoamericana Ambiente & Sustentabilidad*. Vol. 3 No. 2, pp. 32-48
- Ollague G. (2021). Evaluación de la calidad de agua en la reserva municipal de la Microcuenca Alta del Río Santa Rosa mediante método de macroinvertebrados bentónicos. Trabajo de investigación para obtener el título de Ingeniero Ambiental. Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca.
- Pelegrí J.; Gili J.; Martínez de Albéniz M. (2022). El océano que queremos: ciencia oceánica inclusiva y transformadora Institut de Ciències del Mar, CSIC, Barcelona.
- Pumasupa, J.; Flores, Y.; Huisa, S.; Condori, D.; Centeno, M.; Valdez, T. & Yaja, A. (2021). Índices de calidad, estructura comunitaria y diversidad funcional: ¿Cuál aproximación permite una mejor caracterización de la calidad ambiental en ríos de la serranía suroccidental? Un análisis con datos de macroinvertebrados bentónicos en ríos de Moquegua. *Ciencia & Desarrollo*, 20(1), 41–56.
- Quesada-Alvarado, F. & Solano-Ulate, D. (2020). Colonización de macroinvertebrados acuáticos en tres tipos de sustratos artificiales, en un río tropical. *Revista de Biología Tropical*. 68. 68-78. 10.15517/rbt.v68iS2.44339.
- Rivera A. & Alarcón D. (2024). Bioacumulación de Metales Pesados en las Especies: *Euphorbia cyparissias* (Lechetrezná), *Bacharis tricuneata* (Taya) y *Epilobium*

tetragonum (Adefillas) Adaptados en la Desmontera Rumiallana – Yanacancha – Pasco – 2023. Tesis para optar por el título profesional de Ingeniero Ambiental.

- Rodríguez, C.; Roldán, R. & Bopp, V. (2021). Macroinvertebrados Bentónicos Indicadores de Calidad Biológica del Agua de Lagunas Altoandinas, La Libertad-Perú. REBIOL, 41(1), 91-101.
- Rodríguez, R. & Rodrigo, R. (2022) Evaluación de la influencia de parámetros fisicoquímicos del agua y el suelo en la estructura, composición y almacenamiento de carbono de la comunidad de mangles en la Ciénaga de Mallorquín, Barranquilla, Colombia. Universidad del Norte. Tesis para optar por el grado de Maestría en Ciencias Naturales
- Rodríguez, R.; Gonzalez, G.; López, R.; Coronato, A.; Matoloni, G.; Granitto, M.; Malits, A. & Veira, F. (2023). Caracterización limnológica, fitoplanctónica y batimétrica de un lago coloreado (Laguna Negra, Parque Nacional Tierra del Fuego, Argentina). Asociación Argentina de Ecología. Ecología Austral 33:285-299 Abril 2023
- Rojas-Céspedes, M.; Guevara, G.; Reinoso-Flórez, G. (2023). Chironomidae y su relación con variables fisicoquímicas en tres quebradas del río Combeima (Tolima, Colombia). Tesis para optar para el grado de Maestría en Ciencias Biológicas, Facultad de Ciencias, Universidad del Tolima.
- Roldán, G. (2003). La bioindicación de la calidad del agua en Colombia, propuesta para el uso del método BM
- Rondan, H. (2020). Evaluación del impacto de la actividad minera en la calidad de agua y la diversidad de macroinvertebrados bentónicos en quebradas del sector la pampa, Tambopata-Madre de Dios. Tesis para Optar al Título Profesional de Ingeniero Forestal y Medio Ambiente. Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios.
- Rondón, D. (2020). Relación entre lo ambiental y lo fisicoquímico. El caso del oxígeno disuelto.
- Salas-Mercado, D.; Hermoza-Gutiérrez, M. & Salas-Ávila, D. (2020). Distribución de metales pesados y metaloides en aguas superficiales y sedimentos del río Crucero, Perú. Revista Boliviana de Química, 37(4), 185-193.
- Salazar, M. (2024). Evaluación de la diversidad funcional de los macroinvertebrados bentónicos y su relación con la complejidad estructural de los arrecifes coralinos en Isla Espíritu Santo, México. Tesis de Maestría en Ciencias. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California. 42 pp.

- Salinas-Camarillo, V.; Carmona-Jiménez, J. & Lobo, A. (2021). Development of the Diatom Ecological Quality Index (DEQI) for peri-urban mountain streams in the Basin of Mexico. *Environ Sci Pollut Res* 28, 14555–14575.
- Siqueiros-Beltrones. A. & Martinez. J. (2017). Prospective Floristics of Epiphytic Diatoms on Rhodophyta From the Southern Gulf of Mexico. *CICIMAR Oceánides* 32: 35-49.
- Solís-Castro, Y; Zúñiga-Zúñiga, L; Mora-Alvarado, D. (2018). La conductividad como parámetro predictivo de la dureza del agua en pozos y nacientes de Costa Rica. *Tecnología en Marcha*. Vol. 31-1. Enero-Marzo 2018. Pág 35-46.
- Solombrino A. & Martínez J. (2021). Condiciones ambientales y eutrofización de la Laguna El Pino, Guatemala, con base en variables fisicoquímicas, vegetación acuática y terrestre.
- Vilchez, C. (2012). Efectos de la contaminación difusa sobre el perifiton de arroyos. Tesis para optar por el título de doctor en Ciencias Naturales. Universidad Nacional de la Plata.
- Zapata, A.; Rivera-Rondón, C.; Valoyes, D.; Muñoz-López, C.; Mejía-Rocha, M. y Catalan, J. (2021). Páramo Lakes of Colombia: An Overview of Their Geographical Distribution and Physicochemical Characteristics. *Water*, 13, 2175.

9. ANEXOS

ANEXO 1: PARÁMETROS **FISICOQUÍMICOS**

Tabla 18: Parámetros físico-químicos de las lagunas Lauricocha, Patorcocha y Tinquicocha durante la presente evaluación

Parámetro físico-químico	Temporalidad	Lauricocha		Patorcocha		Tinquicocha		ECA para Agua (D.S. N° 004-2017-MINAM)
		LA-01	LA-02	PA-01	PA-02	TI-01	TI-02	Categoría 4 (E1: Lagunas y lagos)
Temperatura (°C)	TS	20.7	18.6	12.6	10.9	9	10.4	Δ 3
	TH	13.9	14.8	12.6	9	10.5	9.9	Δ 3
pH	TS	8.27	7.86	8.85	8.69	8.95	8.87	6.5 – 9.0
	TH	8.92	8.55	8.45	8	7.99	8.55	6.5 – 9.0
Conductividad Eléctrica (μS/cm)	TS	286	285	366	472	496	641	1000
	TH	297	273	388	499	476	688	1000
Oxígeno Disuelto (mg/L)	TS	7.86	7.98	7.09	7.32	8.88	6.83	≥5
	TH	8.88	7.39	6.98	7.37	7.99	7.07	≥5

Leyenda:

TS= Temporada seca; TH= Temporada húmeda

ANEXO 2: INFORME PRESENTADO POR
ALS LS PERÚ S.A.C.

Informe de Monitoreo Ambiental

*Programa de Monitoreo Ambiental –
Agua*

Informe del II Trimestre – 2024

Fecha de Emisión: 27/06/2024

Elaborado por:
ALS LS Perú S.A.C

**COMPAÑÍA MINERA
RAURA S.A.**

"Monitoreo de Agua
Superficial, Agua Residual
Industrial y Agua Potable –
PAMA"





LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-029



PDT 003 - 01

INFORME DE ENSAYO: 42225/2024

CIA. MINERA RAURA S.A.

Jr. GIOVANNI BATISTA LORENZO BERNINI Nro. 149 INT. 501A URB. SAN BORJA SAN BORJA
Lima Lima

PAMA MEM

Emitido por: - Karin Zelada Trigos

- Luis Rodriguez Carranza

- Miguel Mamani Huamani

Fecha de Emisión: 17/05/2024

Karin Zelada Trigos
COP: 839
Personal Signatario - Químico

Luis Rodriguez Carranza
COP: 7896
Personal Signatario - Microbiólogo

Miguel Mamani Huamani
COP: 852
Personal Signatario - Químico

Renovación de Acreditación a ALS LS Perú S.A.C. mediante registro LE-029
División - Medio Ambiente

Pág. 1 de 11

Revisión: 12
Fecha de Revisión: 14/02/2020

Av. República de Argentina N° 1859, Cercado de Lima - Perú Telf: (511) 488-9580
Av. Dolores 167, José Luis Bustamante y Rivero, Arequipa - Perú Telf: (054) 424-570
www.alsglobal.com





INFORME DE ENSAYO: 42225/2024

RESULTADOS ANALITICOS

Muestras del ítem: 3

NP ALS LS		333708/2024-L0					
Fecha de Muestreo		15/04/2024					
Hora de Muestreo		14:05:00					
Tipo de Muestra		Agua Potable					
Identificación		E-18					
Parámetro	Ref. Mét.	Fecha de Ensayo	Unidad	LD	LQ	Resultado	LU
000 ENSAYOS EN CAMPO							
pH (m)	15906	15/04/2024	Unidades pH	—	—	8,32	4,05-2
000 ENSAYOS FISICOQUÍMICOS							
Sólidos Suspendidos Totales (mg/l)	20342	17/04/2024	mg/L	8	5	8	NS
000 ENSAYOS DE METALES - Metales Disueltos por ICP-MS							
Asenico Disuelto (As) (mg/l)	20285	17/04/2024	mg/L	0,0001	0,0006	0,0079	1,1E-3
Cobre Disuelto (Cu) (mg/l)	20285	17/04/2024	mg/L	0,0003	0,0009	0,0013	9,5E-4
Hierro Disuelto (Fe) (mg/l)	20285	17/04/2024	mg/L	0,015	0,048	< 0,015	NS
Plomo Disuelto (Pb) (mg/l)	20285	17/04/2024	mg/L	0,0002	0,0004	0,0006	5,1E-4
Zinc Disuelto (Zn) (mg/l)	20285	17/04/2024	mg/L	0,008	0,030	0,059	2,1E-3

Muestras del ítem: 11

NP ALS LS		227045/2024-L0					
Fecha de Muestreo		12/04/2024					
Hora de Muestreo		10:25:00					
Tipo de Muestra		Agua Residual Industrial					
Identificación		M-1/E-20A/V/Regar1					
Parámetro	Ref. Mét.	Fecha de Ensayo	Unidad	LD	LQ	Resultado	LU
000 ENSAYOS EN CAMPO							
pH (m)	15906	12/04/2024	Unidades pH	—	—	8,48	4,05-2
000 ENSAYOS EN CAMPO - Caudal por Método Correntómetro (Campo)							
Caudal (m³/día) (m)	24048	12/04/2024	m³/día	—	—	30762	3,6E+2
000 ENSAYOS FISICOQUÍMICOS							
Sólidos Suspendidos Totales (mg/l)	20342	14/04/2024	mg/l	8	5	28	5,1E+0
000 ENSAYOS DE METALES - Metales Disueltos por ICP-MS							
Boro Disuelto (B) (mg/l)	20285	17/04/2024	mg/l	0,003	0,012	< 0,003	NS
Cobre Disuelto (Cu) (mg/l)	20285	17/04/2024	mg/l	0,0003	0,0009	0,0027	1,2E-3
Hierro Disuelto (Fe) (mg/l)	20285	17/04/2024	mg/l	0,016	0,048	< 0,016	NS
Plomo Disuelto (Pb) (mg/l)	20285	17/04/2024	mg/l	0,0002	0,0004	< 0,0002	NS
Zinc Disuelto (Zn) (mg/l)	20285	17/04/2024	mg/l	0,008	0,030	0,600	5,5E-2

Muestras del ítem: 12

NP ALS LS		227145/2024-L0					
Fecha de Muestreo		12/04/2024					
Hora de Muestreo		12:00:00					
Tipo de Muestra		Agua Residual Industrial					
Identificación		E-04A/V/Regar1					
Parámetro	Ref. Mét.	Fecha de Ensayo	Unidad	LD	LQ	Resultado	LU
000 ENSAYOS EN CAMPO							
pH (m)	15906	12/04/2024	Unidades pH	—	—	8,50	4,05-2
000 ENSAYOS EN CAMPO - Caudal por Método Correntómetro (Campo)							



INFORME DE ENSAYO: 42225/2024

NP ALS LS		227145/2008-L0					
Fecha de Muestreo		12/04/2024					
Hora de Muestreo		12:00:00					
Tipo de Muestra		Agua Residual Industrial					
Identificación		I-64A/VIIing1					
Parámetro	Ref. IML	Fecha de Ensayo	Unidad	LB	LQ	Resultado	LU
001 ENSAYOS EN CAMPO							
Caudal (m ³ /da) (PM)	24068	12/04/2024	m ³ /da	—	—	218.82	1,26+2
002 ENSAYOS PSICOQUÍMICOS							
Sólidos Suspendidos Totales (mg/l)	20242	14/04/2024	mg/l	8	5	20	5,10+0
003 ENSAYOS DE METALES - Metales Disueltos por ICP-MS							
Asénico Disuelto (As) (mg/l)	20235	15/04/2024	mg/l	0,0001	0,0004	0,0411	4,25-8
Cobre Disuelto (Cu) (mg/l)	20235	15/04/2024	mg/l	0,0004	0,0009	0,0040	1,15-8
Hierro Disuelto (Fe) (mg/l)	20235	15/04/2024	mg/l	0,016	0,048	< 0,016	96
Plomo Disuelto (Pb) (mg/l)	20235	15/04/2024	mg/l	0,0002	0,0004	0,0096	1,55-8
Zinc Disuelto (Zn) (mg/l)	20235	15/04/2024	mg/l	0,008	0,020	0,721	6,59+2

Muestras del ítem: 13

NP ALS LS		227034/2008-L0					
Fecha de Muestreo		12/04/2024					
Hora de Muestreo		12:00:00					
Tipo de Muestra		Agua Residual Industrial					
Identificación		I-20					
Parámetro	Ref. Mnt.	Fecha de Ensayo	Unidad	LB	LQ	Resultado	LU
000 ENSAYOS EN CAMPO							
pH (PM)	11906	12/04/2024	Unidades pH	---	---	7,85	4,05+2
002 ENSAYOS EN CAMPO - Caudal por Método Correntómetro (Campo)							
Caudal (m ³ /da) (PM)	24068	12/04/2024	m ³ /da	---	---	44754	1,85+2
003 ENSAYOS PSICOQUÍMICOS							
Sólidos Suspendidos Totales (mg/l)	20242	14/04/2024	mg/L	8	5	540	1,75+1
003 ENSAYOS DE METALES - Metales Disueltos por ICP-MS							
Asénico Disuelto (As) (mg/l)	20235	15/04/2024	mg/L	0,0001	0,0004	0,0087	1,28+8
Cobre Disuelto (Cu) (mg/l)	20235	15/04/2024	mg/L	0,0004	0,0009	0,0047	1,35+8
Hierro Disuelto (Fe) (mg/l)	20235	15/04/2024	mg/L	0,016	0,048	< 0,016	96
Plomo Disuelto (Pb) (mg/l)	20235	15/04/2024	mg/L	0,0002	0,0004	0,0026	7,25+8
Zinc Disuelto (Zn) (mg/l)	20235	15/04/2024	mg/L	0,008	0,020	0,910	8,85+2

NP ALS LS		227033/2008-L0					
Fecha de Muestreo		12/04/2024					
Hora de Muestreo		12:00:00					
Tipo de Muestra		Agua Residual Industrial					
Identificación		I-8					
Parámetro	Ref. IML	Fecha de Ensayo	Unidad	LB	LQ	Resultado	LU
001 ENSAYOS EN CAMPO							
pH (PM)	11906	12/04/2024	Unidades pH	—	—	8,23	4,05+2
002 ENSAYOS EN CAMPO - Caudal por Método Correntómetro (Campo)							
Caudal (m³/día) (PM)	24068	12/04/2024	m³/día	—	—	12785	1,45+2
003 ENSAYOS PSICOQUÍMICOS							
Sólidos Suspendidos Totales (PM)	20242	14/04/2024	mg/L	8	5	46	5,75+0
003 ENSAYOS DE METALES - Metales Disueltos por ICP-MS							
Asénico Disuelto (As) (mg/L)	20235	15/04/2024	mg/L	0,0001	0,0004	0,0521	4,75+8
Cobre Disuelto (Cu) (mg/L)	20235	15/04/2024	mg/L	0,0004	0,0009	0,0045	1,25+8



INFORME DE ENSAYO: 42225/2024

NP ALS LS		227007/2024-L0						
Fecha de Muestreo		11/04/2024						
Hora de Muestreo		12:00:00						
Tipo de Muestra		Agua Residual Industrial						
Identificación		E-4						
Parámetro	Ref. Méx.	Fecha de Ensayo	Unidad	LD	LQ	Resultado	SU	
Hierro Disuelto (Fe) ^{mg/l}	20235	11/04/2024	mg/l	0,016	0,048	<0,016	NE	
Plomo Disuelto (Pb) ^{mg/l}	20235	11/04/2024	mg/l	0,0002	0,0004	0,0106	1,66-3	
Zinc Disuelto (Zn) ^{mg/l}	20235	11/04/2024	mg/l	0,008	0,020	0,814	7,68-2	

Muestras del ítem: 13

NP ALS LS			228144/2024-L0				
Fecha de Muestreo			11/04/2024				
Hora de Muestreo			11:00:00				
Tipo de Muestra			Agua Residual Industrial				
Identificación:			RI-1/11-4				
Parámetro	Ref. Méx.	Fecha de Ensayo	Unidad	LD	LQ	Resultado	SU
000 ENSAYOS EN CAMPO							
pH (mm)	11906	11/04/2024	Unidades pH	---	---	7,85	4,05-2
000 ENSAYOS EN CAMPO - Caudal (volumétrico)							
Caudal (m³/día) (mm)	20008	11/04/2024	m³/día	---	---	114,4	1,35+0
000 ENSAYOS FÍSICOQUÍMICOS							
Sólidos Suspendidos Totales (mm)	20242	11/04/2024	mg/L	4	5	15	5,06+0
007 ENSAYOS DE METALES - Metales Disueltos por ICP MS							
Ársenico Disuelto (As) (mm)	20235	11/04/2024	mg/L	0,0001	0,0006	0,0036	8,15-4
Cobre Disuelto (Cu) (mm)	20235	11/04/2024	mg/L	0,0004	0,0009	0,0002	1,85-3
Hierro Disuelto (Fe) (mm)	20235	11/04/2024	mg/L	0,016	0,048	<0,016	NE
Plomo Disuelto (Pb) (mm)	20235	11/04/2024	mg/L	0,0002	0,0004	0,0113	2,85-3
Zinc Disuelto (Zn) (mm)	20235	11/04/2024	mg/L	0,008	0,020	4,106	4,66-5

Muestras del ítem: 31

NP ALS LS			227134/2024-L0					
Fecha de Muestreo			11/04/2024					
Hora de Muestreo			11:00:00					
Tipo de Muestra			Agua Superficiales					
Identificación			E-4/ RCH-02/PMW-03/1-3/1.7mg5					
Parámetro	Ref. Méx.	Fecha de Ensayo	Unidad	LD	LQ	Resultado	SU	
000 ENSAYOS EN CAMPO								
pH (mm)	11906	11/04/2024	Unidades pH	—	—	8,63	4,25-2	
000 ENSAYOS EN CAMPO - Caudal por Método Correntómetro (Campo)								
Caudal (m³/día) (mm)	24048	11/04/2024	m³/día	—	—	24088	3,25+2	
007 ENSAYOS DE METALES - Metales Disueltos por ICP MS								
Ársenico Disuelto (As) (mg/l)	20235	11/04/2024	mg/L	0,0001	0,0006	0,0241	2,46-3	
Cobre Disuelto (Cu) (mg/l)	20235	11/04/2024	mg/L	0,0004	0,0009	<0,0004	NE	
Hierro Disuelto (Fe) (mg/l)	20235	11/04/2024	mg/L	0,016	0,048	<0,016	NE	
Plomo Disuelto (Pb) (mg/l)	20235	11/04/2024	mg/L	0,0002	0,0004	<0,0002	NE	
Zinc Disuelto (Zn) (mg/l)	20235	11/04/2024	mg/L	0,008	0,020	0,130	2,16-2	



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-029



FDT 003 - 01

INFORME DE ENSAYO: 52046/2024

CIA. MINERA RAURA S.A.

Jr. GIOVANNI BATISTA LORENZO BERNINI Nro. 149 INT. 501A URB. SAN BORJA SAN BORJA
Lima Lima

PAMA MEM

Emitido por: - Karín Zelada Trigos

- Luis Rodríguez Carranza

- Miguel Mamani Huamani

Fecha de Emisión: 12/06/2024

Karín Zelada Trigos
COP: 839
Personal Signatario - Químico

Luis Rodríguez Carranza
COP: 7898
Personal Signatario - Microbiólogo

Miguel Mamani Huamani
COP: 852
Personal Signatario - Químico

Renovación de Acreditación a ALS LS Perú S.A.C. mediante registro LE-029
División - Medio Ambiente

Pág. 1 de 11

Revisión 10
Fecha de Revisión: 10/02/2020

Av. República de Argentina N° 1859, Cercado de Lima - Perú Telf: (511) 480-9500
Av. Dolores 167, José Luis Bustamante y Rivero, Arequipa - Perú Telf: (054) 424-570
www.alsglobal.com





LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-029



Registro HILE - 029

FDT 002 - 02

INFORME DE ENSAYO: 52046/2024

Muestras del ítem: 12

N° ALS LS			295545/2024-L0				
Fecha de Muestreo			15/05/2024				
Hora de Muestreo			12:00:00				
Tipo de Muestra			Agua Residual Industrial				
Identificación			E-04A/Vilegas				
Parámetro	Ref. MLC	Fecha de Ensayo	Unidad	LD	LQ	Resultado	UI
000 ENSAYOS EN CAMPO							
pH (mH)	15906	15/05/2024	Unidades pH	---	---	8.04	4.06-2
000 ENSAYOS EN CAMPO - Caudal por Método Correntómetro (Campo)							
Caudal (m³/día) (mH)	24048	15/05/2024	m³/día	---	---	1.2680	1.46+2
000 ENSAYOS FÍSICOQUÍMICOS							
Sólidos Suspendidos Totales (mH)	20242	15/05/2024	mg/L	8	5	1.8	4.96+0
000 ENSAYOS DE METALES - Metales Disueltos por ICP MS							
Arsénico Disuelto (As) (mH)	20235	14/05/2024	mg/L	0.0001	0.0006	0.0429	4.06-3
Cobre Disuelto (Cu) (mH)	20235	14/05/2024	mg/L	0.0009	0.0009	0.0022	1.16-3
Hierro Disuelto (Fe) (mH)	20235	14/05/2024	mg/L	0.016	0.048	< 0.016	NS
Plomo Disuelto (Pb) (mH)	20235	14/05/2024	mg/L	0.0002	0.0004	0.0095	1.54-3
Zinc Disuelto (Zn) (mH)	20235	14/05/2024	mg/L	0.008	0.020	0.427	3.96-2

Muestras del ítem: 13

Nº ALS LS		295542/2024-L0					
Fecha de Muestreo		15/05/2024					
Hora de Muestreo		14:00:00					
Tipo de Muestra		Agua Residual Industrial					
Identificación		E-20					
Parámetro	Ref. MML	Fecha de Ensayo	Unidad	LD	LQ	Resultado	UI
000 INFORMACIONES DE LA MUESTRA							
Actividad (°H)	---	---	m.u.s.m	---	---	4822.0	---
000 ENSAYOS EN CAMPO							
pH (mH)	15906	15/05/2024	Unidades pH	---	---	7.81	4.06-2
000 ENSAYOS EN CAMPO - Caudal por Método Correntómetro (Campo)							
Caudal (m³/día) (mH)	24048	15/05/2024	m³/día	---	---	898.28	4.36+2
000 ENSAYOS FÍSICOQUÍMICOS							
Sólidos Suspendidos Totales (mH)	20242	15/05/2024	mg/L	8	5	82.7	2.46+1
000 ENSAYOS DE METALES - Metales Disueltos por ICP MS							
Arsénico Disuelto (As) (mH)	20235	15/05/2024	mg/L	0.0001	0.0006	0.0086	1.26-3
Cobre Disuelto (Cu) (mH)	20235	15/05/2024	mg/L	0.0009	0.0009	0.0040	1.36-3
Hierro Disuelto (Fe) (mH)	20235	15/05/2024	mg/L	0.016	0.048	< 0.016	NS
Plomo Disuelto (Pb) (mH)	20235	15/05/2024	mg/L	0.0002	0.0004	0.0028	7.66-4
Zinc Disuelto (Zn) (mH)	20235	15/05/2024	mg/L	0.008	0.020	1.540	1.46-1

Nº ALS LS						295546/2024-L0	
Fecha de Muestreo						15/05/2024	
Hora de Muestreo						12:00:00	
Tipo de Muestra						Agua Residual Industrial	
Identificación						E-4	
Parámetro	Ref. MSL	Fecha de Ensayo	Unidad	LD	LQ	Resultado	UI
000 INFORMACIONES DE LA MUESTRA							
Actividad (%)	---	---	m.u.s.m	---	---	4405.0	---
000 ENSAYOS EN CAMPO							

Pág. 3 de 11

Revisión: 01
Fecha de Revisión: 15/05/2024

Av. República de Argentina N° 1859, Cercado de Lima - Perú Telf: (511) 488-9590
Av. Dolores 167, José Luis Bustamante y Rivero, Arequipa - Perú Telf: (054) 424-570
www.alsglobal.com





LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-829



FDT 002 - 02

INFORME DE ENSAYO: 52046/2024

NY ALS 15			295546/2024-L0				
Fecha de Muestreo			13/05/2024				
Hora de Muestreo			12:00:00				
Tipo de Muestra			Agua Residual Industrial				
Identificación			E-4				
Parámetro	Ref. Mét.	Fecha de Ensayo	Unidad	LD	LQ	Resultado	LU
pH (pH)	15906	13/05/2024	Unidades pH	—	—	7,92	4,05-2
002 ENSAYOS EN CAMPO - Caudal por Método Correntómetro (Campo)							
Caudal (m³/día) (mm)	28088	13/05/2024	m³/día	—	—	14388	1,34-2
003 ENSAYOS FISICOQUÍMICOS							
Sólidos suspendidos Totales (mg/l)	20342	15/05/2024	mg/l	8	5	88	5,45-0
007 ENSAYOS DE METALES - Metales Disueltos por ICP MS							
Ársenico Disuelto (As) (mg/l)	20285	15/05/2024	mg/l	0,0001	0,0006	0,0428	3,25-8
Cobre Disuelto (Cu) (mg/l)	20285	15/05/2024	mg/l	0,0008	0,0009	0,0088	1,25-8
Hierro Disuelto (Fe) (mg/l)	20285	15/05/2024	mg/l	0,016	0,048	< 0,016	NE
Plomo Disuelto (Pb) (mg/l)	20285	15/05/2024	mg/l	0,0002	0,0004	0,0180	1,95-8
Zinc Disuelto (Zn) (mg/l)	20285	15/05/2024	mg/l	0,008	0,020	0,422	3,95-2

Muestras del ítem: 15

Nº ALS 15		308640/2024-L0					
Fecha de Muestreo		17/05/2024					
Hora de Muestreo		12:00:00					
Tipo de Muestra		Agua Residual Industrial					
Identificación		RS-7/1-9					
Parámetro	Ref. Mét.	Fecha de Ensayo	Unidad	LD	LQ	Resultado	LU
000 INFORMACIONES DE LA MUESTRA							
ACTUAD (°C)	—	—	NULL,00	—	—	4785,0	—
002 ENSAYOS EN CAMPO							
pH (pH)	15906	17/05/2024	Unidades pH	—	—	7,73	4,05-2
002 ENSAYOS EN CAMPO - Caudal (volumétrico)							
Caudal (m³/día) (mm)	28088	17/05/2024	m³/día	—	—	194,1	2,05-0
003 ENSAYOS FISICOQUÍMICOS							
Sólidos Suspendedos Totales (mg/l)	20342	19/05/2024	mg/l	8	5	18	5,05-0
007 ENSAYOS DE METALES - Metales Disueltos por ICP MS							
Ársenico Disuelto (As) (mg/l)	20285	19/05/2024	mg/l	0,0001	0,0006	0,0088	3,25-8
Cobre Disuelto (Cu) (mg/l)	20285	19/05/2024	mg/l	0,0008	0,0009	0,0080	1,25-8
Hierro Disuelto (Fe) (mg/l)	20285	19/05/2024	mg/l	0,016	0,048	< 0,016	NE
Plomo Disuelto (Pb) (mg/l)	20285	19/05/2024	mg/l	0,0002	0,0004	0,0174	2,45-8
Zinc Disuelto (Zn) (mg/l)	20285	19/05/2024	mg/l	0,008	0,020	3,485	3,55-1

Muestras del ítem: 34

N° ALS 15			295576/2024-L0				
Fecha de Muestreo			13/05/2024				
Hora de Muestreo			11:00:00				
Tipo de Muestra			Agua Superficiales				
Identificación			E-6/ICM-02/PMW-05/1-5/UT10q5				
Parámetro	Ref. Mét.	Fecha de Ensayo	Unidad	LD	LQ	Resultado	LU
000 INFORMACIONES DE LA MUESTRA							
ACTUAD (pH)	---	---	NULL,00	---	---	4878,0	---
002 ENSAYOS EN CAMPO							
pH (pH)	15906	13/05/2024	Unidades pH	---	---	8,12	4,05-2



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-029



FDT 003 - 01

INFORME DE ENSAYO: 56560/2024

CIA. MINERA RAURA S.A.

Jr. GIOVANNI BATISTA LORENZO BERNINI Nro. 149 INT. 501A URB. SAN BORJA SAN BORJA
Lima Lima

PAMA MEM

Emitido por: - Karin Zelada Trigoso
- Luis Rodríguez Carranza
- Miguel Mamani Huamani

Fecha de Emisión: 26/06/2024

Karin Zelada Trigoso
CDP: 830
Personal Signatario - Químico

Luis Rodríguez Carranza
CDP: 7896
Personal Signatario - Microbiológico

Miguel Mamani Huamani
CDP: 852
Personal Signatario - Químico

Renovación de Acreditación a ALS LS Perú S.A.C. mediante registro LE-029
División - Medio Ambiente

Pág. 1 de 11

Revisión: 01
Fecha de Revisión: 16/02/2024

Av. República de Argentina N° 1859, Cercado de Lima - Perú Telf: (511) 488-9590
Av. Dolores 167, José Luis Bustamante y Rivero, Arequipa - Perú Telf: (054) 424-570
www.alsglobal.com





LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-829



FST 002 02

INFORME DE ENSAYO: 56560/2024

Muestras del ítem: 12

Nº ALS LS			38949/2024-LD				
Fecha de Muestreo			12/06/2024				
Hora de Muestreo			12:05:00				
Tipo de Muestra			Agua Residual Industrial				
Identificación			E-04A/VII/eq1				
Parámetro	Ref. M&L	Fecha de Ensayo	Unidad	LD	LQ	Resultado	UI
000 INFORMACIONES DE LA MUESTRA							
Acidez (°PH)	---	---	m.u.s.d.n	---	---	44.08	NA
002 ENSAYOS EN CAMPO							
pH (PH)	15906	12/06/2024	Unidades pH	---	---	8.13	4.08-2
003 ENSAYOS FÍSICOQUÍMICOS							
Sólidos Suspendedos Totales (PPT)	20242	14/06/2024	mg/L	3	5	3	NE
007 ENSAYOS DE METALES - Metales Disueltos por ICP MS							
Artenico Disuelto (As) (PPH)	20235	14/06/2024	mg/L	0.0001	0.0005	0.0458	4.35-8
Cobre Disuelto (Cu) (PPH)	20235	14/06/2024	mg/L	0.0003	0.0009	0.0026	1.15-8
Hierro Disuelto (Fe) (PPH)	20235	14/06/2024	mg/L	0.016	0.048	< 0.016	NE
Plomo Disuelto (Pb) (PPH)	20235	14/06/2024	mg/L	0.0002	0.0004	0.0086	1.45-8
Zinc Disuelto (Zn) (PPH)	20235	14/06/2024	mg/L	0.008	0.020	0.383	3.55-2

Muestras del ítem: 13

NY ALS LS		389541/2024-LD					
Fecha de Muestreo		12/06/2024					
Hora de Muestreo		14:00:00					
Tipo de Muestra		Agua Residual Industrial					
Identificación		E-20					
Parámetro	Ref. M&L	Fecha de Ensayo	Unidad	LD	LQ	Resultado	UI
000 INFORMACIONES DE LA MUESTRA							
Acidez (°PH)	---	---	m.u.s.d.n	---	---	44.22	NA
002 ENSAYOS EN CAMPO							
pH (PH)	15906	12/06/2024	Unidades pH	---	---	7.88	4.08-2
002 ENSAYOS EN CAMPO - Caudal por Método Correntómetro (Campo)							
Caudal (m³/día) (PH)	24048	12/06/2024	m³/día	---	---	3.8977	3.75-2
003 ENSAYOS FÍSICOQUÍMICOS							
Sólidos Suspendedos Totales (PPT)	20242	14/06/2024	mg/L	3	5	597	1.95-1
007 ENSAYOS DE METALES - Metales Disueltos por ICP MS							
Artenico Disuelto (As) (PPH)	20235	14/06/2024	mg/L	0.0001	0.0005	0.0110	1.35-8
Cobre Disuelto (Cu) (PPH)	20235	14/06/2024	mg/L	0.0003	0.0009	0.0026	1.15-8
Hierro Disuelto (Fe) (PPH)	20235	14/06/2024	mg/L	0.016	0.048	< 0.016	NE
Plomo Disuelto (Pb) (PPH)	20235	14/06/2024	mg/L	0.0002	0.0004	0.0037	3.45-8
Zinc Disuelto (Zn) (PPH)	20235	14/06/2024	mg/L	0.008	0.020	1.190	1.15-1

N° ALS LS		389648/2024-LD					
Fecha de Muestreo		12/06/2024					
Hora de Muestreo		12:00:00					
Tipo de Muestra		Agua Residual Industrial					
Identificación		E-4					
Parámetro	Ref. M&L	Fecha de Ensayo	Unidad	LD	LQ	Resultado	UI
000 INFORMACIONES DE LA MUESTRA							
Acidez (°PH)	---	---	m.u.s.d.n	---	---	44.05	NA
002 ENSAYOS EN CAMPO							

Pág. 3 de 11

Revisión: 01
Fecha de Revisión: 15/03/2020

Av. República de Argentina N° 1859, Cercado de Lima - Perú Telf: (511) 488-9580
Av. Dolores 167, José Luis Bustamante y Rivero, Arequipa - Perú Telf: (054) 424-570
www.alsglobal.com





LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-829



Registro N° LE - 009

FDT 002 - 02

INFORME DE ENSAYO: 56560/2024

Nº ALS LS			56560/2024-L0				
Fecha de Muestreo			12/06/2024				
Hora de Muestreo			12:00:00				
Tipo de Muestra			Agua Residual Industrial				
Identificación			I-4				
Parámetro	Ref. M&L	Fecha de Ensayo	Unidad	LD	LQ	Resultado	UI
pH (mH)	15906	12/06/2024	Unidades pH	—	—	8,09	4,05-2
002 ENSAYOS EN CAMPO - Caudal por Método Correntómetro (Campo)							
Caudal (m³/día) (mH)	24048	12/06/2024	m³/día	—	—	118,28	1,48+2
003 ENSAYOS PSICOQUÍMICOS							
Sólidos Suspendedos Totales (mH)	20242	12/06/2024	mg/L	8	5	< 8	N6
007 ENSAYOS DE METALES - Metales Disueltos por ICP MS							
Asenico Disuelto (As) (mH)	20235	12/06/2024	mg/L	0,0001	0,0006	0,0505	4,46-3
Cobre Disuelto (Cu) (mH)	20235	12/06/2024	mg/L	0,0004	0,0009	0,0026	1,15-3
Hierro Disuelto (Fe) (mH)	20235	12/06/2024	mg/L	0,016	0,048	0,060	6,70-2
Mnomo Disuelto (Mn) (mH)	20235	12/06/2024	mg/L	0,0002	0,0004	0,0122	1,86-3
Zinc Disuelto (Zn) (mH)	20235	12/06/2024	mg/L	0,008	0,020	0,064	3,45-2

Muestras del ítem: 15

NY ALS LS			56560/2024-L0				
Fecha de Muestreo			09/06/2024				
Hora de Muestreo			13:10:00				
Tipo de Muestra			Agua Residual Industrial				
Identificación			RS-7/5-4				
Parámetro	Ref. M&L	Fecha de Ensayo	Unidad	LD	LQ	Resultado	UI
000 INFORMACIONES DE LA MUESTRA							
ACEUJ (mH)	---	---	mL/L (m)	---	---	4,785	NA
002 ENSAYOS EN CAMPO - Caudal (volumétrico)							
Caudal (m³/día) (mH)	28008	09/06/2024	m³/día	---	---	187,6	1,56+0
003 ENSAYOS PSICOQUÍMICOS							
Sólidos Suspendedos Totales (mH)	20242	11/06/2024	mg/L	8	5	106	7,16+0
007 ENSAYOS DE METALES - Metales Disueltos por ICP MS							
Asenico Disuelto (As) (mH)	20235	12/06/2024	mg/L	0,0001	0,0006	0,0020	7,06-4
Cobre Disuelto (Cu) (mH)	20235	12/06/2024	mg/L	0,0004	0,0009	0,0040	1,15-3
Hierro Disuelto (Fe) (mH)	20235	12/06/2024	mg/L	0,016	0,048	< 0,016	N6
Mnomo Disuelto (Mn) (mH)	20235	12/06/2024	mg/L	0,0002	0,0004	0,0114	2,86-3
Zinc Disuelto (Zn) (mH)	20235	12/06/2024	mg/L	0,008	0,020	6,118	3,46-1

Muestras del ítem: 31

Nº ALS LS			388517/2024-L0				
Fecha de Muestreo			12/06/2024				
Hora de Muestreo			11:10:00				
Tipo de Muestra			Agua Superficial				
Identificación			I-4/RS-02/PMW-05/11-4/11/05				
Parámetro	Ref. M&L	Fecha de Ensayo	Unidad	LD	LQ	Resultado	UI
000 INFORMACIONES DE LA MUESTRA							
ACEUJ (mH)	—	—	mL/L (m)	—	—	4,778	NA
002 ENSAYOS EN CAMPO - Caudal por Método Correntómetro (Campo)							
Caudal (m³/día) (mH)	24048	12/06/2024	m³/día	—	—	29405	1,56+2
003 ENSAYOS PSICOQUÍMICOS							
Sólidos Suspendedos Totales (mH)	20242	14/06/2024	mg/L	8	5	< 8	N6

Pág. 4 de 11

Revisado por:
Ficha de Revisión: 14/02/2020

Av. República de Argentina N° 1859, Cercado de Lima - Perú Telf: (511) 488-9580
Av. Dolores 167, José Luis Bustamante y Rivero, Arequipa - Perú Telf: (054) 424-570
www.alsglobal.com



ANEXO 3: ABUNDANCIA GENERAL DE LAS COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS

Tabla 19: Registro general del Perifiton registrado durante la temporada seca

Phylum	Clase	Orden	Familia	Especie	Lauricocha			Patorcocha			Tinquicocha		
					LA-01	LA-02	Total	PA-01	PA-02	Total	TI-01	TI-02	Total
Charophyta	Zygnematophyceae	Desmidiales	Desmidiaceae	<i>Cosmarium</i> sp.	0	50	50	110	90	200	960	50	1010
Charophyta	Zygnematophyceae	Desmidiales	Desmidiaceae	<i>Staurostrum</i> sp.	0	0	0	0	0	0	10	0	10
Charophyta	Zygnematophyceae	Zygnematales	Zygnemataceae	<i>Mougeotia</i> sp.	0	170	170	360	200	560	220	210	430
Charophyta	Zygnematophyceae	Zygnematales	Zygnemataceae	<i>Zygnema</i> sp.	0	0	0	60	80	140	0	0	0
Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Hydrodictyaceae	<i>Pseudopediastrum</i> sp.	0	0	0	20	10	30	40	0	40
Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Scenedesmaceae	<i>Scenedesmus</i> sp.	0	0	0	0	0	0	80	0	80
Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Selenastraceae	<i>Ankistrodesmus</i> sp.	140	60	200	0	0	0	120	60	180
Chlorophyta	Trebouxiophyceae	Chlorellales	Oocystaceae	<i>Crucigeniella</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	80	80
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Chroococcales	Chroococcaceae	<i>Chroococcus</i> sp.	0	0	0	20	0	20	20	0	20
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Chroococcales	Microcystaceae	<i>Merismopedia</i> sp.	230	0	230	10	0	10	50	0	50
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Nostocales	-	-	210	0	210	650	397	124	80	240	320
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Nostocales	Rivulariaceae	<i>Calothrix</i> sp.	90	230	320	380	235	615	190	520	710
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Oscillatoriales	-	-	160	160	320	590	180	770	280	110	390
Dinoflagellata	Dinophyceae	Peridinales	Peridiniaceae	<i>Peridinium</i> sp.	60	0	60	0	0	0	0	501	501
Euglenozoa	Euglenophyceae	Euglenales	Euglenaceae	<i>Euglena</i> sp.	80	0	80	0	0	0	0	0	0
Euglenozoa	Euglenophyceae	Euglenales	Euglenaceae	<i>Cryptoglana</i> sp.	0	0	0	30	0	30	0	0	0
Euglenozoa	Euglenophyceae	Euglenales	Euglenaceae	<i>Trachelomonas</i> sp.	0	0	0	570	20	590	0	0	0
Heterokontophyta	Mediophyceae	Stephanodiscales	Stephanodiscaceae	<i>Cyclotella</i> sp.	32	55	87	110	100	160	0	0	0
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Denticula</i> sp.	390	540	930	322	0	322	288	376	664
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Nitzschia</i> sp.	221	61	282	103	19	122	290	30	320
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Nitzschia sigmoidea</i>	0	0	0	0	30	30	0	0	0
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Achnanthales	Achnanthaceae	<i>Achnanthes</i> sp.	0	0	0	60	30	90	0	53	53
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Achnanthales	Achnanthidiaceae	<i>Achnanthidium</i> sp.	98	7	105	135	147	282	150	0	150
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Achnanthales	Achnanthidiaceae	<i>Eucoconeis</i> sp.	0	0	0	0	177	177	64	130	194
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Cymbellales	Cymbellaceae	<i>Cymbella</i> sp.	113	65	178	196	136	152	57	0	57
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Cymbellales	Cymbellaceae	<i>Cymbopleura</i> sp.	24	0	24	180	0	250	0	0	0
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Cymbellales	Gomphonemataceae	<i>Encyonema</i> sp.	165	15	180	62	55	117	1120	94	1214
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Cymbellales	Gomphonemataceae	<i>Gomphonema</i> sp.	18	20	38	16	40	56	130	0	130

Phylum	Clase	Orden	Familia	Especie	Lauricocha			Patorcocha			Tinquicocha		
					LA-01	LA-02	Total	PA-01	PA-02	Total	TI-01	TI-02	Total
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Eunotiales	Eunotiaceae	<i>Eunotia</i> sp.	196	180	376	346	62	408	71	0	71
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	Amphipleuraceae	<i>Frustulia</i> sp.	24	30	54	0	302	302	430	46	476
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	Naviculaceae	-	189	42	231	134	248	382	1280	194	1474
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	Naviculaceae	<i>Navicula</i> sp.	58	469	527	287	104	391	0	0	0
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	Pleurosigmaaceae	<i>Pleurosigma</i> sp.	0	0	0	20	0	20	0	0	0
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	Pinnulariaceae	<i>Pinnularia</i> sp.	128	37	165	203	0	203	95	132	227
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Fragilariales	Fragilariaceae	-	166	142	308	256	160	416	30	686	716
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Fragilariales	Fragilariaceae	<i>Fragilaria</i> sp.	55	180	235	50	194	199	194	182	376
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Licmophorales	Ulnariaceae	<i>Ulnaria</i> sp.	0	388	388	62	22	84	368	139	507
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Rhopalodiales	Rhopalodiaceae	<i>Epithemia</i> sp.	36	42	78	246	132	378	0	0	0
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Rhopalodiales	Rhopalodiaceae	<i>Rhopalodia</i> sp.	43	26	69	32	43	75	26	0	26
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Rhabdonematales	Tabellariaceae	<i>Meridion circulare</i>	0	0	0	0	0	0	0	50	50
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Thalassiosiphysales	Catenulaceae	<i>Amphora</i> sp.	0	0	0	170	150	320	170	39	209
Ochrophyta	Chrysophyceae	Chromulinales	Dinobryaceae	<i>Dinobryon</i> sp.	30	0	30	0	0	0	0	0	0
Riqueza					25	22	28	31	27	34	27	21	31
Abundancia (Org./cm²)					2956	2969	5925	5790	3363	8025	6813	3922	10735
Equidad de Pielou (J)					0.92	0.84	0.90	0.88	0.91	0.91	0.82	0.87	0.86
Índice Diversidad de Simpson (1-D)					0.94	0.90	0.94	0.94	0.94	0.95	0.90	0.91	0.93
Índice de Diversidad de Shannon - Wiener					4.27	3.74	4.34	4.36	4.34	4.62	3.88	3.84	4.26

Tabla 20: Registro general del Perifiton registrado durante la temporada húmeda

Phylum	Clase	Orden	Familia	Especie	Lauricocha			Patorcocha			Tinquicocha		
					LA-01	LA-02	Total	PA-01	PA-02	Total	TI-01	TI-02	Total
Heterokontophyta	Mediophyceae	Stephanodiscales	Stephanodiscaceae	<i>Cyclotella</i> sp.	4	500	504	159	890	1049	0	0	0
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Denticula</i> sp.	43	60	103	148	32	180	308	420	728
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Hantzschia</i> sp.	0	0	0	20	0	20	0	0	0
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Nitzschia sigmoidea</i>	0	0	0	0	20	20	0	0	0
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Nitzschia linearis</i>	42	0	42	70	0	70	60	20	80
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Nitzschia</i> sp.	239	65	304	9	0	9	200	0	200
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Achnanthales	Achnanthidiaceae	<i>Achnanthidium</i> sp.	9	300	309	12	150	162	162	160	322
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Achnanthales	Achnanthidiaceae	<i>Eucocconeis</i> sp.	0	0	0	305	18	323	50	100	150
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Achnanthales	Achnanthaceae	<i>Achnanthes</i> sp.	0	0	0	80	50	130	0	0	0
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Cymbellales	Cymbellaceae	<i>Cymbella</i> sp.	99	76	175	21	55	76	6	0	6
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Cymbellales	Cymbellaceae	<i>Cymbopleura</i> sp.	20	0	20	100	0	100	0	0	0
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Cymbellales	Gomphonemataceae	<i>Encyonema</i> sp.	142	70	212	89	340	429	10	850	860
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Cymbellales	Gomphonemataceae	<i>Gomphonema</i> sp.	150	50	200	110	30	140	10	0	10
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Eunotiales	Eunotiaceae	<i>Eunotia</i> sp.	21	150	171	111	70	181	80	0	80
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	Amphipleuraceae	<i>Frustulia</i> sp.	3	45	48	0	290	290	62	52	114
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	Diploneidaceae	<i>Diploneis</i> sp.	0	0	0	0	10	10	0	0	0
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	Naviculaceae	-	149	60	209	151	202	353	111	150	261
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	Naviculaceae	<i>Navicula</i> sp.	50	383	43	30	138	168	0	0	0
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	Pinnulariaceae	-	250	0	250	0	0	0	0	0	0
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	Pinnulariaceae	<i>Pinnularia</i> sp.	118	290	408	190	0	190	120	110	230
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	Pleurosigmataceae	<i>Pleurosigma</i> sp.	0	0	0	10	0	10	0	0	0
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Fragilariales	Fragilariaceae	-	158	160	318	24	544	568	0	630	630
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Fragilariales	Fragilariaceae	<i>Fragilaria</i> sp.	48	58	315	134	441	575	600	1547	2147
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Fragilariales	Staurosiraceae	<i>Staurosira</i> sp.	0	0	0	0	260	260	0	0	0
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Rhopalodiales	Rhopalodiaceae	<i>Epithemia</i> sp.	150	46	196	100	112	212	0	0	0
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Rhopalodiales	Rhopalodiaceae	<i>Rhopalodia</i> sp.	35	36	71	250	360	610	200	0	200
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Rhabdonematales	Tabellariaceae	<i>Meridion circulare</i>	0	0	0	0	0	0	0	20	20
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Licmophorales	Ulnariaceae	<i>Ulnaria</i> sp.	0	147	147	34	190	224	402	125	527

Phylum	Clase	Orden	Familia	Especie	Lauricocha			Patorcocha			Tinquicocha		
					LA-01	LA-02	Total	PA-01	PA-02	Total	TI-01	TI-02	Total
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Thalassiosiphales	Catenulaceae	<i>Amphora</i> sp.	0	0	0	150	100	250	280	350	630
Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Hydrodictyaceae	<i>Stauridium</i> sp.	10	0	10	0	0	0	0	0	0
Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Hydrodictyaceae	<i>Pseudopediastrum</i> sp.	0	0	0	10	30	40	50	0	50
Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Scenedesmaceae	<i>Scenedesmus</i> sp.	0	0	0	0	10	10	40	0	40
Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Selenastraceae	<i>Ankistrodesmus</i> sp.	110	30	140	0	0	0	90	50	140
Chlorophyta	Trebouxiophyceae	Chlorellales	Oocystaceae	<i>Crucigeniella</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	40	40
Charophyta	Zygnematophyceae	Desmiales	Desmidiaceae	<i>Cosmarium</i> sp.	0	30	30	100	0	100	820	60	880
Charophyta	Zygnematophyceae	Desmiales	Desmidiaceae	<i>Cosmarium</i> sp.1	0	0	0	0	50	50	0	0	0
Charophyta	Zygnematophyceae	Desmiales	Desmidiaceae	<i>Cosmarium</i> sp.2	0	0	0	0	20	20	0	0	0
Charophyta	Zygnematophyceae	Desmiales	Desmidiaceae	<i>Staurostrum</i> sp.	0	0	0	0	0	0	20	0	20
Charophyta	Zygnematophyceae	Zygnematales	Zygnemataceae	<i>Mougeotia</i> sp.	0	100	100	136	300	436	150	200	350
Charophyta	Zygnematophyceae	Zygnematales	Zygnemataceae	<i>Zygnema</i> sp.	0	0	0	50	50	100	0	0	0
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Chroococcales	Chroococcaceae	<i>Chroococcus</i> sp.	0	0	0	10	0	10	10	0	10
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Nostocales	-	-	0	0	0	169	500	669	0	0	0
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Nostocales	Rivulariaceae	<i>Calothrix</i> sp.	0	0	0	350	200	550	0	0	0
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Nostocales	-	-	150	0	150	0	0	0	50	180	230
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Nostocales	Rivulariaceae	<i>Calothrix</i> sp.	110	170	280	0	0	0	110	480	590
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Oscillatoriales	-	-	170	110	280	200	190	390	190	100	290
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Synechococcales	Merismopediaceae	<i>Merismopedia</i> sp.	200	0	200	10	0	10	30	0	30
Ochrophyta	Chrysophyceae	Chromulinales	Dinobryaceae	<i>Dinobryon</i> sp.	40	0	40	0	0	0	0	0	0
Miozoa	Dinophyceae	Peridinales	Peridiniaceae	<i>Peridinium</i> sp.	50	0	50	0	0	0	0	344	344
Euglenozoa	Euglenophyceae	Euglenales	Euglenaceae	<i>Cryptoglana</i> sp.	0	0	0	10	0	10	0	0	0
Euglenozoa	Euglenophyceae	Euglenales	Euglenaceae	<i>Trachelomonas</i> sp.	0	0	0	450	10	460	0	0	0
Euglenozoa	Euglenophyceae	Euglenales	Euglenaceae	<i>Euglena</i> sp.	50	0	50	0	0	0	0	0	0
Riqueza					28	22	31	34	31	41	27	21	31
Abundancia (Org./cm ²)					2620	2936	5375	3802	5662	9464	4221	5988	10209
Equidad de Pielou (J)					0.91	0.89	0.92	0.88	0.85	0.87	0.83	0.81	0.82
Índice Diversidad de Simpson (1-D)					0.94	0.92	0.95	0.95	0.93	0.95	0.91	0.88	0.92
Índice de Diversidad de Shannon - Wiener					4.35	3.96	4.58	4.50	4.22	4.67	3.97	3.58	4.09

Tabla 21: Registro general de los Macroinvertebrados bentónicos registrado durante la temporada seca

Phylum	Clase	Orden	Familia	Especie	Lauricocha			Patorcocha			Tinquicocha		
					LA-01	LA-02	Total	PA-01	PA-02	Total	TI-01	TI-02	Total
Annelida	Clitellata	Rhynchobdellida	Glossiphoniidae	<i>Helobdella</i> sp.	0	0	0	0	4	4	0	1	1
Arthropoda	Malacostraca	Amphipoda	Hyaellidae	<i>Hyaella</i> sp.	3	9	12	0	0	0	0	0	0
Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Dytiscidae	-	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Arthropoda	Insecta	Hemiptera	Corixidae	-	0	0	0	0	0	0	6	0	6
Arthropoda	Insecta	Hemiptera	Corixidae	<i>Corixa</i> sp.	2	0	2	0	0	0	0	0	0
Arthropoda	Insecta	Odonata	Aeshnidae	-	0	0	0	0	2	2	0	0	0
Arthropoda	Insecta	Diptera	Chironomidae	-	0	0	0	1	0	1	0	0	0
Arthropoda	Insecta	Diptera	Chironomidae	<i>Chironomus</i> sp.	51	1	52	1	3	4	0	0	0
Arthropoda	Insecta	Diptera	Chironomidae	<i>Cricotopus</i> sp.	4	6	10	2	5	7	0	5	5
Arthropoda	Insecta	Diptera	Chironomidae	<i>Pentaneura</i> sp.	0	0	0	0	0	0	1	1	2
Arthropoda	Insecta	Diptera	Simuliidae	<i>Simulium</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Mollusca	Gastropoda	Basommatophora	Physidae	<i>Physa</i> sp.	4	0	4	0	0	0	0	0	0
Riqueza					5	3	5	3	4	5	3	4	6
Abundancia (Ind. /0.27 m²)					64	16	80	4	14	18	8	8	16
Equidad de Pielou (J)					0.48	0.79	0.66	0.95	0.96	0.90	0.67	0.77	0.84
Índice Diversidad de Simpson (1-D)					0.35	0.54	0.54	0.63	0.72	0.73	0.41	0.56	0.73
Índice de Diversidad de Shannon - Wiener					1.12	1.25	1.54	1.50	1.92	2.08	1.06	1.55	2.18

Tabla 22: Registro general de los Macroinvertebrados bentónicos registrado durante la temporada húmeda

Phylum	Clase	Orden	Familia	Especie	Lauricocha			Patorcocha			Tinquicocha		
					LA-01	LA-02	Total	PA-01	PA-02	Total	TI-01	TI-02	Total
Annelida	Clitellata	Rhynchobdellida	Glossiphoniidae	<i>Helobdella</i> sp.	47	17	64	1	1	2	0	0	0
Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Hydroptilidae	-	0	0	0	0	0	0	0	2	2
Arthropoda	Malacostraca	Amphipoda	Hyalellidae	<i>Hyalella</i> sp.	42	80	61	1	0	1	0	0	0
Arthropoda	Insecta	Hemiptera	Corixidae	-	0	0	0	0	0	0	19	0	19
Arthropoda	Insecta	Hemiptera	Corixidae	<i>Corixa</i> sp.	81	0	81	0	0	0	0	0	0
Arthropoda	Insecta	Diptera	Chironomidae	-	0	3	3	0	0	0	0	0	0
Arthropoda	Insecta	Diptera	Chironomidae	<i>Alotanypus</i> sp.	7	42	49	0	0	0	14	0	14
Arthropoda	Insecta	Diptera	Chironomidae	<i>Chironomus</i> sp.	18	0	18	0	0	0	0	0	0
Arthropoda	Insecta	Diptera	Chironomidae	<i>Cricotopus</i> sp.	0	0	0	0	4	4	0	5	5
Arthropoda	Insecta	Diptera	Chironomidae	Orthoclaadiinae	0	11	11	2	0	2	0	0	0
Arthropoda	Insecta	Diptera	Chironomidae	<i>Tanytarsus</i> sp.	0	18	86	0	2	2	0	0	0
Arthropoda	Insecta	Diptera	Simuliidae	<i>Simulium</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	26	26
Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Dytiscidae	-	2	0	2	0	0	0	0	0	0
Arthropoda	Arachnida	Acari	-	-	0	0	0	1	1	2	27	3	30
Mollusca	Gastropoda	Basommatophora	Physidae	<i>Physa</i> sp.	50	0	50	0	0	0	0	0	0
Mollusca	Gastropoda	Basommatophora	Planorbidae	<i>Helisoma</i> sp.	35	21	56	0	0	0	0	0	0
Mollusca	Bivalvia	Veneroida	Sphaeriidae	<i>Sphaerium</i> sp.	0	0	0	0	0	0	6	0	6
Riqueza					8	7	11	4	4	6	4	4	7
Abundancia (Ind. /0.27 m2)					282	192	481	5	8	13	66	36	102
Equidad de Pielou (J)					0.87	0.82	0.88	0.96	0.88	0.96	0.92	0.63	0.87
Índice Diversidad de Simpson (1-D)					0.82	0.75	0.87	0.72	0.66	0.80	0.70	0.45	0.79
Índice de Diversidad de Shannon - Wiener					2.61	2.32	3.06	1.92	1.75	2.47	1.83	1.27	2.43

ANEXO 4: CALIDAD DEL AGUA
MEDIANTE EL EMPLEO DE
BIOINDICADORES

Tabla 23: Índices registrado en el Área de Monitoreo

Lagunas	Estación de monitoreo	Temporada	EPT (%)		BMWP			IBF		ABI		
			Valor	Calidad del agua	Valor	Clase	Calidad del agua	Valor	Clase	Calidad del agua	Valor	Calidad del agua
Lauricocha	LA-01	T.H	0.00	Mala	17.00	IV	Crítica	3.23	I	Excelente	22.00	Malo
		T.S	0.00	Mala	8.00	V	Muy crítica	6.89	VI	Mala	16.00	Malo
	LA-02	T.H	0.00	Mala	11.00	V	Muy crítica	6.03	V	Relativamente Malo	11.00	Pésimo
		T.S	0.00	Mala	2.00	V	Muy crítica	7.56	VII	Muy Mala	8.00	Pésimo
Patorcocha	PA-01	T.H	0.00	Mala	6.00	V	Muy crítica	5.20	IV	Regular	6.00	Pésimo
		T.S	0.00	Mala	2.00	V	Muy crítica	7.00	VI	Mala	2.00	Pésimo
	PA-02	T.H	0.00	Mala	8.00	V	Muy crítica	5.75	IV	Regular	2.00	Pésimo
		T.S	0.00	Mala	13.00	V	Muy crítica	4.43	III	Buena	8.00	Pésimo
Tinquicocha	TI-01	T.H	0.00	Mala	8.00	V	Muy crítica	3.85	II	Muy Buena	10.00	Pésimo
		T.S	0.00	Mala	8.00	V	Muy crítica	0.88	I	Excelente	10.00	Pésimo
	TI-02	T.H	5.56	Mala	16.00	IV	Crítica	5.86	V	Relativamente Malo	8.00	Pésimo
		T.S	0.00	Mala	9.00	V	Muy crítica	6.00	V	Relativamente Malo	9.00	Pésimo

Leyenda:

TH= Temporada húmeda

TS= Temporada seca

ANEXO 5: PRUEBAS DE NORMALIDAD

Tabla 24: Normalidad del perifiton registrado durante la temporada seca

Análisis estadístico	TEMPORADA SECA					
	Lauricocha		Patorcocha		Tinquicocha	
	LA-01	LA-02	PA-01	PA-02	TI-01	TI-02
Shapiro-Wilk W	0.8903	0.7643	0.8515	0.9156	0.6683	0.7839
Lilliefors L	0.1423	0.2695	0.1627	0.1177	0.2700	0.2220

Tabla 25: Normalidad del perifiton registrado durante la temporada húmeda

Análisis estadístico	TEMPORADA HÚMEDA					
	Lauricocha		Patorcocha		Tinquicocha	
	LA-01	LA-02	PA-01	PA-02	TI-01	TI-02
Shapiro-Wilk W	0.9125	0.7699	0.8541	0.8048	0.7326	0.7044
Lilliefors L	0.2250	0.2209	0.1655	0.1962	0.2242	0.2594

Tabla 26: Normalidad de los macroinvertebrados bentónicos registrado durante la temporada seca

Análisis estadístico	TEMPORADA SECA					
	Lauricocha		Patorcocha		Tinquicocha	
	LA-01	LA-02	PA-01	PA-02	TI-01	TI-02
Shapiro-Wilk W	0.5892	0.9796	0.7500	0.9929	0.7500	0.6298
Lilliefors L	0.4598	0.2322	0.3848	0.1507	0.3848	0.4415

Tabla 27: Normalidad de los macroinvertebrados bentónicos registrado durante la temporada húmeda

Análisis estadístico	TEMPORADA HÚMEDA					
	Lauricocha		Patorcocha		Tinquicocha	
	LA-01	LA-02	PA-01	PA-02	TI-01	TI-02
Shapiro-Wilk W	0.9524	0.8224	0.6298	0.8274	1.0000	0.7260
Lilliefors L	0.1595	0.3116	0.4415	0.2602	0.1383	0.3871

ANEXO 6: MESA DE PARTES LÍNEA BASE
2^{DA} MEIA DE LA UNIDAD MINERA
RAURA

11/10/25, 10:12 AM

Gmail - Solicitud de Acceso a la Información Pública



Michell Reyes Avalos <michellreyes2197@gmail.com>

Solicitud de Acceso a la Información Pública

2 mensajes

fral@minem.gob.pe <fral@minem.gob.pe>
Para: MICHELLREYES2197@gmail.com

14 de octubre de 2025, 10:39

Estimada / Estimado: TATIANA MICHELL REYES AVALOS

Se ha enviado una solicitud de Acceso a la Información Pública con los siguientes datos:

DATOS DEL SOLICITANTE	
D.N.I.	75658946
Nombres	TATIANA MICHELL
Apellidos	REYES AVALOS
Teléfono	976728651
Correo	MICHELLREYES2197@GMAIL.COM
Dirección	CALLE NAVARRA 437 - URB MAYORAZGO-Lima Lima
DATOS DE LA SOLICITUD	
Nº Expediente	4149638
Fecha de Solicitud	14/10/2025 10:39:11
Situación Solicitud	PENDIENTE
Forma Entrega	CORREO ELECTRÓNICO
Información Solicitada	LÍNEA BASE DE LA SEGUNDA MODIFICACIÓN DEL PLAN DE CIERRE DE MINAS DE LA UNIDAD MINERA RAURA 2017 R. D. N° 128-2017-MEM/DGAAM

Atentamente,
Ministerio de Energía y Minas

MINEM - Copyright 2025, Todos los derechos reservados



PERU
Ministerio
de Energía y Minas

Viceministerio
de Minas

Dirección General de Asuntos
Ambientales Mineros

DECENIO DE LA IGUALDAD DE OPORTUNIDADES PARA MUJERES Y HOMBRES
"Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana"

Visado digitalmente por LEON HUAMAN Betty
Razonario FAU 20151368529 apti
Entidad: Ministerio de Energía y Minas
Motivo: Visación del documento
Fecha: 2025/10/23 11:59:47-0500

Lima, 21 de octubre 2025

OFICIO N° 1061-2025/MINEM-DGAAM

Señorita
TATIANA MICHELL REYES AVALOS
E-mail: michellreyes2197@gmail.com
Ciudad

Asunto : Atención a Solicitud de Acceso a la Información Pública

Referencia: Expediente N° 4149638 (14.10.2025)

Me dirijo a usted en atención al documento en referencia, mediante el cual el SENACE, nos trasladó su solicitud de acceso a la información pública (registrada con el Expediente N° 2025-0001671), al amparo de lo dispuesto en el Texto Único Ordenado de la Ley N° 27806, Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública.

En atención a su requerimiento sobre la "Segunda Modificación del Plan de Cierre de Minas de la unidad minera "Raura" observaciones: N° documento de aprobación R.D. N° 128-2017-MEM/DGAAM"

Se remite el enlace¹ mediante el cual podrá acceder a la información solicitada:

<ftp://ftp.minem.gob.pe/4149638/>

Usuario: userexterno

Clave: e32x22

Se notifica a su correo electrónico, conforme a lo solicitado expresamente en su formulario.

Sin otro particular, me suscribo.

Atentamente,²

Visado digitalmente por ACOSTA ARCE Michael
Entidad: 001-20151368529 apti
Entidad: Ministerio de Energía y Minas
Motivo: 2025/10/23 11:59:47-0500

MICHAEL CHRISTIAN ACOSTA ARCE
DIRECCIÓN GRAL. DE ASUNTOS AMBIENTALES MINEROS
MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS

¹ Para conectarse al FTP, lo único que necesitas es el explorador de Windows. Abre una nueva instancia pulsando en el icono anclado en la barra de tareas o, si lo prefieres, usando el atajo de teclado Windows+E, en la barra de navegación, escribe la dirección completa del servidor FTP y pulsa Enter y Windows iniciará la conexión y para terminar tendrás que introducir el nombre de usuario y la contraseña.

² BUH/TTN/hda.

Ax: Las Artes Sur 260, San Borja
Central telefónica: (01) 5100900
www.gob.pe/minem

ANEXO 7: CADENA DE CUSTODIA
METALES EN PECES

[illegible]

ANEXO 8: INFORMES DE ENSAYO
METALES EN PECES



INFORME DE ENSAYO N° FEB1184.R25

SOLICITANTE :	TATIANA MICHELL REYES AVALOS
DOMICILIO LEGAL :	A.H. Villa San Luis II, Nuevo Chimbote, Santa, Ancash
SOLICITADO POR :	Manuel Aquino
SOLICITUD DE SERVICIO AMBIENTAL:	SSA N° 108-25 Cadena de Custodia N° 414-25/CERTIMIN
REFERENCIA :	San Miguel de Cauri / Lauricocha / Huanuco Influencia de los relaves mineros en la estructura comunitaria y calidad del agua superficial de las lagunas Tinquicocha, Patorcocha y Lauricocha en la region Huanuco 2024
FECHA DE MUESTREO :	2025/02/01
MUESTRA TOMADA POR :	EL CLIENTE
PROTOCOLO :	--
TIPO DE MUESTRA:	Peces
NÚMERO DE ESTACIONES DE MUESTREO :	3
PRESENTACIÓN DE LAS MUESTRAS :	Bolsas selladas
CONDICIÓN DE LAS MUESTRAS : RECEPCIONADAS	Muestras en buenas condiciones para los análisis solicitados.
FECHA DE RECEPCIÓN :	martes, 11 de Febrero de 2025
IDENTIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS :	Según se indica
FECHA DE EJECUCIÓN DE ENSAYO :	2025-02-11 al 2025-02-26
FECHA DE REPORTE :	miércoles, 26 de Febrero de 2025
PERIODO DE CUSTODIA :	Hasta un mes. De acuerdo a las recomendaciones de la metodología o norma empleada.

EDGAR NINA VELÁSQUEZ
Jefe Ambiental
CQP. 729

Lima, 26 de Febrero de 2025

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERTIMIN S.A.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados corresponden a las muestras indicadas.

El laboratorio no es responsable de la información proporcionada por el cliente.

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió por parte del cliente.

Los ensayos han sido realizados en CERTIMIN S.A. según Lima


INFORME DE ENSAYO
N° FEB1184.R25
RESULTADOS

Muestras					Ensayos																
N°	Código de Servicio	Fecha	Tipo	Met	Altitud	Ag	Al	As	B	Ba	Bs	Br	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Pb	Pt	
Unidad	Unidad	Unidad	Unidad	Unidad	Unidad	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	
Limite de Detección LD	Limite de Detección LD	Limite de Detección LD	Limite de Detección LD	Limite de Detección LD	Limite de Detección LD	0.01	0.2	0.08	0.03	0.01	0.003	0.005	0.5	0.03	0.02	0.04	0.03	0.1	0.1	0.1	
1	Laguna Lauricocha (Tisular)	2025-02-01 09:00	Peces	8858229	3111119	3876	<0.01	1.4	<0.08	2.58	0.27	<0.003	0.113	683.1	<0.05	<0.02	0.07	0.36	6.4	2727.3	
2	Laguna Patatecocha (Tisular)	2025-02-01 11:45	Peces	8849789	307889	4538	<0.01	<0.2	<0.08	1.01	0.17	<0.003	<0.005	733.0	<0.05	<0.02	0.08	0.24	10.4	2978.0	
3	Laguna Tinquicocha (Tisular)	2025-02-01 15:16	Peces	8846692	310321	4359	<0.01	<0.2	0.15	1.44	0.16	<0.003	<0.005	666.3	<0.05	<0.02	0.04	0.35	4.8	2876.8	

Las Coordenadas, Altitud, Zona: datos proporcionados por el cliente.

LD: Limite de Detección (Limite Reportable) que es tomado en base al Limite de Cuantificación del Método LCM.

"Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERTIMIN S.A."

"Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce". Los resultados corresponden a las muestras indicadas



INFORME DE ENSAYO
N° FEB1184.R25

Muestras		Ensayos															
N°	Codigo de Servicio Ensayo Unidad Límite de Detección LD	NA1059	NA1059	NA1059	NA1059	NA1059	NA1059	NA1059	NA1059	NA1059	NA1059	NA1059	NA1059	NA1059	NA1059	NA1059	NA1059
		Li	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	P	Pb	S	Sb	Sn	Sr	Ti	Tl	V	Zn
		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
1	Laguna Lauricocha (Tisular)	<0.04	176.3	2.52	<0.20	300.3	<0.10	1934.2	4.4	<2.5	<0.40	<0.35	1.58	<0.5	<0.25	<0.03	0.538
2	Laguna Patarcocha (Tisular)	<0.04	191.5	0.78	<0.20	298.7	<0.10	2193.5	3.6	<2.5	<0.40	<0.35	1.82	<0.5	<0.25	<0.03	0.416
3	Laguna Tinquicocha (Tisular)	<0.04	181.6	0.35	<0.20	249.5	<0.10	2111.3	0.7	<2.5	<0.40	<0.35	1.54	<0.5	<0.25	<0.03	0.125

Prohibida la reproducción total o parcial de este Informe, sin la autorización escrita de CERTIMIN S.A.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados corresponden a las muestras indicadas



INFORME DE ENSAYO
Nº FEB1184.R25

MÉTODOS DE ENSAYO Y CÓDIGOS DE SERVICIO

Nº	Descripción		
	Ensayo	Denominación	Cod. Serv.
	(1) Norma o Referencia		
1	Coordenadas Geográficas	Coordenadas Geográficas	MA1000
2	Metales	Metales	MA1059

- (1) SMEWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.
 APHA: American Public Health Association.
 AWWA: American Water Works Association.
 WEF: Water Environment Federation.
 EPA: Environmental Protection Agency.
 ASTM: American Society for Testing and Materials.
 ISO: International Organization for Standardization.
 NTP: Norma Técnica Peruana.
 NIOSH: The National Institute for Occupational Safety and Health.

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERTIMIN S.A.

*Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificación del sistema de calidad de la entidad que lo emite. Los resultados corresponden a las muestras.

ANEXO 9: FOTOGRAFÍAS

Fotos de campo Laguna Lauricocha:



Fotografía 01: Medición de parámetros Físico-químicos de la estación LA-01



Fotografía 02: Pesca con atarraya



Fotografía 03: Presencia de plantas acuáticas en la estación LA-02

Fotos de campo Laguna Patorcocha:



Fotografía 01: Vista panorámica de la estación PA-01

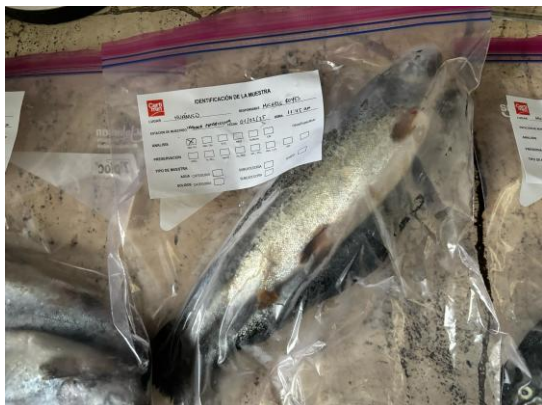


Fotografía 02: Vista panorámica de la estación PA-02

Fotos de campo Laguna Tinquicocha:

	
<p>Fotografía 01: Medición de parámetros Físico-químicos de la estación TI-01</p>	<p>Fotografía 02: Filtrado de macroinvertebrados bentónicos en la estación TI-01</p>
	
<p>Fotografía 03: Colecta de perifiton en la estación TI-02</p>	

Fotos análisis de laboratorio:



Fotografía 01: Preparación de espécimen capturado para envío al laboratorio CERTIMÍN



Fotografía 02: Revisión y rotulación de muestras hidrobiológicas



Fotografía 03: Preparación muestras de perifiton para identificación