



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA



**CONTAMINACIÓN POR MERCURIO Y COLIFORMES
TERMOTOLERANTES EN AGUAS DEL RÍO HUARI HUARI,
DISTRITO DE PHARA, PROVINCIA SANDIA, REGIÓN PUNO**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. NILO CENTENO OSCALLA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

LICENCIADO EN BIOLOGÍA

PUNO - PERÚ

2023



NOMBRE DEL TRABAJO

**CONTAMINACIÓN POR MERCURIO Y CO
LIFORMES TERMOTOLERANTES EN AGU
AS DEL RÍO HUARI HUARI, DISTRITO DE
PHARA, PROVINCIA SANDIA, REGIÓN PU
NO**

AUTOR

NILO CENTENO OSCALLA

RECUESTO DE PALABRAS

14706 Words

RECUESTO DE CARACTERES

80035 Characters

RECUESTO DE PÁGINAS

74 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

20.6MB

FECHA DE ENTREGA

Jul 14, 2023 7:36 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Jul 14, 2023 7:38 AM GMT-5

● 18% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base c

- 17% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 11% Base de datos de trabajos entregados
- 8% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossr

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 8 palabras)



DEDICATORIA

- *A mis queridos padres Sergio Centeno Chambi y Gregoria Oscalla Zeballos, por su apoyo incondicional y haber confiado en mí para lograr uno de mis metas y seguir adelante.*
- *Dedico este trabajo a mis hijos, André y Kamila, por ser fuente de inspiración para llegar a mis objetivos.*

Nilo Centeno Oscalla



AGRADECIMIENTOS

- *Mi gratitud sincera a la Universidad Nacional del Altiplano en especial a la Facultad de Ciencias Biológicas y a todos los docentes de la Escuela Profesional de Biología, por permitir formarme académicamente.*
- *Los más sinceros agradecimientos a mis padres por todo los esfuerzos y sacrificios que lograron traerme hasta aquí.*
- *A todos ellos, muchas gracias y que Dios los bendiga.*

Nilo Centeno Oscalla



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

RESUMEN 10

ABSTRACT..... 11

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 OBJETIVO GENERAL..... 13

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... 14

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ANTECEDENTES..... 15

2.2 MARCO TEÓRICO..... 17

2.2.1 El agua..... 18

2.2.2 Categorización de las aguas de río Huari Huari según los Estándares
de Calidad Ambiental (ECA). 21

2.2.3 Contaminación del agua por mercurio 21

2.2.4 Contaminación del agua por coliformes termotolerantes..... 25

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 ZONA DE ESTUDIO 30



3.2	DISEÑO Y TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	31
3.3	POBLACIÓN Y MUESTRA	32
3.4	EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE MERCURIO EN AGUAS DEL RÍO HUARI HUARI.....	34
3.5	DETERMINACIÓN DE LOS RECUENTOS DE COLIFORMES TERMOTOLERANTES EN AGUAS DEL RÍO HUARI HUARI.....	36
CAPÍTULO IV		
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		
4.1	CONCENTRACIÓN DE MERCURIO EN AGUAS DEL RÍO HUARI HUARI.....	39
4.2	RECUENTO DE COLIFORMES TERMOTOLERANTES EN AGUAS DEL RÍO HUARI HUARI.....	43
V.	CONCLUSIONES	49
VI.	RECOMENDACIONES	50
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51
	ANEXOS.....	61

Área: Ciencias Biomédicas

Sub línea de investigación: Diagnóstico y Epidemiología

Fecha de sustentación: 17 de julio de 2023



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica del distrito de Phara en la provincia de Sandia, región Puno (Municipalidad Distrital de Phara, 2020).....	30
Figura 2. Ubicación de los puntos de muestreo en el río Huari Huari (P1, P2, P3 y P4) que desemboca en el río Inambari (Googlemap, 2020).	31
Figura 3. Recuentos de coliformes termotolerantes (NMP/100 ml) en aguas del río Huari Huari, comparados con la norma ECA para agua categoría 4.	45
Figura 4. Prueba de rangos múltiples de los recuentos de coliformes termotolerantes en aguas del río Huari Huari y el valor permitido (2,000 NMP/100 ml) según la norma ECA para agua categoría 4.....	45
Figura 5. Prueba de Kruskal Wallis y prueba de rangos de los recuentos de coliformes termotolerantes en agua de cuatro puntos de muestreo del río Huari Huari. .	61
Figura 6. Vista panorámica de las Minas Santa Fe, Cuna Cuna y sus efluentes que ingresan al río Uccu Mayo.	62
Figura 7. Cooler y materiales de muestreo enviados por la empresa Laboratorios Análíticos del Sur, para el muestreo de aguas del río Huari Huari.	62
Figura 8. Muestreo de aguas del río Huari Huari en los puntos pre establecidos.....	63



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Distribución de recolección de aguas del río Huari Huari por puntos y meses de muestreo.....	33
Tabla 2. Concentración de Hg (mg/l) en aguas del río Huari Huari, durante los meses de marzo – mayo del 2021.....	39
Tabla 3. Recuento de coliformes termotolerantes (NMP/100 ml) en aguas del río Huari Huari, durante los meses de marzo - mayo del 2021.....	44



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

°C	: grados centígrados.
ANA	: Autoridad Nacional del Agua.
C. V.	: coeficiente de variabilidad.
D. E.	: desviación estándar.
D. S.	: Decreto Supremo.
ECA	: Estándares de Calidad Ambiental.
<i>et al.</i>	: y colaboradores.
HNO ₃	: ácido nítrico.
mg/l	: miligramos por litro.
NMP/100 ml	: número más probable por 100 ml.
OMS	: Organización Mundial de la Salud.
P	: probabilidad.
P1	: punto de muestreo río Ccutini.
P2	: punto de muestreo confluencia de efluentes mineros y río Ccutini.
P3	: punto de muestreo 2 Km aguas abajo del P2
P4	: punto de muestreo puente Purísima.
Prom	: promedio.



RESUMEN

La presencia de las empresas mineras y la población dedicada a la minería artesanal en el distrito de Phara, provincia de Sandía y región Puno, originan efluentes residuales conteniendo mercurio y coliformes termotolerantes, que vendrían incrementando sus valores en el río Huari Huari, destinada a la conservación del ambiente acuático. El estudio se realizó durante los meses de marzo - mayo del 2021 y presentaron con el objetivo de: evaluar la concentración de mercurio y recuento de coliformes termotolerantes en aguas del río Huari Huari en las proximidades de las zonas de actividad minera en el distrito de Phara. El trabajo de investigación fue de tipo descriptivo, analítico, transversal y observacional. Se recolectó muestras de agua en cuatro puntos de muestreo (P1 – río Ccutini; P2 – confluencia de efluentes mineros y el río Ccutini; P3 – 2 Km aguas abajo del P2 y P4 – Puente Purísima), según el Protocolo Nacional para el Monitoreo de Calidad de Recursos Hídricos Superficiales del Ministerio de Agricultura y Riego y la Autoridad Nacional del Agua (2016), los análisis se realizaron en la empresa acreditada “Laboratorios Analíticos del Sur” de Arequipa, la cuantificación de mercurio fue evaluada mediante espectrofotometría ICP - OES y las coliformes termotolerantes mediante el método del número más probable. Los resultados se contrastaron con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua – categoría 4, destinados a la conservación del medio acuático. Los datos fueron analizados mediante pruebas estadísticas descriptivas como promedio, desviación estándar, coeficiente de variabilidad y pruebas inferenciales como pruebas de Kruskal Wallis con un nivel de confianza del 95%. El río Huari Huari presentó concentraciones de mercurio menores a 0.00041 mg/l siendo el límite de cuantificación del método, considerando la norma ECA categoría 4 de 0.0001 mg/l; los recuentos de coliformes termotolerantes oscilaron entre 41.00 NMP/100 ml en el punto de muestreo P1 y 10,647.50 NMP/100 ml en el punto de muestreo P4, existiendo diferencia estadística y superaron los valores establecidos en los ECA. Se concluye que la concentración de mercurio en aguas del río Huari Huari fueron menores a 0.00041 mg/l, la actividad minera y la población de mineros artesanales incrementan los recuentos de coliformes termotolerantes en el río Huari Huari, no siendo aptas para la conservación del medio acuático, desde el punto de vista bacteriano.

Palabras clave: Coliformes, mercurio, minería, normas ECA para agua, río Huari Huari, Phara.



ABSTRACT

The presence of mining companies and the population dedicated to artisanal mining in the Phara district, Sandia province and Puno region, originate residual effluents containing mercury and thermotolerant coliforms, which would be increasing their values in the Huari Huari river, destined for the conservation of the aquatic environment. The study was carried out during the months of March - May 2021 and presented with the objective of: evaluating the concentration of mercury and count of thermotolerant coliforms in the waters of the Huari Huari river in the vicinity of the mining activity areas in the district of Phara. The research work was descriptive, analytical, cross-sectional and observational. Water samples were collected at four sampling points (P1 – Ccutini river; P2 – confluence of mining effluents and the Ccutini river; P3 – 2 km downstream of P2 and P4 – Puente Purísima), according to the National Protocol for the Monitoring of Quality of Superficial Water Resources of the Ministry of Agriculture and Irrigation and the National Water Authority (2016), the analyzes were carried out in the accredited company "Laboratorios Analíticos del Sur" of Arequipa, the quantification of mercury was evaluated by ICP - OES spectrophotometry and thermotolerant coliforms using the most probable number method. The results were contrasted with the Environmental Quality Standards (ECA) for water - category 4, intended for the conservation of the aquatic environment. Data were analyzed using descriptive statistical tests such as average, standard deviation, coefficient of variability and inferential tests such as Kruskal Wallis tests with a confidence level of 95%. The Huari Huari river presented mercury concentrations of less than 0.00041 mg/l, being the quantification limit of the method, considering the ECA category 4 standard of 0.0001 mg/l; the thermotolerant coliform counts ranged between 41.00 NMP/100 ml at the P1 sampling point and 10,647.50 NMP/100 ml at the P4 sampling point, there being a statistical difference and exceeding the values established in the ECA. It is concluded that the concentration of mercury in the waters of the Huari Huari river were less than 0.00041 mg/l, the mining activity and the population of artisanal miners increase the counts of thermotolerant coliforms in the Huari Huari river, not being suitable for the conservation of the environment aquatic, from the bacterial point of view.

Key words: Thermotolerant coliforms, mercury, mining, ECA standards for water, Huari Huari river, Phara.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El distrito de Phara, pertenece a la provincia de Sandia y región Puno, en los últimos años su población incrementó su dedicación a la explotación de oro, en los alrededores de los tributarios Ccapac Mayo y Puly Puly, quienes forman el río Huari Huari, que desemboca en el río Inambari. Según el Diagnóstico Ambiental del Gobierno Regional de Puno (2012), la cuenca del río Inambari viene recibiendo el vertimiento directo de aguas residuales desde los camales, y muchas sustancias químicas (querosene, éter, ácido sulfúrico, entre otros) utilizadas en la transformación ilícita de la coca, la minería informal, la población de mineros artesanales y las empresas mineras formales, alterando la calidad de agua debido a la presencia de metales pesados y coliformes termotolerantes.

En la investigación se planteó determinar la concentración de mercurio y el recuento de coliformes termotolerantes en las aguas del río Huari Huari del distrito de Phara, para determinar si éste cuerpo acuático cumple con los requisitos considerados para el agua destinado a la conservación del medio acuático (categoría 4, Estándares de Calidad Ambiental para el Agua, Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM), tal como lo considera la Resolución Jefatural N° 056-2018-ANA, en razón de que la presencia de la actividad minera formal y la población ilegal e informal que viene dedicándose a la extracción de oro, estarían vertiendo sus efluentes mineros y aguas residuales al río Huari Huari, incrementando la carga bacteriana y de mercurio. Posteriormente las autoridades competentes municipales y judiciales, locales y regionales, deben tomar las consideraciones del caso y conservar la fuente de agua entre los parámetros aceptables según las normas vigentes.



La presente investigación expone y contribuye al conocimiento que las aguas del río Huari Huari ubicado en la jurisdicción del distrito de Phara, presentan recuentos de coliformes termotolerantes elevados, superando los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua (D. S. N° 004-2017-MINAM, categoría 4, conservación del medio ambiente), según las observaciones *in situ* las principales causas serían los campamentos mineros de personas que obtienen el oro de manera ilegal e informal mediante la amalgama con mercurio o azogue como se le conoce en la zona, y el vertimiento de aguas residuales y material fecal humana que produce dicha población, en las proximidades de la zona de estudio; por otro lado, las empresas mineras establecidas en la zona, vendrían vertiendo sus efluentes al río Huari Huari, pero se desconoce si son portadores de los contaminantes reportados en la presente investigación.

Con respecto a la concentración de mercurio en las aguas del río Huari Huari, según los resultados obtenidos por el laboratorio acreditado, estos se encontrarían con valores inferiores a 0.00041 mg/l, siendo el límite de cuantificación del método, en ese sentido, no se logró afirmar si las aguas del río en mención, superaron los valores establecidos por los ECA para agua en la categoría 4 (0.0001 mg/l).

Aceptándose la hipótesis planteada solo para el recuento bacteriano, que afirmaba que los recuentos de coliformes termotolerantes superaban los valores de 2000 NMP/100 ml, respectivamente, establecidos en la categoría 4 de las normas ECA para agua.

Por tales motivos la investigación tuvo los siguientes objetivos:

1.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar la contaminación por mercurio y coliformes termotolerantes en las aguas del río Huari Huari, distrito de Phara, provincia Sandía, región Puno.



1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la concentración de mercurio en aguas del río Huari Huari en las proximidades de zonas de actividad minera en el distrito de Phara.
- Determinar los recuentos de coliformes termotolerantes en aguas del río Huari Huari.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ANTECEDENTES

Antecedentes internacionales

Esmeralda & Zambrano (2018), reportaron que las aguas superficiales del río Carrizal (Ecuador) presentaron concentraciones de mercurio con promedios de 0.062 mg/l y 2.105 mg/l en el mes de febrero, de 0.246 mg/l y 0.094 mg/l en marzo y abril respectivamente, considerándose la causa a los insumos químicos utilizados en las actividades agrícolas, alterando la calidad del agua, por otro lado, Quintero & Gutiérrez (2017), manifiestan que en el río Caquetá (Colombia), realizan procesos de amalgamiento del oro, que desembocan en el río Mandur, que presenta altas concentraciones de mercurio que oscilaron entre 0.17 $\mu\text{g/g}$ y 0.72 $\mu\text{g/g}$, asimismo, Castelo (2015), registró que en Quito (Ecuador), el agua de consumo del cantón Rumiñahui, niveles menores a 0.42 $\mu\text{g/l}$ de mercurio.

Sarabia *et al.* (2011), en el valle de San Juan de Potosí (México), registraron que el agua de riego presentó arsénico 0.003 mg/l, cobre 0.01 mg/l, manganeso 0.01 mg/l, plomo 0.01 mg/l, hierro 0.02 mg/l y coliformes termotolerantes 964.05 NMP/100 ml; en otro estudio, Álvarez *et al.* (2008), en el río Amajac (México), reportaron la contaminación con níquel de 0.004 a 0.016 mg/l, cobre de 0.002 a 0.009 mg/l, zinc de 0.004 a 0.009 mg/l, manganeso de 0.003 a 0.007 mg/l, plomo de 0.002 a 0.008 mg/l, cadmio de 0.002 a 0.008 mg/l, nitrógeno total de 6.4 a 14.8 mg/l, fósforo total 0.2 a 13.6 mg/l, cloruros de 15.2 a 127.3 mg/l, sulfatos de 11.8 a 53.1 mg/l, carbonatos de 0.00 a 30.3 mg/l y bicarbonato de 231.8 a 1122.4 mg/l, a su vez, Fuentes *et al.* (2008), en el río Manzanares (Venezuela) determinó temperaturas de 18.3 – 30.0 °C, pH de 6.04 – 8.88, oxígeno disuelto de 1.7 – 7.0 mg/l, compuestos nitrogenados de 11 – 188 $\mu\text{mol/l}$ y



fosforados hasta 22 $\mu\text{mol/l}$, silicatos de 8 – 260 $\mu\text{mol/l}$ y coliformes termotolerantes de 1 – 2.4 x 10⁷ NMP/100 ml, adicionalmente, Posada & Arroyave (2006), indican que el mercurio a concentraciones de 0.01 mg/l y 10.0 mg/l, tiene efectos en plantas acuáticas tropicales y los ecosistemas donde persisten, su biodisponibilidad está sujeto a factores que favorezcan su disolución en el agua, siendo toleradas y bioacumuladas en tejidos de plantas acuáticas, llegando a la concentrarse en la cadena trófica.

Antecedentes nacionales

Camargo & Yanayaco (2018), en Huancavelica (Perú), indican que la contaminación por mercurio viene afectando la salud de sus habitantes, quienes poseen una concentración promedio de 5.1674 $\mu\text{g/l}$ de mercurio en sus orinas y el 52.38 % superaron los límites máximos permisibles (5 mcg/l de mercurio), pero no presentan la sintomatología típica como dolor en la región orofaríngea, náuseas, dolor abdominal, diarrea sanguinolenta, anomalías neurológicas y disfunción renal, en otro estudio relacionado, Pacori (2018), en la ciudad de Sicuani – Cusco (Perú), las aguas de la zona de captación presentaron valores de pH de 7.40 – 7.54, dureza total 260.05 – 349.06 mg/l, alcalinidad de 179.72 – 241.67 mg/l, cloruros de 60.62 – 96.76 mg/l, sulfatos 58.85 – 71.54 mg/l, conductividad eléctrica de 5.56 – 760 $\mu\text{S/cm}$, coliformes totales de 0 – 45.3 UFC/100 ml y coliformes termotolerantes de 0 – 2 UFC/100 ml.

Huillca (2018), en Huaquirca – Apurímac (Perú), reportó que las personas expuestas por 12 meses a la minería artesanal, presentaron cabellos entre 0.2 – 0.46 $\mu\text{g/g}$ de mercurio, con una exposición entre 13 a 24 meses de 0.85 – 1.58 $\mu\text{g/g}$ de mercurio y con exposiciones de 25 a 48 meses, los valores fueron de 1.86 – 2.96 $\mu\text{g/g}$ de mercurio, todos por debajo de los niveles permisibles de la OMS, las probables causas se consideran la bebida de agua de los productos fluviales, la manipulación de azogue sin las medidas de protección y el consumo de trucha contaminada con mercurio, por otro lado, Aparicio,



(2015), en el río Tambopata – Madre de Dios (Perú), colectó 163 muestras de peces y cabellos humanos de personas dedicadas a la minería y comerciantes de mercurio, y determinó que la concentración de mercurio supera los límites establecidos por la OMS, donde los consumidores de pescado estarían propensos a riesgos graves de neurotoxicidad.

Antecedentes locales

Pérez (2017), reporta que las aguas del río Crucero del distrito de Ananea – Puno (Perú), contienen plomo entre 0.031 y 0.005 mg/l y los sedimentos presentaron de 0.860 mg/kg y 0.330 mg/kg de mercurio y plomo entre 55 y 20 mg/kg, por otro lado, Apaza (2016), indica que las aguas del río Suches de Cojata – Puno (Perú), presenta una ligera contaminación, al encontrar concentraciones por debajo de los límites permisibles y los límites de detección (0.0002 µg/l), asimismo, el contenido de mercurio en los peces se encuentran por debajo de los límites permisibles para el consumo humano.

Mullisaca (2013), reportó que las concentraciones de mercurio en aguas del río Azángaro – Puno (Perú) fueron de 0.00020 mg/l, estando debajo de los límites de los ECA (0.001 mg/l) y en los sedimentos se determinó concentraciones de mercurio de 1.5, 0.20 y 0.20 mg/kg, resultando superiores a los recomendados por la USEPA (0.15 mg/l), en otro estudio relacionado, Chata (2015), en la cuenca del río Coata – Puno (Perú), mencionó que el agua presentó concentraciones de mercurio inferiores a 0.0002 mg/l, 0.48 mg/l de arsénico, 0.014 mg/l de plomo y cadmio con cifras inferiores a 0.00050 mg/l, ninguno superó los ECA para bebida de animales y riego de vegetales.

2.2 MARCO TEÓRICO



2.2.1 El agua

El agua es un recurso natural renovable indispensable para la vida, vulnerable y estratégico para el desarrollo sostenible (Romero, 2009), es el más importante de todos los compuestos y uno de los principales constituyentes del mundo en que vivimos y de la materia viva, casi las tres cuartas partes de nuestra superficie terrestre está cubierta de agua, aproximadamente del 60 a 70% del organismo humano, pues casi siempre contiene sustancias minerales y orgánicas disueltas (OMS, 2006).

Sin embargo, el exagerado aumento del consumo de agua, comparado con el incremento de la población, está provocando que su demanda sea un importante tema de seguridad nacional en muchos países (Figuroa, 2004), se conoce que es una sustancia química compuesta de dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno y que puede presentarse en cualquiera de los tres estados: líquido, gaseoso y sólido (Sierra, 2011). El agua posee las siguientes características fisicoquímicas:

- a. **Potencial de hidrógeno.** Se define como el valor negativo del logaritmo decimal de la concentración de ión de hidrógeno (Frank *et al.*, 2000), ejerce un efecto directo sobre el crecimiento microbiano y cada uno tienen un pH óptimo definido, clasificándose así en acidófilas si sobreviven a pH bajos y alcalófilos si presentan crecimiento a pH de 10 a 11, muy pocas especies de organismos sobreviven a pH inferiores a 2 o mayores de 10. La condición ácida de algunas bacterias es obligatoria, si son expuestas a pH neutros sufren la destrucción de su membrana celular y mueren. Muchos hábitats acuáticos naturales poseen un pH de 5 a 9, lo cual indica que los organismos de pH óptimo cercano a este se encuentran en gran cantidad (González, 2012; APHA *et al.*, 1992).
- b. **Dureza.** Es definida como sumatoria de cationes polivalentes que se encuentran disueltos en el agua. Los cationes más frecuentes son calcio y magnesio; aunque



hierro, estroncio y manganeso contribuyen a la dureza. Sus valores se registran como la cantidad equivalente de carbonato de calcio, las aguas suelen clasificarse de acuerdo con el grado de dureza, y puede originar según la geología del área donde se ubica el agua superficial, discurriendo a través de las calizas incrementado su dureza ya que la lluvia disuelve a la roca y transporta los cationes al sistema acuático (Frank *et al.*, 2000). La dureza oscila entre cero y cientos de miligramos por litro dependiendo de la fuente de tratamiento a que el agua haya sido sometida (APHA *et al.*, 1992).

- c. **Conductividad.** Representa el valor que poseen las soluciones en conducir el flujo de la corriente eléctrica, que depende de la presencia de iones, su concentración y la temperatura de medición. La gran mayoría de los ácidos, bases y sales inorgánicos son buenos conductores de electricidad, a diferencia de aquellos que no se disocian en soluciones acuosas y son malos conductores de la corriente (Londoño *et al.*, 2010; APHA *et al.*, 1992).
- d. **Alcalinidad Total.** Es la capacidad que presenta el agua para neutralizar ácidos y constituye la suma de todas las bases titulables, el valor medido puede variar significativamente con el pH (APHA *et al.*, 1992). Los constituyentes químicos de la alcalinidad en las aguas naturales son bicarbonato, carbonato, e iones de hidroxilo y estos se originan a partir de la descomposición microbiana de la materia orgánica y los minerales en origen lítico desde las rocas y los suelos (Frank *et al.*, 2000). La alcalinidad es importante durante el proceso de tratamiento del agua, en razón de que según la concentración que posee, se establece la dosificación de los productos químicos utilizados sea cal hidratada o sulfato de aluminio para aumentar o disminuir la alcalinidad, respectivamente (Ministerio de Salud – Brasil, 2013).



- e. **Cloruros.** Es un anión inorgánico abundante en aguas de desecho y naturales. El contenido de cloruros normalmente se incrementa con el aumento de los minerales. Los cloruros en una proporción razonable no son dañinos para la salud, concentraciones por encima de 250 mg/l dan sabor salino al agua, haciéndola desagradable para el consumo humano (Londoño *et al.*, 2010). Altas concentraciones de cloruros pueden restringir el uso del agua en razón del sabor que le confieren y por el efecto laxativo, pueden provocar diarreas (Ministerio de Salud – Brasil, 2013).
- f. **Sulfatos.** Son componentes naturales de agua, un alto contenido de sulfatos puede proporcionar sabor al agua y causar un efecto laxante, este efecto es más significativo en niños y consumidores no habituales (OPS, 2005). Es importante debido a que se puede constituir en un problema durante el tratamiento de aguas residuales, ya que originaría olor y corrosión de las alcantarillas, producto de la reducción de sulfatos a sulfitos de hidrógeno en condiciones anaeróbicas (Londoño *et al.*, 2010).
- g. **Nitratos y nitritos.** Son indicadores valiosos de la calidad del agua, se relacionan con el ciclo del nitrógeno que sucede en el suelo y en las plantas superiores, a pesar de ser añadidos mediante los fertilizantes incrementando sus valores. Los nitritos se originan por la biodegradación del nitrógeno amoniacal, los nitratos u otros compuestos orgánicos que contienen nitrógeno y representa un indicador de contaminación fecal de una muestra de agua. A los nitratos no se les considera tóxicos, pero el consumo de cantidades grandes originan un efecto diurético. Por otra parte, los nitritos pueden originar sustancias cancerígenas como las nitrosaminas, que al interaccionar con los glóbulos rojos sanguíneos producen metahemoglobinemia impidiendo el transporte de oxígeno (Romero, 2009).



2.2.2 Categorización de las aguas de río Huari Huari según los Estándares de Calidad Ambiental (ECA).

El río Huari Huari según la Resolución Jefatural N° 056-2018-ANA, de fecha 13 de febrero del 2018, está catalogada como cuerpo de agua continental superficial en el numeral 1079, su código de curso es el N° 466488, posee una longitud de 170.03 Km y está ubicada en la categoría 4, la cual se ubica en la Unidad Hidrográfica de la Cuenca Inambari.

La categoría 4 en las normas de Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, está destinada a la conservación del ambiente acuático, es decir son cuerpos de aguas superficiales frágiles, o bien son zonas de amortiguamiento o área natural protegida, donde sus propiedades requiere ser protegidas. Además, dentro de la categoría 4, existe la subcategoría E2: Ríos, estos cuerpos acuáticos son catalogadas como fuentes de ríos y sus tributarios, que se ubican en la vertiente del pacífico, el Titicaca y oriental de la Cordillera de los Andes, sobre los 600 msnm.

2.2.3 Contaminación del agua por mercurio

El mercurio es el metal de mayor toxicidad (Laino *et al.*, 2015); es un contaminante asociado con la minería aurífera de manera artesanal (Díaz, 2014) y, a pesar de que su utilidad es ilegal en varios países, en otros como en Perú todavía se viene ampliamente utilizando como en varios países de Latinoamérica, África y Asia (Hammond *et al.*, 2013), ya que es muy eficiente en la separación del oro, debido a su fácil manejo y su bajo costo (Adjei *et al.*, 2015). El mercurio no puede ser descompuesto ni degradado hasta sustancias inocuas, sólo cambia de estado y de naturaleza química, implicando que su ingreso a la biosfera originará daños en la cadena trófica (PNUMA,



2005). Razones por la cual es una preocupación muy importante a nivel mundial en términos de contaminación (Donkor *et al.*, 2015).

Los metales pesados están ubicados en la tabla periódica de los elementos químicos como de alta densidad siendo mayor a 4 g/cm^3 , su masa y su peso atómico supera los 20, son muy tóxicos inclusive a bajas concentraciones. Entre ellos se mencionan al aluminio, cobre, berilio, hierro, cadmio, manganeso, plomo, mercurio, entre otros (Londoño *et al.*, 2016). En la actualidad los metales pesados constituyen el principal problema ambiental de la contaminación de fuentes hídricas en todo el mundo, debido a que origina la toxicidad de seres vivos en los ríos, por tal razón son considerados un gran problema para la población que se abastecen de dichas fuentes acuáticas, éstos metales proceden de las actividades antropogénicas, incrementando los efectos nocivos sobre sistemas ecológicos y el medio ambiente, que son el soporte de la vida humana y que acarrea problemas económicos a nivel local y nacional, ya que se incrementan los costos de las terapias médicas y ulteriormente la disminución de la productividad de la población de la zona (Cartaya *et al.*, 2008).

Entre los factores que llegan a afectar los ecosistemas por contaminación de metales pesados, se mencionan a las actividades humanas destacando generalmente las operaciones mineras y de fundición, adicionadas a las actividades industriales y urbanas (Vílchez, 2005), donde se presenta una tasa de contaminación acuática alrededor de los 200 millones de m^3 de manera diaria (Reyes *et al.*, 2016). Este hecho desencadena a grandes problemas como la fisiología de las plantas debido a que se depositan en los suelos irrigados por los ríos, entre estas manifestaciones se encuentran la disminución del crecimiento o la clorosis que viene a ser el amarillamiento de las hojas (Azpilicueta *et al.*, 2010), en los seres humanos los efectos pueden ser erupciones cutáneas, malestares gástricas y úlceras, debilitamiento del sistema inmune, problemas respiratorios, daños al



hígado y los riñones, afecciones cardíacas, cáncer de pulmón, alteraciones óseas, testiculares, del sistema nervioso central y periférico llegando a la muerte (Nava & Mendez, 2011).

Los metales pesados son liberados hacia los ecosistemas acuáticos y a los suelos a causa de las diversas actividades antropogénicas es una amenaza para los seres humanos, las plantas y los animales, a causa de su persistencia, la capacidad de bioacumulación, la propiedad no biodegradable y su toxicidad a bajas concentraciones (Ahmed *et al.*, 2013). Estos metales al estar presentes en los diversos ecosistemas son preocupantes, en razón de que los seres vivos requieren de un adecuado equilibrio en su alimentación o de vivienda. La actividad que desarrolla la persona, es la fuente de su contaminación, tal es el caso del cromo, un compuesto muy usado en las industrias como en el revestimiento plástico, galvanoplastia, curtido y acabado de cueros, pigmentos y como conservantes de madera (Mohan *et al.*, 2006); el cadmio es usado en la industria en la fabricación de baterías de material níquel – cadmio, en la formulación de agentes anticorrosivos y de los pigmentos (Al Hamouz *et al.*, 2017). El mercurio tiene las siguientes fuentes de contaminación entre ellos las descargas humanas, la deposición atmosférica, erosión, minería, los insumos agrícolas, las emanaciones industriales y de combustión. En las aguas subterráneas naturales y superficiales, su contenido es inferior a 0.5 µg/l, sin embargo, en aguas residuales descargadas de depósitos minerales la concentración de mercurio incrementa (Wu *et al.*, 2016). Por otro lado, el plomo es liberado al ambiente a causa de industria minera y la quema de combustibles fósiles, en la fabricación de baterías, municiones, productos metálicos y dispositivos para la protección frente a los rayos X (Mohammad *et al.*, 2017).

El mayor aporte de la contaminación de las aguas por metales pesados de debe a las aguas residuales de diversas actividades antropogénicas industriales, cada día



incrementa el grado de contaminación de las fuentes de agua a consecuencia del uso de metales en la industria, aumentando la concentración de metales en el agua, como consecuencia de ello aumenta el riesgo en los seres humanos y organismos vivos debido a que quedan expuestos a los metales, lo cual es preocupante si consideramos que los niveles permisibles en el agua para consumo humano el mercurio, plomo y cromo se encuentran establecidos en 1.0 $\mu\text{g/l}$, 10 $\mu\text{g/l}$ y 50 $\mu\text{g/l}$ respectivamente, según las normatividades colombianas como la legislación RD 140/03 y la NTC 183 (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 2011); y se establece como valores máximos de 2.0 $\mu\text{g/l}$, 15 $\mu\text{g/l}$ y 100 $\mu\text{g/l}$, respectivamente, según la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (USEPA, 2019).

Las zonas mineras se constituyen en importantes fuentes de dispersión del mercurio hacia los sistemas acuáticos contribuyendo a la contaminación por metilmercurio, ésta es la forma más tóxica que el propio mercurio elemental, su origen se encuentra en la metilación del mercurio inorgánico por la acción bacteriana (Segovia & Eulegelo, 2015); luego es propenso a acumularse en organismos acuáticos, también denominado bioacumulación, y en concentraciones mayores puede ascender a niveles tróficos superiores, también llamado biomagnificación, llegando al riesgo de afectar a los humanos al consumir organismos contaminados con metilmercurio (Laino, 2015).

Loza & Ccancapa (2020), afirman que en muchas zonas mineras de la región Puno, las concentraciones de mercurio fundamentalmente en sedimentos de los ríos poseen extremadamente altas concentraciones de mercurio, que superan los límites establecidos por los Estándares Canadienses de Calidad Ambiental (CEQG) en todas las zonas de muestreo e inexorablemente en el territorio denominado Lunar de Oro. Los índices de geoacumulación y el potencial de riesgo ecológico revelan ser riesgo toxicológico para los seres vivos silvestres y la salud de la población, se constituye en



una potencial amenaza en toda el área de cuenca, ya que el ingreso de estos efluentes mineros contribuye ampliamente a las cifras de metilación e inclusive la bioacumulación así como la biomagnificación, principalmente en los cuerpos o ambientes receptores.

2.2.4 Contaminación del agua por coliformes termotolerantes

Las enterobacterias son parte de una gran familia y muy diversa de bacilos Gram negativos, entre formas de vida libre y flora normal en seres humanos y animales. Algunas adaptadas específicamente a los seres humanos. Las enterobacterias crecen con rapidez bajo las condiciones aerobias y anaerobias y tiene actividad metabólica (Ryan *et al.*, 2011).

Por otro lado, son bacterias bacilares, de la familia Enterobacteriaceae, Gram negativas anaerobias y aerobias y se adaptan en ambientes adversos. Adicionalmente las coliformes se pueden encontrar en el suelo viviendo como saprófitos independientes de esta manera para separar los géneros de origen fecal (González, 2012), menciona que son habitantes intestinales en el hombre y animales de sangre caliente, pero también ampliamente distribuidas en la naturaleza, especialmente en suelos, semillas y vegetales. El grupo coliformes está formado por los siguientes géneros: *Escherichia*, *Klebsiella*, *Enterobacter* y *Citrobacter* (Hernández, 2012). Entre las enterobacterias existen numerosas especies que son patógenos para el hombre, animales y plantas, *Escherichia coli* es el organismo más conocido debido a la importancia médica de las enterobacterias (Madigan *et al.*, 2012).

Las coliformes se constituyen en indicadoras de contaminación fecal, su presencia revela la existencia de bacterias, protozoos, virus y quistes de metazoarios. Las bacterias responden a diversos factores ecológicos, que pueden influyen su permanencia y su sobrevivencia, el caso de las bacterias coliformes fecales, es que están adaptadas para vivir en el tracto gastrointestinal, el cual es considerado como un hábitat primario, a pesar



de ello puede sobrevivir en el agua residual y cuerpos acuáticos receptores, quienes son considerados hábitats secundarios (Savichtcheva & Okabe, 2006).

El ensayo de coliformes termotolerantes (CTT) se estableció con base en la capacidad de las bacterias coliformes termotolerantes, *Escherichia coli*, de producir gas, en medio EC (*Escherichia coli*), al ser incubadas a 44.5 ± 0.2 °C durante 24 ± 2 horas, también se usa la capacidad de las bacterias fecales para producir gas en medio A1 al ser incubadas por tres horas a 35 ± 0.5 °C y por 21 ± 2 horas a 44.5 ± 0.2 °C (Romero, 2000).

La materia fecal humana y animal posee gran variedad de microorganismos enteropatógenos entre ellos se citan a *Campylobacter*, *Shigella*, *Salmonella*, *Aeromonas*, *Yersinia*, *Francisella*, *Pasteurella*, *Vibrio*, *Leptospira*, protozoarios y varios virus, al ser descargados hacia las aguas naturales, su presencia indicaría contaminación fecal, constituyéndose en un peligro de transmisión de enfermedades para la población (Borrego *et al.*, 1990). Las bacterias enteropatógenas poseen recuentos bajos en aguas naturales, por tal razón su detección en el laboratorio es lograda con cierta dificultad, pero sus procedimientos de cultivo y su aislamiento son complejas y muy laboriosas, en ese sentido se diseñaron técnicas microbiológicas para un correcto análisis de agua basándose en la detección de otros microorganismos que también se encuentran presentes en la materia fecal y pueden ser utilizados como indicadores (Borrego *et al.*, 1990).

Las coliformes, los enterococos y la *Escherichia coli* son manejados como indicadores de contaminación fecal, pero su uso presenta desventajas, en razón de que se reportaron casos de enfermedades entéricas a causa de consumo de agua, pero sin haberse aislado coliformes y ninguno de ellos es indicador de contaminación viral (Borrego *et al.*, 1987). En ese sentido los virus que infectan a *Escherichia coli* reconocidos con la denominación de colifagos se constituyen en excelentes indicadores de contaminación



por materia fecal. La presencia de colifagos en muestras de heces humanas y en sistemas de desagües es muy frecuente y su detección es fácil y rápida (Cornax *et al.*, 1991).

Los diversos usos del agua y el incremento de la población contribuyeron al aumento de los valores de contaminación en los ecosistemas acuáticos. La contaminación acuática es un problema fundamental y presente, y posee como causa principal el vertimiento de los desechos industriales y domésticos, siendo estos el origen de la degradación del ambiente. La calidad microbiana del agua de consumo humano y de los vertidos, necesitan de análisis para determinar la persistencia de los microorganismos perjudiciales o patógenos. Las bacterias indicadoras nos permiten llevar a cabo la clasificación sanitaria de las aguas según sus usos, la determinación de los criterios para establecer las normas de calidad, la identificación de los contaminantes, el control de los procedimientos de tratamiento de agua y de los estudios epidemiológicos (Larrea *et al.*, 2013).

La calidad sanitaria de los cuerpos acuáticos se realiza por medio del recuento bacteriano de contaminación fecal, con ello también se valora la calidad alimentaria, aguas de consumo humano, los sedimentos, la recreación, la agricultura y la industria. No existe un indicador universal de contaminación fecal, por tanto, se debe seleccionar el más apropiado según el estudio que se desea realizar (Bachoon *et al.*, 2010), siendo los indicadores de contaminación fecal mejor utilizados las coliformes totales y termotolerantes, *Escherichia coli* y los enterococos (Rossen *et al.*, 2008).

González *et al.* (2010) y Méndez *et al.* (2010), manifiestan que existen numerosas limitaciones relacionadas a la aplicación de las bacterias como indicadores, ya que poseen una escasa supervivencia en los cuerpos acuáticos y en fuentes no fecales, tiene la habilidad de multiplicarse luego de su liberación hacia una columna de agua y su debilidad a los procesos de desinfección, entre otras. Ante ello se utilizan indicadores



alternativos como las bacterias anaerobias fecales (*Bacteroides* spp., *Bifidobacterium* spp., *Clostridium perfringens*), virus como los colifagos y componentes orgánicos de la materia fecal como el coprostanol (Mushi *et al.*, 2010). Los microorganismos indicadores tienen un comportamiento similar a los patógenos cuando se refiere a su concentración en el agua y su reacción ante los factores ambientales, en contraste son más fáciles, más rápidos y más económicos en su identificación (Méndez *et al.*, 2010). Luego de demostrar la presencia de los grupos indicadores, se lograría inferir qué microorganismos patógenos se encuentran en el cuerpo acuático y cuál es su comportamiento frente a diferentes factores como el pH, la presencia de nutrientes, la temperatura y el tiempo de retención hídrica (Ávila de Navia & Estupiñan, 2009).

Las coliformes son adecuadas como indicadores de contaminación fecal, gracias a que forman parte de la microbiota normal del tracto gastrointestinal humano como de animales homeotermos, con grandes cantidades en cada uno de ellos y son un grupo heterogéneo diverso de muchos géneros y especies, pero todas las coliformes pertenecen a la familia Enterobacteriaceae (Santiago *et al.*, 2012). Las coliformes termotolerantes, soportan temperaturas de 45 °C, en tal sentido comprenden un número reducido de bacterias, y son indicadores de calidad debido a su origen, la gran mayoría representada por *Escherichia coli*, pudiendo encontrar también de manera menos frecuente a las especies *Citrobacter freundii* y *Klebsiella pneumoniae*, por tanto son parte de las coliformes termotolerantes, pero su origen normalmente es de naturaleza ambiental, es decir procede de fuentes de agua, vegetación y suelos y ocasionalmente son parte de la microbiota normal. (Santiago *et al.*, 2012).

Muchos autores utilizan el término de coliformes fecales, que debería ser sustituido por coliformes termotolerantes (Narváes *et al.*, 2008). Las coliformes termotolerantes se encuentran dentro de las coliformes totales, diferenciándose en ser



indol positivos, y tienen temperatura óptima de crecimiento de 45 °C e indican la higiene de los alimentos y el agua. La presencia de coliformes termotolerantes indican existencia de contaminación fecal de origen humano o de animal, en razón de que las heces contienen éstas coliformes que están presentes en la microbiota intestinal, siendo *Escherichia coli* la más representativa llegando entre el 90 al 100 % (Carrillo & Lozano, 2008).

Escherichia coli es la más abundante entre las bacterias anaerobias facultativas, en las heces se excretan diariamente entre 10^8 - 10^9 UFC/g razón por la cual son usadas como indicadores de contaminación fecal (Larrea *et al.*, 2009). Carrillo y Lozano (2008) reportan que sintetizan la enzima β -D-glucuronidasa (GUD), que tiene la función de degradar al compuesto 4-metilumbeliferil- β -D-glucurónico (MUG), dando origen a la 4-metilumbeliferona, asimismo, sintetizan indol desde triptófano, en un tiempo de 21 ± 3 horas a 44 ± 0.5 °C, también presentan la enzima β -D-galactosidasa (GAL), que reacciona de forma positiva con el indicador de pH rojo de metilo, llegando a la descarboxilación del ácido L-glutámico.

Escherichia coli tiene un tiempo de sobrevivencia aproximado de dos días en un hábitat primario, en ese sentido no vive en ambientes inertes, pero el ingreso continuo de residuos humano y animal mantiene estable la población bacteriana. En el hábitat secundario de mantienen debido al constante ingreso de microorganismos desde el hábitat primario, pero la carencia de nutrientes y las condiciones ecológicas adversas como los templados evitan que pueda realizar su división celular fuera del hospedante animal, por tanto, se puede afirmar que *Escherichia coli* no vive fuera de los seres vivos hospedantes y que su presencia resulta del ingreso de desechos animales y el hombre (Winfield & Grosman, 2003).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 ZONA DE ESTUDIO

El distrito de Phara, (Figura 1), se ubica en la provincia de Sandia, región de Puno, posee tres zonas, la sierra, la ceja de selva y selva (valle Melgar), se encuentra localizada entre las coordenadas $14^{\circ} 09' 50''$ de latitud Sur y $69^{\circ} 40' 00''$ de longitud oeste y una altitud de 3,450 msnm. Su capital es la localidad de Phara, se encuentra establecida en las faldas del cerro Ch'atasenqa (Municipalidad Distrital de Phara, 2020). Según comunicaciones personales recogidas en la localidad de Phara, la población se dedica mayoritariamente a laborar en actividades de minería informal, aunándose a ellos las empresas mineras establecidas en su jurisdicción originan la contaminación de sus cuerpos de aguas como lo son los ríos Ccapac Mayo y Puly Puly.



Figura 1. Ubicación geográfica del distrito de Phara en la provincia de Sandia, región Puno (Municipalidad Distrital de Phara, 2020).

En la Figura 2, se presenta un esquema de los puntos de muestreo en diferentes zonas del río Huari Huari, el cual desemboca en el río Inambari. El río Huari Huari recibe los efluentes de las empresas mineras Santa Fe y Sagrado Cuna Cuna (Figura 6) siendo ésta el punto de muestreo 2 (P2), a continuación, la corriente discurre al punto de muestreo 3 (P3) que tiene la denominación de “a 2 Km del punto 2 aguas abajo” y finalmente al punto de muestreo 4 (P4) denominada Puente Purísima, asimismo en alrededores del río Huari Huari están asentados mineros informales que explotan oro, utilizando el azogue o mercurio para la obtención del preciado metal y sus efluentes también llegarían al río en evaluación (Figura 8). Como zona control fue el río Ccutini considerada el punto de muestreo 1 (P1), el cual no tiene influencia de contaminación de las empresas mineras y los informales.

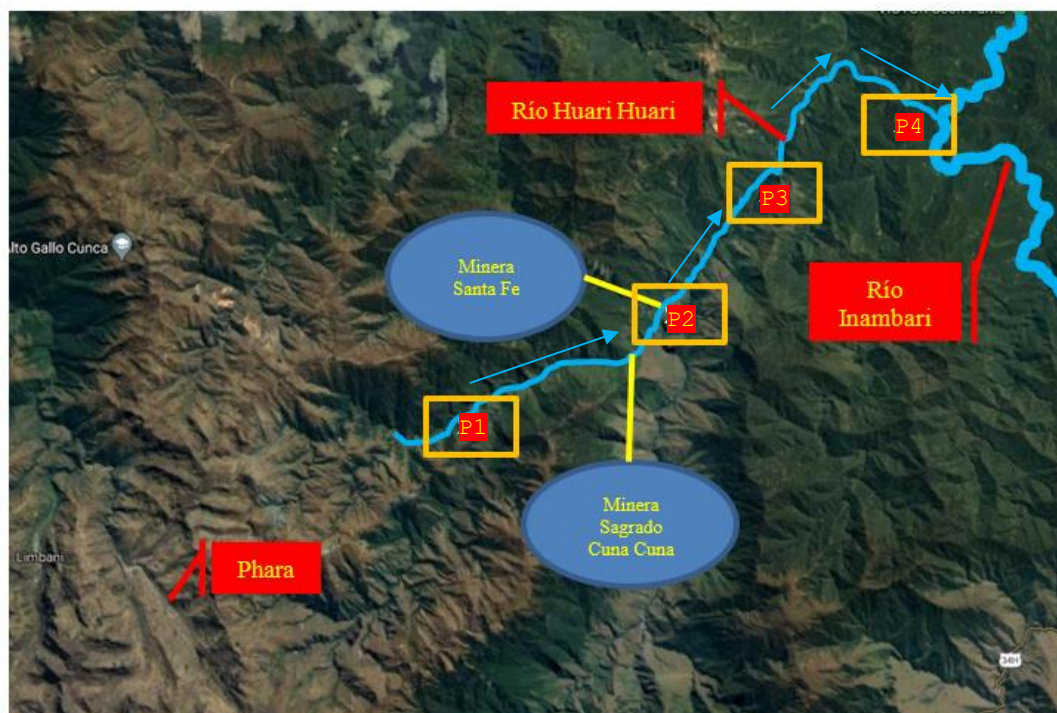


Figura 2. Ubicación de los puntos de muestreo en el río Huari Huari (P1, P2, P3 y P4) que desemboca en el río Inambari (Googlemap, 2020).

3.2 DISEÑO Y TIPO DE INVESTIGACIÓN

El diseño de investigación fue observacional – transversal, en razón de que se



realizó el registro de datos de la concentración de mercurio y los recuentos de coliformes termotolerantes en un tiempo determinado, las evaluaciones se realizaron durante los meses de marzo y mayo del año 2021 en cuatro puntos de muestreo en el río Huari Huari.

La investigación fue de tipo descriptivo y explicativo, descriptivo porque se realizó la descripción de los resultados de la concentración de mercurio y el recuento de coliformes termotolerantes en cada zona de muestreo y explicativo porque se determinó las causas de la presencia de los dos contaminantes antes mencionados (Hernández *et al.*, 2014).

3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

La población fue constituida por las aguas del río Huari Huari, la cual fue infinita, en tal sentido, se estableció un muestreo no probabilístico intensional por criterio, para ello se diseñó la distribución de las unidades de muestreo, tal como se observa en la Figura 2 y la Tabla 1.

Esta investigación se realizó en la jurisdicción del distrito de Phara, provincia de Sandía, región Puno, la cual se encuentra ubicada en la zona quechua, ceja de selva y selva, está ubicada en las coordenadas 14° 09' 50" de LS y 69° 40' 00" de LO del Meridiano de Greenwich y a una altitud de 3450 msnm, entre los distritos de Limbani y Patambuco.

Las muestras colectadas de las aguas del río Huari Huari fueron enviadas a la institución acreditada por INACAL - Perú, "Laboratorios Analíticos del Sur" de la ciudad de Arequipa, para ello se cumplió con recomendaciones realizadas por el laboratorio de análisis, tanto para la determinación de mercurio y el recuento de coliformes termotolerantes.

En la Tabla 1, se presenta la distribución de colección de agua por puntos de muestreo y meses de evaluación. Como se explicó anteriormente se determinó

concentración de mercurio y los recuentos de coliformes termotolerantes en los puntos de muestreo P2, P3 y P4, las cuales fueron contrastadas con el punto de muestreo P1, quien no posee influencia minera. Por otro lado, se consideró la evaluación en el mes de marzo, ya que la actividad minera es mayor y se observaría mejor los resultados a evaluar; mientras tanto, la siguiente evaluación fue en el mes de mayo en razón de que es un mes de transición y las lluvias tienden a disminuir concentrándose los contaminantes.

En cada mes se realizaron un total de siete muestreos, en el punto de muestreo río Ccutini considerado como punto de control en la presente investigación, se realizó un solo muestreo en cada mes de tal manera que se llegó a las 2 repeticiones en dicha zona. A continuación, se realizaron dos muestreos en cada uno de los restantes puntos de muestreo como la confluencia de los ríos Ccutini y efluentes mineros (P1), a 2 kilómetros del punto 2 aguas abajo (P3) y el puente Purísima (P4), respectivamente, los cuales hicieron un total de 14 muestreos. En todos los puntos de muestreo solo se realizaron dos repeticiones en razón de que los análisis se realizaron en un laboratorio acreditado de la ciudad de Arequipa.

Tabla 1. Distribución de recolección de aguas del río Huari Huari por puntos y meses de muestreo.

Puntos de muestreo	Meses de muestreo			
	Marzo		Mayo	
	R1	R2	R3	R4
P1	1	--	1	--
P2	1	1	1	1
P3	1	1	1	1
P4	1	1	1	1

Donde: -- = No se realizaron las repeticiones R2 ni R4; P1= Río Ccutini (14°06'44.7" Sur y 69°34'14.8" Oeste); P2=Confluencia de los ríos Ccutini y efluentes mineros (14°05'11.6" Sur y 69°30'33.8" Oeste); P3= A 2 Km del punto 2 aguas abajo (14°01'41.8" Sur y 69°28'00.5" Oeste) y P4=Puerto Purísima (14°00'58.8" Sur y 69°25'03.3" Oeste).

3.4 DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE MERCURIO EN AGUAS DEL RÍO HUARI HUARI

3.4.1 Muestreo de agua

Los procedimientos para muestrear las aguas, fueron las recomendadas por el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales (MINAGRI – ANA, 2016), donde la toma de muestra de agua natural se realizó en una cantidad de 400 ml en frascos esterilizados y enjuagados con agua desionizada y se realizó en los puntos de control a una profundidad de 30 cm, en dos frascos limpios y esterilizados, uno para análisis de mercurio y otro para coliformes termotolerantes. Antes de la colecta del agua los frascos se enjuagaron 3 veces contracorriente al río, a continuación, los frascos fueron rotulados debidamente, así como también georreferenciados con un GPS. A continuación, se dispuso en un cooler bajo refrigeración (Esmeralda & Zambrano, 2018), para su envío a la empresa acreditada Laboratorios Analíticos del Sur de la ciudad de Arequipa para el análisis de mercurio (Figura 7).

Para el muestreo del agua se consideró lo siguiente: la muestra no debió tener partículas grandes, desechos, hojas u otro tipo de material accidental, la colecta del agua se realizó con la boca del frasco contra la corriente, no se expuso al polvo u otras impurezas, se realizó con manos limpias y guantes descartables, inmediatamente después de la recolección, las muestras se conservaron fuera del alcance de la luz solar, el transporte se realizó con hielo, se registró la información de campo y se completó una ficha de recolección.

3.4.2 Concentración de mercurio en aguas del río Huari Huari

a. Método. Espectrofotometría ICP - OES (NMX-AA-051-SCFI-2001).

b. Fundamento. El plasma de acoplamiento inductivo (ICP) es una fuente de



ionización adjunto al espectrofotómetro de emisión óptico (OES), ambos constituyen el equipo integrado de ICP-OES. En esta técnica, se introduce de manera continua una muestra líquida, luego es nebulizada a manera de aerosol transportado por el gas argón a la antorcha del plasma, que es acoplado inductivamente por radio frecuencia. En el plasma, gracias a las altas temperaturas generadas, los analitos se atomizan e ionizan generando espectros de emisión de átomos mediante líneas características. Dichos espectros se dispersan por la difracción y un detector sensible a la luz se encarga de la medición de las intensidades de las líneas, toda esa información es procesada por el sistema informático (Gaitán, 2004).

c. Procedimientos:

Digestión de las muestras. Las aguas se homogenizaron, a partir de ella se tomaron alícuotas de 100 ml, que fueron traspasados a un vaso de precipitado, se adicionó 3 ml de HNO_3 concentrado (Merck), cubriendo la preparación con una luna de reloj de vidrio, pasándose hacia una placa de calentamiento, evaporándose hasta casi llegar a la sequedad, haciendo que no logre hervir (5 ml). A continuación se agregó 5 ml adicionales de HNO_3 concentrado, luego se enfrió a la temperatura ambiental, seguidamente se volvió a la placa de calentamiento, incrementando su temperatura hasta lograr el reflujo, llegándose a completar hasta la digestión total obteniéndose un residuo color claro, a continuación se agregó 2 ml de HNO_3 concentrado, se subió la temperatura hasta lograr la disolución del residuo, las paredes de los vasos y las lunas de rejos fueron lavadas con agua destilada, se filtraron con la finalidad de eliminar silicatos y sus residuos, finalmente, se aforó a 100 ml con agua destilada, se enfrió a temperatura ambiente y se refrigeró.

Elaboración de curvas estándar. Antes de iniciar esta experiencia se realizaron los cálculos estequiométricos necesarios para la preparación de soluciones patrón de



concentraciones conocidas (Christian, 2009) de mercurio, a partir de soluciones patrón de referencia de las fuentes comerciales (Rodier, 1990). Las condiciones de trabajo de emisión de flama para cada metal se obtuvieron del manual del aparato de absorción atómica (Varian, 1989). Este sistema caracterizado por ser automatizado, mostró contenidos de arsénico, mercurio y plomo a un procesador, tabulándose así los datos.

d. Variables.

Variable independiente: Aguas del río Huari Huari.

Variable dependiente: Concentración de mercurio.

e. Pruebas bioestadísticas para contrastar hipótesis.

Los resultados obtenidos de las concentraciones de mercurio en aguas del río Huari Huari presentaron cuatro repeticiones, fueron tabulados y previamente fueron analizados mediante pruebas de tendencia central y de dispersión (promedio, la desviación estándar y el coeficiente de variación, a continuación. Y para comparar entre puntos de muestreo se aplicaron pruebas de análisis de varianza y de Tukey, con un nivel de confianza del 95%, y pruebas de T de Student para los meses (De la Garza *et al.*, 2013).

3.5 DETERMINACIÓN DE LOS RECUENTOS DE COLIFORMES TERMOTOLERANTES EN AGUAS DEL RÍO HUARI HUARI

a. Método. Número más probable.

b. Fundamento. El Número Más Probable (NMP), se basa en que las enterobacterias fermentar la lactosa, consecuente producen ácido y gas luego de su incubación a $35^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ por un tiempo de 48 horas, donde el medio de cultivo contiene sales biliares. El análisis tiene dos fases, presuntiva y confirmativa. Los hallazgos del NMP se realiza con el número de tubos positivos de la prueba presuntiva, basada en la



fermentación de la lactosa, la producir de gas e incubados a 44.5 ± 0.1 °C por un periodo de 24 a 48 horas (Pascual & Calderón, 2000).

c. Procedimientos:

Determinación de coliformes termotolerantes

Prueba presuntiva. Se inocularon volúmenes de 10 ml, 1 ml y 0.1 ml de agua en tripletes de 3 tubos de caldo lactosado con campana de Durham, donde los primeros tres tubos presentarán doble concentración del caldo y los restantes 6 fueron de simple concentración, seguidamente fueron incubados a 37 °C por 48 horas.

Prueba confirmativa para coliformes termotolerantes. Se transfirió mediante 2 o 3 asadas desde cada tubo positivo obtenido en la prueba presuntiva hacia los tubos con caldo verde brillante bilis con campana de Durham. A continuación, se homogenizaron los tubos, fueron dispuestos en una gradilla e incubados a 44.5 ± 0.1 °C durante 48 horas. La formación de gas, el enturbamiento y la fermentación dentro del lapso de 48 horas constituyeron una prueba confirmativa de la presencia de coliformes termotolerantes (Pascual & Calderón, 2000).

Cálculos: De acuerdo a los tubos positivos en las pruebas confirmativas para coliformes termotolerantes, se establecieron los códigos correspondientes para calcular por referencia en la tabla estadística correspondiente, el NMP de coliformes termotolerantes en 100 ml de agua (Pascual & Calderón, 2000).

Prueba confirmativa para *Escherichia coli*. Se transfirió mediante una asada de cada uno de los tubos positivos en caldo verde brillante bilis lactosa, hacia placas Petri conteniendo agar eosina azul de metileno (EMB) para lograr su aislamiento. En placas invertidas se incubó a 37 °C por 24 horas. La prueba fue positiva si presentó colonias con centro negro, planas con brillo metálico (Pascual & Calderón, 2000).

Tanto los valores obtenidos de la concentración de mercurio y el recuento de



coliformes termotolerantes obtenidos en el río Huari Huari, fueron contrastados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua en su categoría 4 (conservación del ambiente acuático), tal como lo reconoce la Resolución Jefatural N° 056-2018-ANA.

d. Variables analizadas

Variable independiente: Puntos de muestreo del río Huari Huari.

Variable dependiente: Recuento de coliformes termotolerantes.

e. Pruebas bioestadísticas para contrastar hipótesis.

Los resultados obtenidos de los recuentos de coliformes termotolerantes en aguas del río Huari Huari presentaron cuatro repeticiones, fueron tabulados y previamente fueron analizados mediante el promedio, la desviación estándar y el coeficiente de variación, a continuación. Y para comparar entre puntos de muestreo se aplicaron pruebas de análisis de varianza y de Tukey, con un nivel de confianza del 95%, y pruebas de T de Student para los meses (De la Garza *et al.*, 2013).

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 CONCENTRACIÓN DE MERCURIO EN AGUAS DEL RÍO HUARI HUARI

En la Tabla 2, se observa los resultados obtenidos de la concentración de mercurio (Hg) en aguas de cuatro puntos de muestreo del río Huari Huari en el distrito de Phara, con cifras inferiores a 0.00041 mg/l, siendo éstos los valores del límite de cuantificación del método por el equipo de Espectrofotometría ICP – OES, reportado por el laboratorio acreditado. En tal sentido, se desconoce si las concentraciones de mercurio sobrepasan los límites permisibles de los Estándares de Calidad Ambiental (ECAs, Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM) para agua - categoría 4, destinadas para la conservación del ambiente acuático, quien establece un valor igual a 0.0001 mg/l de Hg (Figura 3).

Tabla 2. Concentración de Hg (mg/l) en aguas del río Huari Huari, durante los meses de marzo – mayo del 2021.

Puntos de muestreo	R1	R2	R3	R4	Prom
Río Ccutini – P1	< 0.00041	--	< 0.00041	--	< 0.00041
Confluencia de los ríos					
Ccutini y efluentes mineros - P2	< 0.00041	< 0.00041	< 0.00041	< 0.00041	< 0.00041
A 2 Km del punto 2 aguas abajo – P3	< 0.00041	< 0.00041	< 0.00041	< 0.00041	< 0.00041
Puente Purísima – P4	< 0.00041	< 0.00041	< 0.00041	< 0.00041	< 0.00041
ECA para agua, Cat. 4 (conservación del ambiente acuático): 0.0001 mg/l					

Fuente: Laboratorios Analíticos del Sur – Lab. de Ensayo Acreditado por INACAL. Informe de ensayo LAS01-AG-AC-21-00115 e informe de ensayo LAS01-AG-AC-21-00173 (Anexos).

En la investigación se obtuvieron valores inferiores a 0.00041 mg/l de mercurio en aguas del río Huari Huari, estos resultados fueron superados por los mencionados por Esmeraldas & Zambrano (2018), quienes en el río Carrizal en la provincia de Calceta



(Ecuador) reportaron en el agua superficial, concentraciones de mercurio que oscilaron entre 2.105 mg/l y 0.062 mg/l en el mes de febrero, mientras que entre los meses de marzo y abril los valores oscilaron entre 0.246 y 0.094 mg/l. Quintero & Gutiérrez (2017), afirman que éstos valores se debería a la presencia cercana de actividades de procesamiento del oro mediante amalgamiento con mercurio, tal como determinaron en el río Caquetá (Colombia), que posee altas concentraciones de mercurio oscilando entre 0.72 mg/l y 0.17 mg/l.

Por su parte, Castelo (2015) en Quito (Ecuador) mencionó que el agua del río del cantón Rumiñahui, presentó valores menores a 0.00042 mg/l de mercurio, estos resultados fueron similares a los obtenidos en la presente investigación. Mullisaca, (2013) determinó en el río Azángaro – Puno, concentraciones de mercurio de 0.00020 mg/l, los cuales estuvieron por debajo de los ECA – categoría 3 para agua (0.001 mg/l). En contraposición, el río Coata (Puno – Perú) a pesar de la presunta contaminación que posee a efecto del agua residual de la ciudad de Juliaca, presentaron concentraciones de mercurio inferiores a 0.00020 mg/l, no superando los ECAs (Chata, 2015).

Las aguas del río Huari Huari, a pesar de resultar con valores menores a 0.00041 mg/l, es probable que supere los valores de 0.0001 mg/l que establece la norma ECA categoría 4, en razón de que muchas veces se reportaron la liberación de relaves mineros con dirección al río en estudio, pero el mercurio posee la capacidad de acumularse en las formas de vida existentes en sus aguas, principalmente plantas acuáticas, las que vendrían remediando de manera natural manteniendo bajos niveles de mercurio (Apaza, 2016), pero puede bioacumularse en los tejidos de macrófitas logrando ser tolerantes y de esta manera integrarse a la cadena trófica (Posada & Arroyave, 2006), asimismo estas aguas no pueden ser consumidas por las vacas ya que podrían presentarse en la leche que producen tal como lo reportó Chata (2015).



La población dedicada a la minería artesanal al manipular el azogue, líquido que contiene el mercurio y utilizado para lograr la amalgama con el oro, puede contaminarse con el metal pesado, tal como lo reporta Aparicio (2015) quien afirma que el mercurio puede bioacumularse en los huesos, riñones e hígado humanos, tal como lo determinó personas dedicadas a la minería y comerciantes de mercurio en alrededores del río Tambopata, donde el mercurio hemático superaron los límites establecidos por la OMS ($<10 \mu\text{g/l}$), aduciendo como causa principal el consumo de pescado proveniente de ecosistemas acuáticos contaminados con metales pesados, paralelamente dicha población estaría expuesto a riesgos de neurotoxicidad.

Por otro lado, la contaminación con mercurio de las aguas del río Huari Huari y la población que manipula el azogue, podría terminar bioacumulando al metal pesado en los cabellos indicar contaminación metálica, tal como lo confirma Huilca (2018) quien en Apurímac, reportó presencia de mercurio en cabellos humanos en personas que poseían exposición laboral y ocupacional a la minería artesanal, el consumo de agua fluvial, el consumo de trucha contaminada, con valores de 1.86 a 2.96 mg/kg de cabello, a pesar de ello estuvieron debajo de los niveles permisibles de mercurio recomendados por la OMS (7 mg/kg).

La misma población dedicada a obtención de oro vendría siendo afectada por el mercurio, en razón de que familias enteras vienen dedicándose a la minería informal, incumpliendo las medidas de protección, pero generando residuos de relaves que desembocan al río Huari Huari sin tratamiento previo, donde los niños y adolescentes que viven con sus padres, serían los más susceptibles a daños neurológicos y adultos con similar exposición (Andreoli, 2017). Por otra parte, el agua del río podría poseer mercurio debido a una combinación de procesos naturales procedentes de las rocas y el subsuelo, la meteorización o la erosión del suelo, los efluentes antropogénicos y la descarga de



residuos municipales e industriales, siendo fuentes constantes de contaminación, que afectarían a la flora y fauna acuática de los ríos y lagos (Brousett *et al.*, 2021).

Es importante determinar el contenido de mercurio en los ríos de la región Puno, en especial en aquellos cercanos a las empresas mineras, ya que en la mayoría de veces son causantes de la contaminación de los ríos al verter sus efluentes, por lo tanto, la presencia de mercurio en niveles mayores establecería un grave problema ambiental debido a la toxicidad que origina y las repercusiones fisiológicas que traerían consigo en los seres humanos y animales (Londoño *et al.*, 2016). Al mercurio se le puede encontrar en trazas en aguas residuales industriales, razón por la cual se debe de cuantificar concentraciones de metales pesados, que son generados mediante la actividad humana para determinar el nivel afectado en una determinada zona (Soto *et al.*, 2011). El mercurio es un metal peligroso, que se presenta en el agua de riego de vegetales, ingresando así a las plantas y constituyéndose en un riesgo para la salud alimentaria del ser humano (Li *et al.*, 2015), es probable que aguas abajo de los puntos de muestreo, las aguas del río Huari Huari sean utilizados para riego de vegetales, lo que se constituiría en un peligro para la salud pública.

Si en el hipotético caso que el río Huari Huari tuviera concentraciones de mercurio por encima de los valores establecidos en la norma vigente, se evidenciaría el uso excesivo del metal pesado en forma de azogue para la extracción del oro, en razón de que la industria minera utiliza 70 toneladas de mercurio al año para lograr la extracción de 188 toneladas de oro, haciendo un cálculo aproximado para la obtención de una tonelada de oro, se necesitaría 370 Kg de mercurio (Díaz, 2014). En la presente investigación no se hizo el estudio de metilmercurio, pero según la bibliografía revisada su presencia en los ecosistemas acuáticos, sería perjudicial en razón de que puede llegar a ser bioacumulado por los organismos, que podría desencadenar en la intoxicación de la



cadena alimentaria; en el ser humano originaría daños neurológicos, cardiovasculares y diversos cánceres (Reyes *et al.*, 2016).

En realidad, no se podría aceptar o rechazar la hipótesis planteada en el proyecto de investigación, en razón de que las concentraciones de mercurio fueron menores a 0.00041 mg/l, a tal punto que se desconoce si superaron las concentraciones de 0.0001 mg/l establecidas para la categoría 4 de los ECA para aguas del río Huari Huari.

Después de todo lo comparado y analizado, se afirma que la presencia de mineros artesanales y minería formal vendrían contaminando el río Huari Huari con sus efluentes residuales luego de realizar la amalgamación del oro con azogue (mercurio), caso contrario la presencia de mercurio se debería a que procederían desde las rocas por donde discurre el agua, arrastrando al metal pesado, o bien se tendría la sospecha de presencia de actividad minera aguas arriba del punto de muestreo P1, esto no se investigó en la presente investigación.

4.2 RECUENTO DE COLIFORMES TERMOTOLERANTES EN AGUAS DEL RÍO HUARI HUARI

En la Tabla 3 se visualiza los recuentos de coliformes termotolerantes en aguas del río Huari Huari, donde el río Ccutini (P1) resultó con 41 NMP/100 ml de promedio, con valores que oscilaron entre 33 NMP/100 ml y 49 NMP/100 ml; en el punto de muestreo confluencia del río Ccutini y los efluentes mineros (P2) las aguas tuvieron un promedio de 143.25 NMP/100 ml, con valores que variaron de 70 NMP/100 ml y 330 NMP/100 ml; a 2 Km aguas abajo del punto 2 (P3), los recuentos bacterianos tuvieron un promedio de 1,297.50 NMP/100 ml, con valores que variaron de 330 NMP/100 ml y 3,300 NMP/100 ml; mientras que en el Puente Purísima (P4), las aguas resultaron con un promedio de 10,647.50 NMP/100 ml, con cifras entre 490 NMP/100 ml y 24,000 NMP/100 ml. Los valores de coeficiente de variabilidad fluctuaron entre 27.59% (río

Ccutini) y 110.19% (Puente Purísima). Los recuentos de los últimos tres puntos de muestreo (P2, P3 y P4) tuvieron una alta dispersión con respecto a su promedio ya que tuvieron altos valores de coeficientes de variación. Los valores de recuentos de coliformes termotolerantes en los puntos P1, P2 y P3 no superaron los valores recomendados en los ECA para agua en la categoría 4 (2,000 NMP/100 ml); mientras que en el punto P4 superaron ampliamente a lo recomendado en la norma mencionada (Figura 3).

Tabla 3. Recuento de coliformes termotolerantes (NMP/100 ml) en aguas del río Huari Huari, durante los meses de marzo - mayo del 2021.

Punto de muestreo	Coliformes termotolerantes				Prom	CV(%)
	(NMP/100 ml)					
	R1	R2	R3	R4		
Río Ccutini – P1	33	--	49	--	41.00	27.59
Confluencia de los ríos Ccutini y efluentes mineros – P2	70	79	94	330	143.25	87.19
A 2 Km del punto 2 aguas abajo – P3	3,300	460	1,100	330	1,297.50	106.11
Puente Purísima - P4	490	1,100	24,000	17,000	10,647.50	110.19
ECA para agua, Cat. 4 (conservación del ambiente acuático): 2,000 NMP/100 ml						

Fuente: Laboratorios Analíticos del Sur – Lab. de Ensayo Acreditado por INACAL. Informe de ensayo LAS01-AG-AC-21-00115 e Informe de ensayo LAS01-AG-AC-21-00173 (Anexos).

Luego de analizar los datos de los recuentos de coliformes termotolerantes mediante la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis, se determinó que existió diferencia estadística significativa (Figura 4) entre los puntos de muestreo ($H=12.94$; $P=0.0046$), y según la prueba de rangos múltiples, el mayor recuento de coliformes termotolerantes se determinó en el punto de muestreo Puente Purísima y la menor en el río Ccutini (anexos - Figura 4).

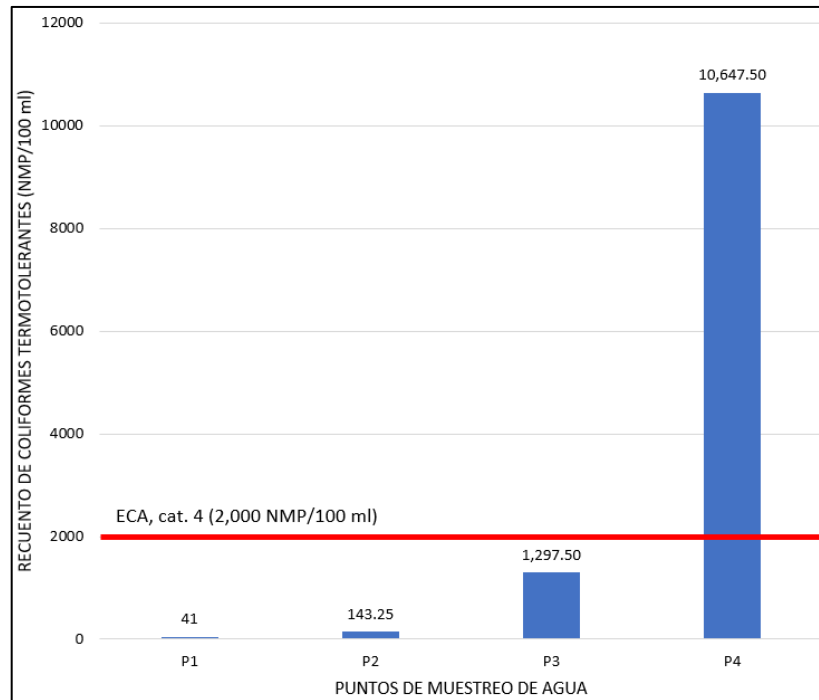


Figura 3. Recuentos de coliformes termotolerantes (NMP/100 ml) en aguas del río Huari Huari, comparados con la norma ECA para agua categoría 4.

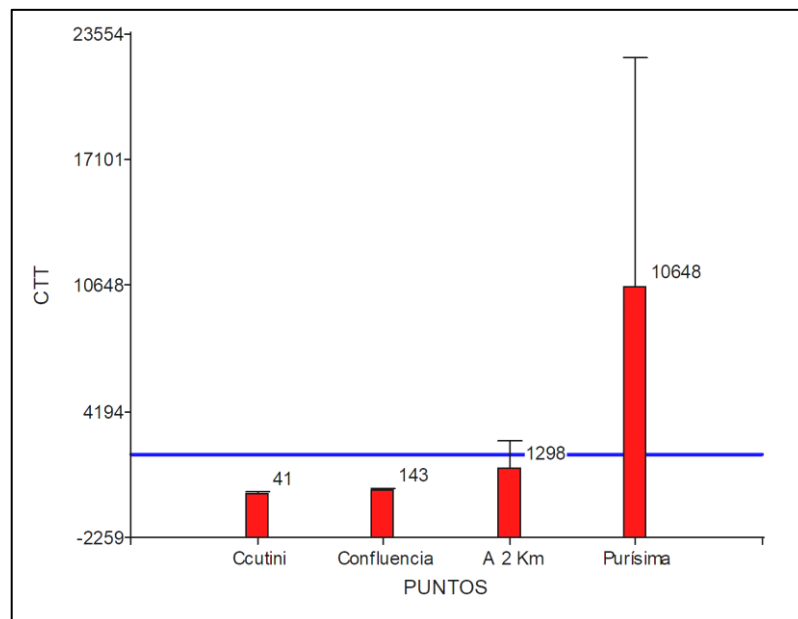


Figura 4. Prueba de rangos múltiples de los recuentos de coliformes termotolerantes en aguas del río Huari Huari y el valor permitido (2,000 NMP/100 ml) según la norma ECA para agua categoría 4.

El río Huari Huari presentó recuentos de coliformes termotolerantes elevados respecto a los valores establecidos en los ECA para agua, estos resultados fueron



superiores a los reportados por Sarabia *et al.* (2011), quienes en el valle San Juan de Potosí (México), obtuvieron recuentos promedio de coliformes termotolerantes de 964.05 NMP/100 ml, asimismo fueron superiores a los registrados por Pacori (2018), quien en la ciudad de Sicuani – Cusco, reportó recuentos de coliformes termotolerantes de 0 – 2 UFC/100 ml. En contraste, fueron inferiores a los reportados por Fuentes *et al.* (2008), quienes en el río Manzanares (Venezuela), reportaron recuentos de coliformes termotolerantes de 1 – 2.4×10^7 NMP/100 ml.

La presencia de coliformes termotolerantes en el río Huari Huari, indican que existe el ingreso de aguas residuales, conteniendo microorganismos de origen intestinal del hombre y de otros animales (Mora & Calvo, 2010), en este caso procederían de los efluentes producidos por los campamentos de las empresas mineras y las aguas residuales producidas por los mineros informales establecidos en la zona de estudio. De manera adicional indicaría el ingreso de aguas residuales conteniendo otras bacterias patógenas como *Streptococcus* sp, *Salmonella* sp, *Staphylococcus* sp, *Shigella* sp y *Vibrio* sp, asimismo, de agentes intracelulares obligados como gran número de virus entre ellos la poliomiélitis, la hepatitis entre otras, que son descargadas hacia las fuentes receptoras que serían los ríos, representando un riesgo para la salud pública ya que podría propagarse enfermedades infecciosas (Cortés, 2003).

En la investigación los valores de coliformes termotolerantes fueron inferiores en el punto de muestreo río Ccutini (P1), lo cual coincide con lo planificado que en la presente investigación lo consideramos como punto de muestreo control con respecto a los restantes puntos. Los recuentos bacterianos en el río evaluado tienden a incrementarse al discurrir el agua hacia el río Inambari, a pesar de que los puntos de muestreo confluencia de los ríos Ccutini y efluentes mineros (P2) y a 2 Km del punto de muestreo 2 aguas abajo (P3), los valores de coliformes se encuentran por debajo de lo recomendado



en aguas para la conservación del ambiente acuático (ECA para agua, categoría 4); mientras tanto en el punto de muestreo Puente Purísima (P4), los valores son ampliamente superiores a la norma ambiental, al parecer las aguas residuales con material fecal ingresan aguas arriba del punto P4, ya que el incremento fue abismal.

La presencia de coliformes termotolerantes en un cuerpo acuático es un indicador biológico de contaminación, a pesar de estar por debajo de la norma ambiental, el río Huari Huari presentaría la contaminación por aguas residuales. Las bacterias no se multiplican cuando se encuentran fuera del tracto intestinal, razón por la cual la presencia de coliformes en ecosistemas acuáticos evidenciaría contaminación de origen fecal (Delgadillo & Orozco, 1987).

Ante los muy altos recuentos de coliformes termotolerantes en el punto de muestreo Puente Purísima (P4), la Organización Mundial de la Salud (OMS) confirma que representa un alto riesgo para la población y no recomienda tener contacto; lo cual es corroborado por Barrera (2022), quien al realizar entrevistas a dueños de huertos frutícolas tradicionales en Morelos (México), que irrigan sus árboles con aguas residuales, manifestaron presentar manifestaciones clínicas como migraña, infecciones estomacales, urticaria y afecciones a los ojos, asimismo podrían originar daños ecológicos a las especies arbóreas disminuyendo su productividad en los frutales, en razón de que las aguas residuales no solo son portadoras de coliformes, sino también poseen compuestos químicos que afectarían la fisiología vegetal. Estos efectos tanto a la población y los cultivos estarían padeciendo las localidades que se ubicarían aguas abajo del punto de muestreo Puente Purísima (P4).

Se acepta la hipótesis planteada en el proyecto de tesis, lo cual afirmó que la carga bacteriana de coliformes termotolerantes en el río Huari Huari, en las proximidades de zonas de actividad minera en el distrito de Phara, supera los valores de 2,000 NMP/100 ml de la categoría



4 en las normas ECA para agua, y en la presente investigación en el punto de muestreo Puente Purísima (P4), los valores de las coliformes supera los valores recomendados en la normal legal ambiental.

Luego del análisis, discusión e interpretación realizada a los resultados obtenidos de los recuentos de coliformes termotolerantes en las aguas del río Huari Huari, se afirma que la presencia de personas dedicadas a la minería informal en la obtención del oro y las empresas mineras asentadas en la zona de estudio, incrementarían la carga bacteriana de coliformes termotolerantes, ya que al contrastarlo con el punto de muestreo control río Ccutini (P1), se viene incrementando paulatinamente mientras recorre el río llegando al Puente Purísima (P4) con valores bacterianos muy altos, el cual traería consecuencias a la salud pública y los cultivos ubicados aguas abajo del punto de muestreo P4.



V. CONCLUSIONES

- La concentración de mercurio en aguas del río Huari Huari del distrito de Phara fueron menores a 0.00041 mg/l, no pudiéndose afirmar si superan o no las concentraciones establecidas en la categoría 4 de las normas ECA destinados a la conservación del ambiente acuático (0.0001 mg/l), en razón de que es el límite de cuantificación del método ICP – OES.
- Los recuentos de coliformes termotolerantes en el río Huari Huari del distrito de Phara, variaron entre 41 NMP/100 ml en el río Ccutini (P1) y 10,647 NMP/100 ml en el Puente Purísima (P4), existió diferencia estadística significativa entre los puntos de muestreo ($P=0.0102$), en tal sentido no se considera apto para la conservación del medio acuático ya que superaron los valores establecidos en los ECA para agua en la categoría 4.



VI. RECOMENDACIONES

- A los investigadores y egresados de la Facultad de Ciencias Biológicas, realizar evaluaciones de mercurio, plomo, arsénico, cadmio, cromo, entre otros metales, en los sedimentos del río Huari Huari para determinar el verdadero impacto originado por la actividad minera que se vienen realizando en la zona de estudio.
- A las autoridades del distrito de Phara, realizar la construcción de pozas de tratamiento de aguas residuales domésticas producidas por la población de mineros artesanales, para mitigar el ingreso de coliformes termotolerantes de manera directa al río Huari Huari.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adjei, Y., Donkor, K., Golow, A., Yeboah, O. & Pwamang, J. (2015). Mercury Concentrations in water and sediments in rivers impacted by artisanal gold mining in the Asutifi district, Ghana. *Res J. Chem. Environ. Sci.* Vol. 3(1): 40-48.
- Ahmed, M., Ali, S., El-Dek, S. & Galal, A. (2013). Magnetitehematite nanoparticles prepared by green methods for heavy metal ions removal from water. *Mater. Sci. Eng. B Solid-State Mater. Adv. Technol.* Vol. 178 (10): 744–751.
- Al Hamouz, O., Estatie, M. & Saleh, T. (2017). Removal of cadmium ions from wastewater by dithiocarbamate functionalized pyrrole based terpolymers. *Sep. Purif. Technol.* Vol. 177: 101–109.
- Álvarez, J., Panta J., Ayala C. & Acosta E. (2008). Calidad integral del agua superficial en a la cuenca hidrológica del río Amajac. *Información Tecnológica.* Vol. 19 (6): 21 – 32.
- Andreoli, V. & Sprovieri, F. (2017). Genetic Aspects of Susceptibility to Mercury Toxicity: An Overview. *Int. J. Environ. Res. Public Health.* N° (14): 93.
- Aparicio, L. (2015). El mercurio en la cuenca del Tambopata, repercusiones en la salud humana y del ecosistema. Tesis de Magíster Scientiae en Conservación de Recursos Forestales. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Apaza, H. (2016). Determinación del contenido de mercurio en agua y sedimentos del río Suches - Zona Bajo Paria Cojata - Puno. Tesis de Ingeniero Metalurgista. Facultad de Ingeniería Geológica e Ingeniería Metalúrgica, Universidad Nacional del Altiplano. Puno - Perú. 112 p.
http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/2854/Apaza_Porto_Hernan.pdf?sequence=1.
- APHA – AWWA – WPCF. (1992). Métodos normalizados para el análisis de agua potable y residual. 17vo Edición. Editorial Díaz de Santos. Madrid – España. 1147 p.
- Ávila de Navia, S. & Estupiñan, S. (2009). Calidad sanitaria del agua de la Ciénaga Mata de Palma en el Departamento del Cesar, Colombia. *Rev. NOVA.* Vol. 7(11):85-91.
- Azpilicueta, C., Pena, L. & Gallego, S. (2010). Los metales y las plantas: entre la nutrición y la toxicidad. *Rev. Cienc. Hoy.* Vol. 20: 5.



- Bachoon, D., Markand, S., Otero, E., Perry, G. & Ramsubaugh, A. (2010). Assessment of non-point sources of fecal pollution in coastal waters of Puerto Rico and Trinidad. *Marine Pollution Bulletin*. Vol. 60:1117– 1121.
- Barrera, X. (2022). Impactos socioambientales en los sistemas productivos tradicionales derivados de la contaminación del río Cuautla. Tesis de Especialidad en Gestión Integral de Residuos. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Cuernavaca - México. 118 p.
<http://www.riaa.uaem.mx/xmlui/handle/20.500.12055/2878>.
- Bergeson L. (2002). EPA delivers on arsenic rule. *Pollut. Eng. Troy*. Vol. 34 (1): 32 – 34.
- Brousett, M., Rondan, G., Chirinos, M. & Biamont, I. (2021). Impacto de la minería en aguas superficiales de la Región Puno – Perú. *Fides Et Ratio*. Vol. 21 (21): 187-207. http://www.scielo.org.bo/pdf/rfer/v21n21/v21n21_a11.pdf.
- Buchet P. & Lison D. (2000). Clues and uncertainties in the risk assessment of arsenic in the drinking water. *Food Chem. Toxicol. Oxford*. Vol. 38: S81 – S85.
- Camargo, S., & Yanayaco, R. (2018). Evaluación de la contaminación de mercurio (Hg) y la salud de dos centros poblados del distrito de Ccochaccasa provincia de Angaraes – Huancavelica. Tesis de Químico Farmacéutico y Bioquímico. Universidad Inca Garcilaso de la Vega.
- Carrillo, E. & Lozano, A. (2008). Validación del método de detección de coliformes totales y fecales en agua potable utilizando Agar Chromocult. Trabajo de grado para optar el título de Microbióloga Industrial. Facultad de Ciencias. Microbiología Industrial. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá.
- Cartaya, O., Reynaldo, I. & Peniche, C. (2008). Cinética de adsorción de iones cobre (II) por una mezcla de oligogalacturónidos. *Rev. Iberoam. Polímero* Vol. Iberoam. Polim. Vol. 9(95): 473–479.
- Castello, M. (2015). Determinación de arsénico y mercurio en agua de consumo del cantón Rumiñahui por Espectrofotometría de absorción atómica. Tesis de Licenciado en Ciencias Químicas. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quito - Ecuador. 142 p.
- Combariza, D. (2009). Contaminación por metales pesados en el embalse del Muña y su relación con los niveles en sangre de plomo, mercurio y cadmio y alteraciones de salud en los habitantes del Municipio de Sibaté (Cundinamarca) 2007. Tesis de Magíster en Toxicología. Universidad Nacional de Colombia.



- Corey G. & Galvao L. (1989). Plomo. Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud, O.P.S./O.M.S. Serie Vigilancia 8. Metepec. México.
- Cortés, M. (2003). Importancia de los coliformes fecales como indicadores de contaminación en la Franja Litoral de Bahía de Banderas, Jalisco-Nayarit. *Revista Biomed.* Vol. 14: 121-123.
- Chata, A. (2015). Presencia de metales pesados (Hg, As, Pb y Cd) en agua y leche en la cuenca del río Coata 2015. Tesis de Licenciado en Nutrición. Universidad Nacional del Altiplano de Puno.
- Chaves A. & Mora J. (2002). Contaminación actual de la cuenca del río San Carlos con coliformes fecales y totales. *Tecnología en Marcha.* Vol. 15(2): 29-35.
- Christian, G. (2009). *Química Analítica.* México: McGraw-Hill. 6ta ed.
- De la Garza, J., Morales, B., & González, A. (2013). *Análisis Estadístico Multivariante.* México: McGraw Hill.
- Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM (2017). Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua y establecen Disposiciones Complementaria. Fecha de publicación miércoles 7 de junio del 2017. 10 p.
- Delgadillo, F. & Orozco M. (1987). Bacterias Patógenas en sedimento de la Bahía de Todos Santos, Baja California. *Rev. Ciencias Marinas.* Vol. 13: 31-38.
- Díaz, A. (2014). Mercurio en la minería del oro: impacto en las fuentes hídricas destinadas para consumo humano. *Rev. Salud Pública.* Vol. 16(6): 947-957. [Doi: 10.15446/rsap.v16n6.45406](https://doi.org/10.15446/rsap.v16n6.45406).
- Díaz, F. (2014). Mercurio en la minería del oro: impacto en las fuentes hídricas destinadas para consumo humano. *Revista de Salud Pública.* Vol. 16 (6):947-957.
- Donkor, K., Nartey, K., Bonzongo, J. & Adotey, D. (2015). Artisanal mining of gold with mercury in Ghana. *Res. J. Chem. Environ. Sci.* Vol. 3(1): 40-48. [Doi: 10.4314/wajae.v9i1.45666](https://doi.org/10.4314/wajae.v9i1.45666).
- Esmeraldas, P. & Zambrano J. (2018). Evaluación de la concentración de mercurio en agua y sedimento en el río Carrizal. Tesis de Ingeniería en Medio Ambiente. Carrera de Medio Ambiente, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López. Calceta - Ecuador. 70 p. <http://190.15.136.145/bitstream/42000/738/1/TMA162.pdf>
- Figueroa, M. (2004). La comunicación sobre medio ambiente en Prensa Libre, dos problemas específicos, basura y agua (agosto-noviembre 2003). Universidad



- Rafael Landívar de Guatemala, (tesis de graduación, Facultad de Humanidades). 118p.
- Frank, R., Spellman, Ph., & Joanne, D. (2000). Manual de agua potable. Editorial Acribia. Zaragoza – España. 255 p.
- Fuentes, M., Senior W., Fermín I., & Troccoli L. (2008). Estudio fisicoquímico y bacteriológico del río Manzanares, Estado Sucre, Venezuela. Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela. Vol. 47 (2): 149 – 158.
- Gaitan, M. (2004). Determinación de Metales Pesados totales con digestión ácida y solubles lectura directa por Espectrofotometría de Absorción Atómica. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. República de Colombia.
- Galetovic A. & Fernicola N. (2003). Arsénico en el agua de bebida: un problema de salud pública. Revista Brasileira de Ciencias Farmacéuticas. Vol. 39 (4): 365 – 372.
- Gobierno Regional de Puno. (2012). Diagnóstico Ambiental Regional (DAR) Puno (Primera edición). <http://siar.minam.gob.pe/puno/sites/default/files/archivos/public/docs/1307.pdf>
- Gonzales, G. (2012). Microbiología del agua. Primera edición. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. Bogotá – Colombia. 409 p.
- González, A., Paranhos, R. & Lutterbach, M. (2010). Relationships between fecal indicators and pathogenic microorganisms in a tropical lagoon in Rio de Janeiro, Brazil. Environ Monit Assess. Vol. 164B(1):207-219.
- Hammond, S., Rosales, J. & Ouboter, P. (2013). Managing the Freshwater Impacts of Surface Mining in Latin America. Technical Note: IDB-TN-519. InterAmerican Development Bank (IDB), 30 p.
- Hernández J. (2012). Evaluación de la calidad bacteriológica de agua de pozos para consumo humano del casco urbano del departamento de Chiquimula. Tesis de investigación para optar el título de Química Bióloga. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. 60 p.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). Metodología de la investigación (Sexta). McGraw-Hill Education.
- Huillca, N. (2018). Bioacumulación de mercurio en cabello y tiempo de exposición laboral en Huaquirca. Tesis de Químico Farmacéutico. <http://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/1128371>



- Instituto colombiano de normas técnicas y certificación (2011). Norma Técnica Colombiana Ntc 813. Vol. 813: 1–10.
- Laino, M., Bello-Mendoza R., GonzálezEspinosa M., Ramírez-Marcial N., Jiménez-Otárola F. y Musálem-Castillejos K. (2015). Concentración de metales en agua y sedimentos de la cuenca alta del río Grijalva, frontera México-Guatemala. *Tecnol. Cienc. Agua* 6 (4), 61-74
- Larrea, J., Rojas, M., Heydrich, M., Romeu, B., Rojas, N. & Lugo, D. (2009). Evaluación de la calidad microbiológica de las aguas del Complejo Turístico Las Terrazas, Pinar del Río (Cuba). *Hig Sanid Ambient.* Vol. 9:492-504.
- Larrea, J., Rojas, M., Heydrich, M., Romeu, B., Rojas, N. & Lugo, D. (2009). Evaluación de la calidad microbiológica de las aguas del Complejo Turístico Las Terrazas, Pinar del Río (Cuba). *Hig Sanid Ambient.* Vol. 9:492-504.
- Larrea, J., Rojas, M., Romeu, B., Rojas, N., Heydrich, M., (2013). Bacterias indicadoras de contaminación fecal en la evaluación de la calidad de las aguas: revisión de la literatura. *Rev. CENIC Ciencias Biológicas.* Vol. 44(3): 24-34. <https://www.redalyc.org/pdf/1812/181229302004.pdf>.
- Li, N., Kang, Y., Pan, W., Zeng, L., Zhang, Q. & Luo, J. (2015). Concentration and transportation of heavy metals in vegetables and risk assessment of human exposure to bioaccessible heavy metals in soil near a waste-incinerator site, South China. *Science Total Environmental.* Vol. 15 (521-522): 144-51.
- Londoño, A., Giraldo, G. & Gutiérrez, A. (2010). Métodos analíticos para la evaluación de la calidad fisicoquímica del agua. Universidad Nacional de Colombia. Primera Edición. Editorial Blanecolor Ltda. Manizales – Colombia. 149 p.
- Londoño, L., Londoño, P. & Muñoz F. (2016). Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal. *Biotecnología en el Sect. Agropecu. y Agroindustrial.* Vol. 14 (2): 145.
- Londoño, L., Londoño, P. & Muñoz, G. (2016). Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agro industrial.* Vol. 14 (2): 145-153.
- Loza, A. & Ccancapa, Y. (2020). Mercurio en un arroyo altoandino con alto impacto por minería aurífera artesanal (La Rinconada, Puno, Perú). *Rev. Int. Contam. Ambie.* Vol. 36 (1): 33-44. [Doi: 10.20937/RICA.2020.36.53317](https://doi.org/10.20937/RICA.2020.36.53317).



- Madigan, M., Martinko, T., Dunlap, P. & Clark, D. (2012). *Biología de los microorganismos*, Duodécima Edición. Editorial PEARSON. Madrid – España. 1259 p.
- Méndez, R., San Pedro, L., Castillo, E. & Vázquez, E. (2010). Modelación del tiempo de conservación de muestras biológicas de agua. *Rev Int Contam. Ambient.* Vol. 26 (4):327-335.
- MINAGRI – ANA, Ministerio de Agricultura y Riego – Autoridad Nacional del Agua. (2016). *Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales*. Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA. Editorial Gráfica Industrial Alarcón S. R. L. Lima – Perú. 92 p.
- MINAM - Perú. (2017). *Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua y establecen Disposiciones Complementarias*. El Peruano. <https://www.minam.gob.pe/disposiciones/decreto-supremo-n-004-2017-minam/>
- Ministerio de Salud. (2013). *Manual práctico de análisis de agua*. Departamento de Salud Ambiental. Cuarta Edición. Brasilia – Brasil. 150 p.
- Mohammad, A., Salah Eldin, T., Hassan, H. & ElAnadouli, B. (2017). Efficient treatment of lead-containing wastewater by hydroxyapatite/chitosan nanostructures. *Arab. J. Chem.* Vol. 10(5): 683–690.
- Mohan, D., Singh, K. & Singh, V. (2006). Trivalent chromium removal from wastewater using low cost activated carbon derived from agricultural waste material and activated carbon fabric cloth. *J. Hazard. Mater.* Vol. 135(1–3): 280–295.
- Mora, J. & Calvo G. (2010). Estado actual de contaminación con coliformes fecales de los cuerpos de agua de la Península de Osa. *Rev. Tecnología en Marcha.* Vol. 23 (5): 34-40. <file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/Dialnet-EstadoActualDeContaminacionConColiformesFecalesDeL-4835746.pdf>
- Mullisaca, E. (2013). *Evaluar el contenido de mercurio en agua y sedimentos en el río Azángaro y su efecto en los pobladores de Progreso en el año 2012*. Tesis de Magíster Scientiae en Tecnologías de Protección Ambiental. Universidad Nacional del Altiplano de Puno.
- Municipalidad Distrital de Phara. (2020, septiembre 29). Web institucional de la municipalidad distrital de Phara. Historial del distrito de Phara. <http://www.muniphara.gob.pe/>



- Mushi, D., Byamukama, D., Kivaisi, A., Mach, R. & Farnleitner, A. (2010). Sorbitol-fermenting Bifidobacteria are indicators of very recent human faecal pollution in streams and groundwater habitats in urban tropical lowlands. *J Water Health*. Vol. 8(3):466–478.
- Narváez, S., Gómez, M. & Acosta, J. (2008). Coliformes termotolerantes en aguas de las poblaciones costeras y palafíticas de La Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombia. *Acta Biol Colomb*. Vol. 13(3):111-120.
- Nava, C. & Méndez, M. (2011). Efectos neurotóxicos de metales pesados (cadmio, plomo, arsénico y talio). *Arch. Neurociencias*. Vol. 16(3): 140–147.
- Nava, C., & Méndez, M. (2011). Efectos neurotóxicos de metales pesados (cadmio, plomo, arsénico y talio). *Arch. Neurocién (Méx)*. Vol. 16 (3): 140-147.
- Norma Oficial Mexicana NMX-AA-051-SCFI-2001. (2001). Análisis de agua, determinación de metales, método espectrofotométrico de absorción atómica, SEMARNAT. México.
- Organización Mundial de la Salud. (2006). Guías para la calidad del agua potable primer apéndice a la tercera edición Volumen 1 Recomendaciones Organización Mundial de la Salud del año 2006.
- Organización Panamericana de la Salud. (2005). Estudio para el mejoramiento de la calidad de pozos en zonas rurales de Puno. Puno – Perú. 29 p.
- Pacori, K. (2018). Calidad fisicoquímica y bacteriológica del agua en la zona de captación de la comunidad Hercca – Sicuani – Canchis – Cusco. Tesis de Biólogo. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional del Altiplano. Puno – Perú. 103 p.
- Pari, D. (2017). Efectos de los relaves mineros en la calidad del agua del río Ananea— Puno. Tesis de Ingeniero Agrícola. Universidad Nacional del Altiplano de Puno.
- Pascual, M. & Calderón V. (2000). *Microbiología Alimentaria*. 2ª Ed. Diaz de Santos. Madrid, España.
- Pérez, E. (2013). *Manual de Laboratorio de Técnicas Instrumentales de Análisis*. Tacares de Grecia: Universidad de Costa Rica.
- Pérez, M. (2017). Evaluación de riesgo ambiental en el área de influencia minera del río Crucero por plomo y mercurio - distrito de Ananea. Tesis doctoral. Escuela de Posgrado, Universidad Nacional del Altiplano. Puno - Perú.
file:///C:/Users/HUAWEI/Downloads/Moises_Perez_Capa.pdf



- PNUMA, (2005). Evaluación mundial sobre el mercurio. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Productos Químicos, Ginebra, Suiza, 288 p.
- Posada, M., & Arroyave, M. (2006). Efectos del mercurio sobre algunas plantas acuáticas tropicales. *Revista EIA - Escuela de Ingeniería de Antioquía*, Medellín (Colombia). Vol. 6: 57-67.
- Quintero, Y., & Gutiérrez, O. (2017). Evaluación de la contaminación por mercurio producto de la minería de aluvión en la cuenca alta del río Caquetá [Tesis de Químico, Universidad de la Amazonía].
<http://rgdoi.net/10.13140/RG.2.2.23352.98563>
- Resolución Jefatural N° 056-2018-ANA. (2018). Clasificación de los cuerpos de agua continentales superficiales. Fecha de publicación 13 de febrero del 2018. 10 p.
- Reyes, Y. C., Vergara, I., Torres, O. E., Díaz, M., & González, E. E. (2016). Contaminación por metales pesados: implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria. *Ingeniería Investigación y Desarrollo*. Vol. 16(2).
<https://doi.org/10.19053/1900771X.v16.n2.2016.5447>
- Reyes, Y., Vergara, I., Torres, E., Díaz, M. & González, E. (2016). Contaminación por metales pesados: Implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria. *Revista Ingeniería Investigación y Desarrollo*. Vol. 16 (2): 66-77.
- Reyes, Y., Vergara, I., Torres, O., Díaz, M. & González, E. (2016). Contaminación por metales pesados: implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria. *Rev. Ing. Investig. y Desarro*. Vol. 16(2): 66–77.
- Rodier J. (1990). Análisis de las aguas: aguas naturales, aguas residuales, agua de mar; química, fisicoquímica, bacteriología, biología. 15ª. Barcelona, España: Omega.
- Romero J. (2000). Tratamiento de aguas residuales. Teoría y principios de diseño. Primera Edición. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. Bogotá – Colombia. 1232 p.
- Romero J. (2009). Calidad del agua. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. Bogotá – Colombia. 483 p.
- Romeu B., Larrea J., Lugo D., Rojas N. & Heydrich M. (2012). Calidad microbiológica de las aguas del río Luyanó, La Habana, Cuba. *Rev. CENIC Ciencias Biológicas*. Vol. 43 (3).
- Rossen, A., Rodríguez, M., Ruibal, A., Fortunato, M., Bustamante, A., Ruiz, M., Angelaccio, C. & Korol S. (2008). Indicadores bacterianos de contaminación fecal



- en el embalse San Roque (Córdoba, Argentina). *Hig Sanid Ambient.* Vol. 8:325-330.
- Ryan, K., George, C., Ahmad, N., Lawrence, W. & Plorde, J. (2011). *Microbiología médica*. Editorial Sherris. 5a. Edición McGraw-Hill Interamericana Editores S. A. de C. V. México, D. F. 793 p.
- Santiago, T., Tremblay, R., Toledo, C., Gonzalez, J., Ryu, H., Santo Domingo, J. & Toranzos, G. (2012). Microbial quality of tropical inland waters and effects of rainfall events. *Appl and Environ Microbiol.* Vol. 78(15):5160-5169.
- Sarabia, I., Cisneros R., Aceves J., Durán H. & Castro J. (2011). Calidad del agua de riego en suelos agrícolas y cultivos del valle de San Luis Potosí, México. *Rev. Int. Contam. Ambie.* Vol. 27 (2): 103 – 113.
- Segovia, F. & Eulegelo, K. (2015). Determinar el uso de mercurio en las actividades de minería ilícita y su incidencia en componentes ambientales de agua, sedimentos e ictiofauna en la cuenca media del río Caquetá. Tesis Escuela de Postgrados de Policía Miguel Antonio Lleras Pizarro, Especialización en Gestión Ambiental. Bogotá, Colombia, 103 p.
- Sierra, R. (2011). *Calidad de agua*. Primera edición. Editorial Ediciones de la U. Bogotá – Colombia, 457 p.
- Soto, O., Carrillo, J. & Suárez, J. (2011). Concentraciones de metales y metaloides en sedimentos del río Zahuapan, Tlaxcala, México. En R. Jiménez-Guillen, M. L.
- USEPA (2019). National Primary Drinking Water Regulations.” [Online]. Available: <https://www.epa.gov/ground-water-and-drinkingwater/national-primary-drinking-water-regulations#one>. Revisión: 09-abril-2019.
- Vahabzadeh, M. & Balali, M. (2016). Occupational metallic mercury poisoning in gilders. *Int J Occup Environ Med.* Vol. 7: 116-122.
- Varian (1989). *Analytical Methods. Flame Atomic Absorption Spectrometry*. Australia.
- Vílchez, R. (2005). Eliminación de metales pesados de aguas subterráneas mediante sistemas de lechos sumergidos: Estudio microbiológico de las biopelículas. Universidad de Granada.
- Winfield, M. & Grosman, E. (2003). Role of Nonhost Environments in the Lifestyles of *Salmonella* and *Escherichia coli*. *Appl Environ Microbiol.* Vol. 69:3687-3694.



Wu, C., Mouri, H., Chen, S., Zhang, D., Koga, M. & Kobayashi, J. (2016). Removal of trace-amount mercury from wastewater by forward osmosis. *J. Water Process Eng.* Vol. 14: 108–116.

ANEXOS

Análisis estadísticos realizados en el software Infostat versión estudiantil.

Prueba de Kruskal Wallis								
Variable	PUNTOS	N	Medias	D.E.	Medianas	gl	H	p
CF	ADK	4	1297.50	1376.77	780.00	3	12.94	0.0046
CF	CCEM	4	143.25	124.89	86.50			
CF	PP	4	10647.50	11732.76	9050.00			
CF	RC	4	41.00	9.24	41.00			

Trat. Ranks	
RC	2.50 A
CCEM	6.63 A B
ADK	11.25 B C
PP	13.63 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Figura 5. Prueba de Kruskal Wallis y prueba de rangos de los recuentos de coliformes termotolerantes en agua de cuatro puntos de muestreo del río Huari Huari.

Galería de fotos



Figura 6. Vista panorámica de las Minas Santa Fe, Cuna Cuna y sus efluentes que ingresan al río Uccu Mayo.



Figura 7. Cooler y materiales de muestreo enviados por la empresa Laboratorios Análíticos del Sur, para el muestreo de aguas del río Huari Huari.

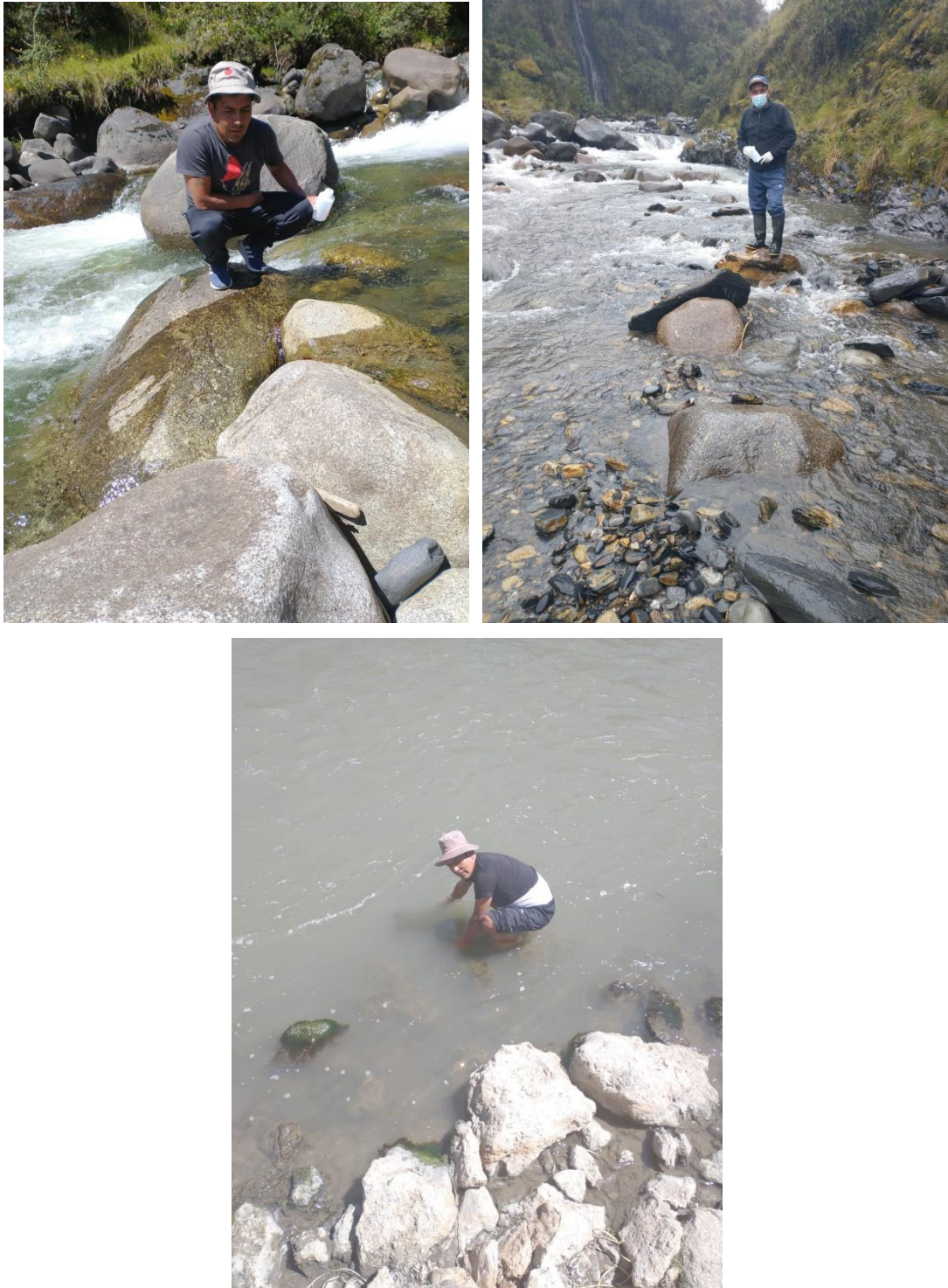


Figura 8. Muestreo de aguas del río Huari Huari en los puntos pre establecidos.



Resultados de los análisis de agua emitidos por el laboratorio acreditado “Laboratorios Analíticos del Sur de Arequipa.



Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



INACAL
DA - Perú
Laboratorio de Ensayo
Acreditado

Registro N° LE - 050

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-21-00115

Fecha de emisión: 9/04/2021

Página 1 de 4
Clave generada : 2B00C78

Señores : CENTENO OSCALLA NILO
Dirección : BARRIO VISTA ALEGRE S/N - PHARA - SANDIA - PUNO
Atención : CENTENO OSCALLA NILO
Proyecto : Efecto de la actividad minera en la contaminación por mercurio y coliformes termotolerantes del río Huari Huari, distrito de Phara, provincia de Sandia, región de Puno.

PROTOCOLO DE MUESTREO

Muestreo realizado por : Cliente : NILO CENTENO OSCALLA Fecha de recepción : 23/03/2021
Registro de muestreo : 080-21 Fecha de ensayo : 23/03/2021
Procedimiento Aplicado : Muestreado por el cliente Nro de muestras : 7

Cod. Interno L.A.S.	(c) Nombre de muestra	(c) Matriz de la muestra	(c) Zona, Urb, AAHH/Dist/Prov/Depart.	(c) Punto de muestreo y/o coordenadas	(c) Fecha de inicio de muestreo	(c) Hora de inicio de muestreo
AG21000198	ZONA 1	Agua Natural - Superficial - Agua de Río	RIO HUARI HUARI - CUENCA UCCU MAYO / PHARA / SANDIA / PUNO	Rio Ccutini (afluente)	22/03/2021	15:30
AG21000199	ZONA 2.1	Agua Natural - Superficial - Agua de Río	RIO HUARI HUARI - CUENCA UCCU MAYO / PHARA / SANDIA / PUNO	Confluencia de los ríos Ccutini y efluentes mineros	22/03/2021	14:30
AG21000200	ZONA 2.2	Agua Natural - Superficial - Agua de Río	RIO HUARI HUARI - CUENCA UCCU MAYO / PHARA / SANDIA / PUNO	Confluencia de los ríos Ccutini y efluentes mineros	22/03/2021	14:30
AG21000201	ZONA 3.1	Agua Natural - Superficial - Agua de Río	RIO HUARI HUARI - CUENCA UCCU MAYO / PHARA / SANDIA / PUNO	A 2 Km. Aproximadamente del punto 2 aguas abajo	22/03/2021	17:00
AG21000202	ZONA 3.2	Agua Natural - Superficial - Agua de Río	RIO HUARI HUARI - CUENCA UCCU MAYO / PHARA / SANDIA / PUNO	A 2 Km. Aproximadamente del punto 2 aguas abajo	22/03/2021	17:00
AG21000203	ZONA 4.1	Agua Natural - Superficial - Agua de Río	RIO HUARI HUARI - CUENCA UCCU MAYO / PHARA / SANDIA / PUNO	Debajo del puente Purisima	22/03/2021	17:30
AG21000204	ZONA 4.2	Agua Natural - Superficial - Agua de Río	RIO HUARI HUARI - CUENCA UCCU MAYO / PHARA / SANDIA / PUNO	Debajo del puente Purisima	22/03/2021	17:30

(c) : Datos proporcionados por el cliente. El laboratorio no se responsabiliza técnica ni legalmente por esta información.

Condiciones de recepción de la muestra

Cooler refrigerado

Observación

.



Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Omar A. Juárez Soto
Gerente de Operaciones
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

"Los ensayos acreditados del presente informe/certificado al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento mutuo del os miembros firmantes de IAAC e ILAC"
(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.
"«Valor numérico»=Limite de detección del método, "«Valor Numérico»=Limite de cuantificación del método
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 presentados sólo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.
Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com> Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú.(054)443294 - (054)



Validar el informe
vía web



Laboratorios Analíticos del Sur

Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE
ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Registro N° LE - 050

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-21-00115

Fecha de emisión: 9/04/2021

Página 2 de 4

Clave generada : 2B00C78

RESULTADOS DE ENSAYO FÍSICO QUÍMICO

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	800
		Hg mg/L
AG21000198	ZONA 1	b<0,00041
AG21000199	ZONA 2.1	b<0,00041
AG21000200	ZONA 2.2	b<0,00041
AG21000201	ZONA 3.1	b<0,00041
AG21000202	ZONA 3.2	b<0,00041
AG21000203	ZONA 4.1	b<0,00041
AG21000204	ZONA 4.2	b<0,00041

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Omar A. Juárez Soto
Gerente de Operaciones
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

"Los ensayos acreditados del presente informe/certificado al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento mutuo del os miembros firmantes de IAAC e ILAC"

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

"<Valor numérico">=Limite de detección del método, "<Valor Numérico">=Limite de cuantificación del método

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 presentados sólo están relacionados a la muestra ensayada.

Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com>.

Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú.(054)443294 - (054)444582.



Validar el Informe
Vía web



Laboratorios Analíticos del Sur

Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE
ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Registro N° LE - 050

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-21-00115

Fecha de emisión: 9/04/2021

Página 3 de 4

Clave generada : 2B00C78

RESULTADOS DE ENSAYO MICROBIOLÓGICOS

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	871	872
		Coliformes Total NMP/100 mL	Coliformes Fecal NMP/100 mL
AG21000198	ZONA 1	350	33
AG21000199	ZONA 2.1	540	70
AG21000200	ZONA 2.2	920	79
AG21000201	ZONA 3.1	35x10 ³	33x10 ²
AG21000202	ZONA 3.2	16x10 ³	460
AG21000203	ZONA 4.1	35x10 ²	490
AG21000204	ZONA 4.2	35x10 ²	11x10 ²

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
José A. Ortíz Condori
Microbiología
Biólogo C.B.P. 13052

"Los ensayos acreditados del presente informe/certificado al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento mutuo del os miembros firmantes de IAAC e ILAC"

(* Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

"<Valor numérico"=Limite de detección del método, ">Valor Numérico"=Limite de cuantificación del método

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 presentados sólo están relacionados a la muestra ensayada.

Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com> Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú (054)443294 - (054)444582.





Laboratorios Analíticos del Sur

Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE
ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Registro N° LE - 050

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-21-00115

Fecha de emisión: 9/04/2021

Página 4 de 4

Clave generada : 2B00C78

MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS

Código	Título	Rango de método analítico
800	EPA 200.7 Determinación de metales Totales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4, (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[- 2.5] mg/L
871	Numeración de Coliformes Totales (NMP): SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part-9221 B, 23rd Ed. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique. (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[^a 1.8 - 160000000000] NMP/100 mL
872	Numeración de Coliformes Fecales (NMP): SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part-9221 E-1, 23rd Ed. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group , Fecal Coliform Procedures (EC Medium) (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[^a 1.8 - 160000000000] NMP/100 mL

^a : Límite detección ^b : Límite de cuantificación

Fin del informe

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Omar A. Juárez Soto
Gerente de Operaciones
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

"Los ensayos acreditados del presente informe/certificado al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento mutuo del os miembros firmantes de IAAC e ILAC"

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

"<Valor numérico">=Límite de detección del método, ">Valor Numérico">=Límite de cuantificación del método

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 presentados sólo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com> Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú.(054)443294 - (054)444582.

Validar el informe
Vía web

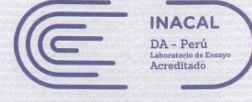




Laboratorios Analíticos del Sur

Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE
ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Registro N°LE - 050

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-21-00173

Fecha de emisión: 15/05/2021

Página 1 de 4

Clave generada : BD890ECB

Señores : NILO CENTENO OSCALLA
Dirección : BARRIO VISTA ALEGRE S/N PHARA - SANDIA - PUNO
Atención : NILO CENTENO OSCALLA
Proyecto : Efecto de la actividad minera en la contaminación por mercurio y coliformes termotolerantes del río Huari Huari distrito de Phara, provincia de Sandía, región Puno.

PROTOCOLO DE MUESTREO

Muestreo realizado por : Cliente : NILO CENTENO OSCALLA
Registro de muestreo : Cadena de custodia N°: 126-21
Plan de muestreo : Muestreado por el cliente
Procedimiento Aplicado : Muestreado por el cliente

Fecha de recepción : 03/05/2021
Fecha de ensayo : 03/05/2021

Nro de muestras : 7

Cod. Interno L.A.S.	(c) Nombre de muestra	(c) Matriz de la muestra	(c) Zona, Urb. AAHH/Dist/Prov/Depart.	(c) Punto de muestreo y/o coordenadas	(c) Fecha de inicio de muestreo	(c) Hora de inicio de muestreo
AG21000308	ZONA 1	Agua Natural - Superficial - Agua de Río	RIO HUARI HUARI, CUENCA UCCU MAYO / PHARA / SANDIA / PUNO	Río Ccutini (afluente)	02/05/2021	13:30
AG21000309	ZONA 2.1	Agua Natural - Superficial - Agua de Río	RIO HUARI HUARI, CUENCA UCCU MAYO / PHARA / SANDIA / PUNO	Confluencia de los ríos Ccutini y efluentes mineros	02/05/2021	14:30
AG21000310	ZONA 2.2	Agua Natural - Superficial - Agua de Río	RIO HUARI HUARI, CUENCA UCCU MAYO / PHARA / SANDIA / PUNO	Confluencia de los ríos Ccutini y efluentes mineros	02/05/2021	15:30
AG21000311	ZONA 3.1	Agua Natural - Superficial - Agua de Río	RIO HUARI HUARI, CUENCA UCCU MAYO / PHARA / SANDIA / PUNO	A 2 km. aproximadamente del punto 2 aguas abajo.	02/05/2021	16:00
AG21000312	ZONA 3.2	Agua Natural - Superficial - Agua de Río	RIO HUARI HUARI, CUENCA UCCU MAYO / PHARA / SANDIA / PUNO	A 2 km. aproximadamente del punto 2 aguas abajo.	02/05/2021	16:40
AG21000313	ZONA 4.1	Agua Natural - Superficial - Agua de Río	RIO HUARI HUARI, CUENCA UCCU MAYO / PHARA / SANDIA / PUNO	Debajo del puente Purisima.	02/05/2021	17:00
AG21000314	ZONA 4.2	Agua Natural - Superficial - Agua de Río	RIO HUARI HUARI, CUENCA UCCU MAYO / PHARA / SANDIA / PUNO	Debajo del puente Purisima.	02/05/2021	18:00

(c) : Datos proporcionados por el cliente. El laboratorio no se responsabiliza técnica ni legalmente por esta información.

Condiciones de recepción de la muestra

Cooler refrigerado

Observación

-

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Omar A. Juárez Soto
Gerente de Operaciones
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

"Los ensayos acreditados del presente informe/certificado al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento mutuo del os miembros firmantes de IAAC e ILAC"

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

"<Valor numérico">=Límite de detección del método, "<Valor Numérico">=Límite de cuantificación del método

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 presentados sólo están relacionados a la muestra ensayada.

Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com> Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú.(054)443294 - (054)



Validar el informe
via web



Laboratorios Analíticos del Sur

Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE
ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Registro N° LE - 050

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-21-00173

Fecha de emisión: 15/05/2021

Página 2 de 4

Clave generada : BD890ECB

RESULTADOS DE ENSAYO FISICO QUÍMICO

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	800
		Hg mg/L
AG21000308	ZONA 1	b<0,00041
AG21000309	ZONA 2.1	b<0,00041
AG21000310	ZONA 2.2	b<0,00041
AG21000311	ZONA 3.1	b<0,00041
AG21000312	ZONA 3.2	b<0,00041
AG21000313	ZONA 4.1	b<0,00041
AG21000314	ZONA 4.2	b<0,00041

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Omar A. Juárez Soto
Gerente de Operaciones
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

"Los ensayos acreditados del presente informe/certificado al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento mutuo del os miembros firmantes de IAAC e ILAC"

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

"a<Valor numérico"=Limite de detección del método, "b<Valor Numérico"=Limite de cuantificación del método

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 presentados sólo están relacionados a la muestra ensayada.

Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com>.

Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú.(054)443294 - (054)444582.



Validar el Informe
Vía web



Laboratorios Analíticos del Sur

Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE
ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Registro N° LE - 050

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-21-00173

Fecha de emisión: 15/05/2021

Página 3 de 4

Clave generada : BD890ECB

RESULTADOS DE ENSAYO MICROBIOLÓGICOS

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	871	872
		Coliformes Total NMP/100 mL	Coliformes Termotolerantes (Fecales) NMP/100 mL
AG21000308	ZONA 1	540	49
AG21000309	ZONA 2.1	35x10 ²	94
AG21000310	ZONA 2.2	22x10 ²	330
AG21000311	ZONA 3.1	22x10 ²	11x10 ²
AG21000312	ZONA 3.2	92x10 ²	330
AG21000313	ZONA 4.1	24x10 ³	24x10 ³
AG21000314	ZONA 4.2	35x10 ³	17x10 ³


Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
José A. Ortiz Condori
Microbiología
Biólogo C.B.P. 13052

"Los ensayos acreditados del presente informe/certificado al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento mutuo del os miembros firmantes de IAAC e ILAC"

(* Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

"a<Valor numérico">=Límite de detección del método, "b<Valor Numérico">=Límite de cuantificación del método

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 presentados sólo están relacionados a la muestra ensayada.

Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com> Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú (054)443294 - (054)444582.



Validar el informe
via web



Laboratorios Analíticos del Sur

Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE
ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Registro N° LE - 050

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-21-00173

Fecha de emisión: 15/05/2021

Página 4 de 4

Clave generada : BD890ECB

MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS

Código	Título	Rango de método analítico
800	EPA 200.7 Determinación de metales Totales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4. (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[- 2.5] mg/L
871	Numeración de Coliformes Totales (NMP); SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part-9221 B, 23rd Ed. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[1.8 - 16000000000] NMP/100 mL
872	Numeración de Coliformes Fecales (NMP); SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part-9221 E-1, 23rd Ed. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedures (EC Medium) (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[1.8 - 16000000000] NMP/100 mL

a : Límite detección b : Límite de cuantificación

Fin del informe

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Omar A. Juárez Soto
Gerente de Operaciones
M Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

"Los ensayos acreditados del presente informe/certificado al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento mutuo del os miembros firmantes de IAAC e ILAC"

(* Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

"<Valor numérico"=límite de detección del método, ">Valor Numérico"=Límite de cuantificación del método

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 presentados sólo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com> Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú.(054)443294 - (054)444582.

Validar el Informe
Vía web





Universidad Nacional del Altiplano de Puno

Facultad de Ciencias Biológicas
Escuela Profesional de Biología
Programa de Estudios: Microbiología y Laboratorio Clínico



Registro: 015-2022

CONSTANCIA


EL QUE SUSCRIBE, **DOCENTE DIRECTOR / ASESOR DE TESIS** DEL PROGRAMA DE ESTUDIOS: MICROBIOLOGÍA Y LABORATORIO CLÍNICO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO DE PUNO – PERÚ.

HACE CONSTAR:

Que el (la) Bachiller **NILO CENTENO OSCALLA**, egresado (a) de la Escuela Profesional de Biología de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno, ha realizado los análisis de laboratorio de su trabajo de investigación (Tesis) titulado: **“CONTAMINACIÓN POR MERCURIO Y COLIFORMES TERMOTOLERANTES EN AGUAS DEL RÍO HUARI HUARI, DISTRITO DE PHARA, PROVINCIA SANDIA, REGIÓN PUNO”**, en la empresa “Laboratorios Analíticos del Sur”, entidad acreditada por INACAL de la ciudad de Arequipa - Perú, entre los meses de marzo y mayo del año 2021.

Se le expide la presente Constancia a solicitud del (a) interesado (a) para los fines que se estime por conveniente.

Puno, 06 de Junio del 2022.


JUAN JOSÉ PANRO ROQUE, Dr. Sc.
Director / Asesor de Tesis
FCCBB – UNA Puno



AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo Nilo Centeno Oscalla
identificado con DNI 41410939 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

de Biología

, informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación para la obtención de Grado

Título Profesional denominado:

"Contaminación por mercurio y coliformes termotolerantes en aguas del río Huari Huari, distrito de Phara, Provincia Sandía, Región Puno."

"Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los "Contenidos") que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 10 de Julio del 2023


FIRMA (obligatoria)



Huella



DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo Nilo Centeno Oscalla
identificado con DNI 41410939 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

De Biología
informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación para la obtención de Grado
 Título Profesional denominado:

“Contaminación por mercurio y coliformes termotolerantes en aguas del río Huari Huari Distrito de Phara, provincia de Sandía, Región Puno.”
Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 10 de Julio del 2023


FIRMA (obligatoria)



Huella