

Metales pesados en el agua superficial del río Huanta, Ayacucho 2024

Heavy metals in the surface water of the Huanta River, Ayacucho 2024

Abrahán Fernando Trejo Espinoza¹

Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho
<https://orcid.org/0000-0002-2314-7350>
abraham.trejo@unsch.edu.pe

Edgar Gregorio Aronés Medina²

Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho
<https://orcid.org/0000-0002-6863-3467>
edgar.arones@unsch.edu.pe

Ingrid Landeo Garay³

Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho
<https://orcid.org/0000-0002-8263-0975>
ingrid.landeo@unsch.edu.pe

Instituto de investigación: Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga,
Área de investigación: Medio Ambiente, Línea de Investigación: Gestión
Medioambiente e Impacto Ambiental

Resumen

La investigación es importante porque estudia los niveles de concentración de metales pesados en el agua del río Huanta, Huanta, Ayacucho 2024, para dar a conocer la calidad respecto a los metales pesados; el objetivo general es evaluar los niveles de concentración de metales pesados; los objetivos específicos fueron: determinar los niveles de concentración de plomo, cobre, zinc, determinar los metales pesados con concentración que superan a lo establecido en los estándares de calidad del agua. Se llegó a las siguientes conclusiones: Se cuantificaron la concentración de metales pesados (plomo, zinc y cobre) en el agua del río Huanta. El análisis se realizó utilizando el método de espectrometría de masas con plasma de acoplamiento inductivo durante un periodo de cinco meses (Rhua1), las concentraciones (mg/L) de plomo fue de 0,0396, valor supera a lo establecido en los Estándares de Calidad de Agua, cobre fue de 0,001, cuyo valor no supera a los valores establecidos, zinc, fue de 0,0314, cuyo valor no supera a los valores establecidos, las concentraciones promedio de arsénico (mg/L), cromo, molibdeno, antimonio y selenio fueron 2,1372, 0,1376, 0,1316, 1,7376 y 1,6172; cuyas concentraciones superan a los valores establecidos en la normativa.

Palabras claves: metales pesados, metales pesados en los ríos, calidad de agua por metales pesados, fuente de agua potable.

1 Doctor en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, área académica de ciencias básicas, departamento académico de ingeniería química.

2 Por ejemplo: Maestro en Gerencia de Proyectos y Recursos Naturales, docente del área académica de ciencias básicas, departamento académico de ingeniería química.

3 Por ejemplo: Maestra en Ingeniería Ambiental, docente del área académica de ciencias básicas, departamento académico de ingeniería química.

Abstract

This research is important because it studies the concentration levels of heavy metals in the water of the Huanta River, Huanta, Ayacucho 2024, to determine the quality of heavy metals; the general objective is to evaluate the concentration levels of heavy metals; the specific objectives were: to determine the concentration levels of lead, copper, zinc, and to determine the heavy metals with concentrations that exceed those established in the water quality standards. The following conclusions were reached: The concentration of heavy metals (lead, zinc, and copper) in the water of the Huanta River was quantified. The analysis was performed using the inductively coupled plasma mass spectrometry method over a period of five months (Rhua1), the concentrations (mg/L) of lead was 0.0396, a value that exceeds that established in the Water Quality Standards, copper was 0.001, whose value does not exceed the established values, zinc, was 0.0314, whose value does not exceed the established values, the average concentrations of arsenic (mg/L), chromium, molybdenum, antimony and selenium were 2.1372, 0.1376, 0.1316, 1.7376 and 1.6172; whose concentrations exceed the values established in the regulations.

Keywords: Heavy metals, heavy metals in rivers, water quality due to heavy metals, source of drinking water.

I. Introducción

Es bastante sabido que las cuencas hídricas son usadas como receptores de descargas de aguas servidas producto de las actividades antropogénicas y que representan una gran posibilidad de deterioro de la salud de las personas. Topalián y otros (1999) mencionan que, especialmente se hace muy importante aquella contaminación debida a altos niveles de concentración de metales pesados debido al incremento de los efectos adversos originados por la persistencia y el efecto de la biomagnificación. La existencia de las formas inorgánicas de los metales pesados en el ambiente acuático es originada especialmente por las descargas directas de fuentes industriales, en el caso de la industria minera es considerada el de las más importantes (Alloway y Ayres 1993). Recientemente hace pocos años, los inicios de operaciones de varios proyectos mineros en el Perú, generaron aguas contaminadas por el incremento de los relaves mineros, debido a que los ríos, lagos, lagunas y el mar son los receptores de los vertidos de aguas servidas generadas por el hombre (Real Instituto de Tecnología de Suecia, 1973; Southern Perú Cooper Corporation, 1986). Según Chiang (1989) algunos metales pesados como el As, Cd, Cu, Cr, Fe, Pb, Fe, Mg, y varios agentes químicos empleados en el procesamiento de minerales, no se degradan fácilmente de forma

natural; ni biológica ni químicamente; se consideran como tóxicos en una gran numero de organismos. Campos (1990) considera que aguas con contenido metales pesados, alteran y permanecen en el ambiente, se acumulan como iones o como parte de los compuestos orgánicos en los organismos por mucho tiempo. La evaluación de metales pesados en el agua del río Huanta se ha hecho necesario para fines de preventivos, los gobiernos locales trasladan la preocupación para de contar con estudios para cubrir esa necesidad de información de metales pesados en este río toda vez que este río se utiliza como fuente para el tratamiento de agua potable que abastece a la ciudad de Huanta; esta es considerada fuente principal de agua de tratamiento y que atiende la demanda de consumo poblacional de la ciudad de Huanta, además de su en actividades agrícolas y ganaderas, la presente investigación busca ser parte preventiva en uso de agua con presencia o no de niveles importantes de metales pesados; ya que los ciudadanos por existencia de actividades mineras temen que la provincia sea afectada por este tipo a contaminación. Por otro lado, existe por parte de las autoridades locales y la población preocupación de contaminación por metales pesados en el agua por actividad minera.

El presente proyecto de investigación, es importante porque desarrollará la

determinación de los niveles de concentración de metales pesados en el agua del río Huanta, Huanta, Ayacucho 2024, para dar a conocer la calidad del agua respecto a los metales pesados, consecuentemente prevea estilos de vida más saludables y empoderar las capacidades de los pobladores e institucionales para la vigilancia sanitaria, también permitirá tomar conciencia del uso y mantenimiento adecuado de las fuentes de agua.

Desde el punto de vista tecnológico se justifica el proyecto de investigación, porque permitirá conocer la calidad del agua, aplicando la técnica de comparación respecto a las normas de calidad del agua respecto a los metales pesados, para ello se determinará los valores de concentración en el agua de los parámetros como: plomo, cobre, zinc y otros metales pesados. Mediante el desarrollo de esta investigación se pretende asegurar y mejorar la calidad de vida de los pobladores que consumen agua insuficiente; evitar, prevenir enfermedades debido al uso de fuentes de agua con problemas de calidad y asegurar la utilización de agua de calidad, adicionalmente generará conciencia en la población una cultura de educación ambiental sobre el cuidado y protección del agua.

La evaluación de los niveles de concentración de metales pesados se ha convertido en una buena alternativa para conocer la calidad del agua. Por lo que se plantea viendo esa necesidad como aporte de la UNSCH en el desarrollo sostenible de las regiones del área de influencia el tema como proyecto de investigación es “Metales pesados en el agua superficial del río Huanta, Ayacucho 2024”.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo general

Evaluar los niveles de concentración de metales pesados en el agua del río Huanta, Huanta, Ayacucho 2024.

1.1.2 Objetivos específicos

a) Determinar los valores de los niveles de concentración de plomo que determinan la calidad del agua del río Huanta, Huanta, Ayacucho 2024.

b) Determinar los valores de los niveles de concentración de cobre que determinan la calidad del agua del río Huanta, Huanta, Ayacucho 2024.

c) Determinar los valores de los niveles de concentración de zinc que determinan la calidad del agua del río Huanta, Huanta, Ayacucho 2024.

d) Determinar los metales pesados que tienen concentración que superan a lo establecido en los estándares de calidad del agua.

II. Materiales y métodos

El presente estudio corresponde al tipo de investigación básica, porque se trabajará con un conjunto de muestras para describir respecto al Estándar de calidad de agua (ECA) los niveles de concentración de metales pesados en el agua superficial del río Huanta, Ayacucho 2024. El nivel de la investigación es descriptivo, porque se realiza un conjunto de mediciones de los niveles de concentración de metales pesados en la estación de muestreo establecido del agua superficial del río Huanta, Ayacucho 2024. El diseño de la investigación es no experimental - longitudinal. El universo, agua de río Huanta, población, estación de muestreo establecida del río Huanta. La muestra está constituida por un conjunto de alícuotas de agua.

El muestreo de la presente investigación es no probabilístico, puntual en las estaciones de muestreo río Huanta de acuerdo a los protocolos establecidos para este tipo de estudio. En el trabajo de investigación la parte de muestreo se realiza en el punto de muestreo establecido del río Huanta, ubicado en el ingreso o afluente a la planta de tratamiento de agua potable de la ciudad de Huanta, la preparación de la muestra se realiza en los laboratorios, en la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga, en los laboratorios de Análisis Instrumental de la Facultad de Ingeniería Química; la determinación de los niveles de concentración de los metales pesados se realiza en laboratorio acreditado que cuenta con la técnica y metodología específica. La variable de caracterización, metales pesados,

indicadores: plomo (en mg/L), zinc (en mg/L), cobre (en mg/L), otros metales pesados (en mg/L). La variable de interés, agua del río Huanta, indicadores, estándar de calidad de agua (ECA).

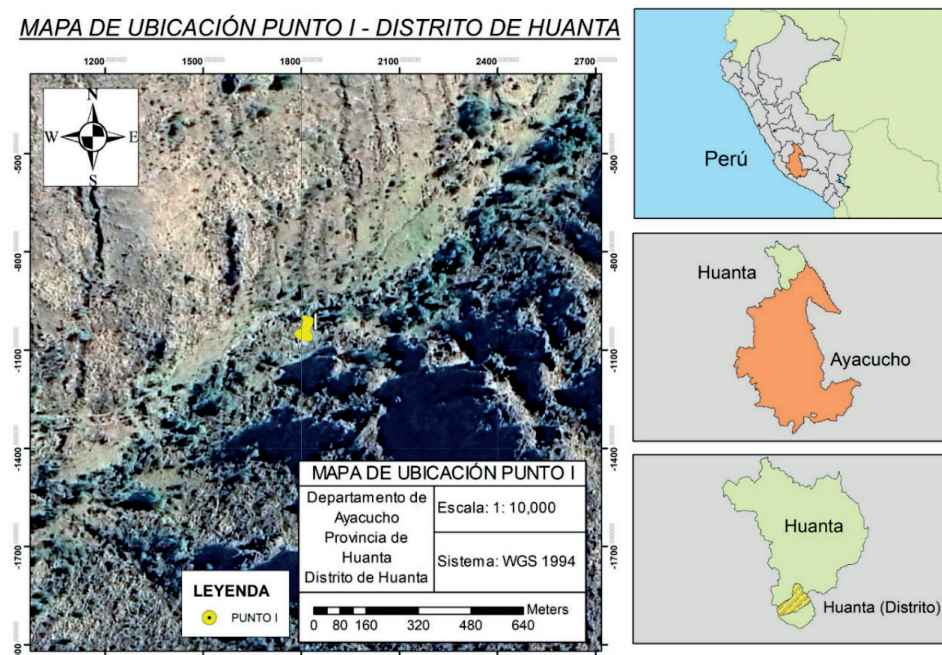
III. Resultados y discusión

La estación de muestreo planteada se

encuentra a: 18L 588284 8572770, altitud 4002,8 m.s.n.m.; en la figura 1 se muestra la estación de muestreo. Los ensayos se realizaron en Actlabs Skyline Perú SAC. En la tabla 1 y 2 se muestra los resultados de los niveles de concentración de plomo cobre y zinc en la estación de muestreo en las fechas establecidas del río Huanta.

Figura 1

Red estación de muestreo



Nota. Estación de muestreo del río Huanta.

En las figuras 1 se presenta la ubicación de las estaciones de muestreo, seleccionadas conforme al Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales (Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA). La estación de muestreo

fue elegida considerando su accesibilidad y su relevancia con respecto a los parámetros analizados.

En la tabla 1 se muestra el análisis estadístico de los metales pesados cobre, plomo y zinc.

Tabla 1*Resumen estadístico de los resultados de los metales pesados por fecha*

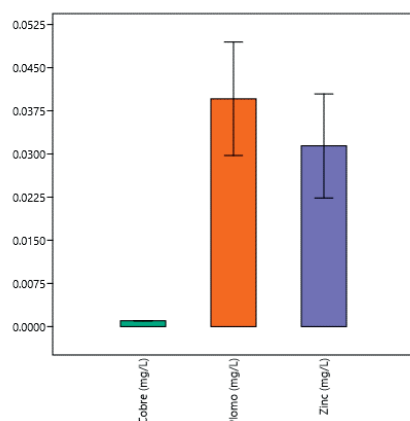
Estadística descriptiva	Cobre (mg/L)	Plomo (mg/L)	Zinc (mg/L)
N	5	5	5
Min	0,001	0,032	0,025
Max	0,001	0,046	0,037
Sum	0,005	0,198	0,157
Mean	<0,001	0,0396	0,0314
Std. error	0	0,00224944	0,00206398
Variance	0	2,53E-05	2,13E-05
Stand. dev	0	0,00502991	0,00461519
Median	0,001	0,04	0,032
25 prntil	0,001	0,0355	0,027
75 prntil	0,001	0,0435	0,0355
Skewness	0	-0,5705002	-0,3499363
Kurtosis	0	1,799278	-0,4503075
Geom. mean	0,001	0,03933356	0,03111958
Coeff. var	0	12,70179	14,69806

Nota. Estadística descriptiva de los resultados analíticos de los metales pesados por fecha.

En la figura 2 se muestra la comparación de concentración de cobre, plomo y zinc en el periodo de estudio.

Figura 2

Determinaciones de cobre, plomo y zinc en el periodo de estudio



Nota. Comparación de las concentraciones en mg/L de cobre, plomo y zinc en el periodo de estudio.

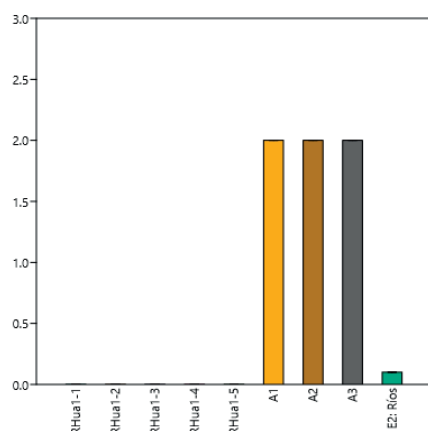
En la tabla 1 se muestra los promedios de los resultados de los niveles de concentración

de plomo, cobre y zinc de los parámetros por estaciones de muestreo. Se presentan los resultados de los parámetros analizados, organizados por fecha y estaciones de muestreo. Las mediciones se llevaron a cabo en cuatro fechas específicas en el año 2024: el 04 de julio, el 01 de agosto, el 05 de setiembre, el 02 de octubre y el 02 de noviembre. Asimismo, se incluyen los valores comparativos para los tipos de agua A1, A2, A3 y E2: ríos, establecidos por los estándares de calidad del agua según el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM; así mismo, se presentan los resultados de los metales cuantificados mediante la metodología espectrofotométrica de emisión con plasma acoplado inductivamente (ICP-OES).

En la figura 3 se muestra la concentración de cobre en el periodo de estudio comparadas con el Estándar de Calidad de Agua.

Figura 3

Determinaciones de cobre en el periodo de estudio respecto a la normativa

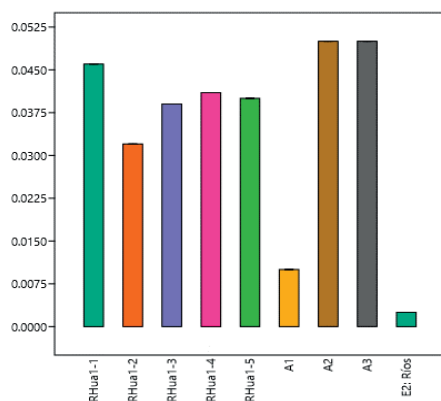


Nota. Concentraciones de cobre en el periodo de estudio respecto al Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para el agua, Categoría 4: Conservación del ambiente acuático, E2: Ríos (rio sierra) - Decreto Supremo N° 004-2017-MI-NAM.

En la figura 4 se muestra la concentración de plomo en el periodo de estudio comparadas con el Estándar de Calidad de Agua.

Figura 4

Determinaciones de plomo en el periodo de estudio respecto a la normativa

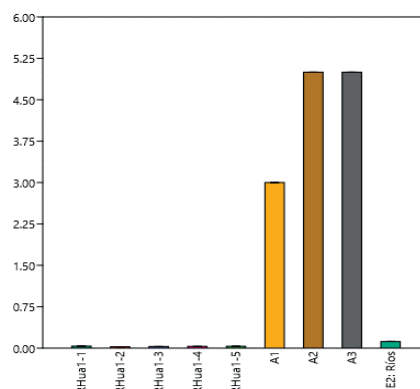


Nota. Concentraciones de plomo en el periodo de estudio respecto al Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para el agua, Categoría 4: Conservación del ambiente acuático, E2: Ríos (rio sierra) - Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.

En la figura 5 se muestra la concentración de zinc en el periodo de estudio comparadas con los Estándares de Calidad de Agua.

Figura 5

Determinaciones de zinc en el periodo de estudio respecto a la normativa



Nota. Concentraciones de zinc en el periodo de estudio respecto al Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para el agua, Categoría 4: Conservación del ambiente acuático, E2: Ríos (rio sierra) - Decreto Supremo N° 004-2017-MI-NAM.

En las Figuras 2, 3, 4 y 5 se presentan las comparaciones de los valores de concentración de cobre, plomo y zinc en las estaciones de muestreo y los tipos de calidad de agua. Se observa un incremento en la concentración siguiendo el orden RHua1-1, RHua1-2, Rhua1-3, Rhua1-4 y RHua1-5. Los valores de las estaciones RHua1-1, RHua1-2, RHua1-3, RHua1-4 y RHua1-5 no superan los niveles establecidos para el tipo de agua A1, A2 y A3, siendo la excepción de plomo que excede al tipo A1 y E2: Ríos del Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.

Los elementos analizados incluyen: Ag, Al, As, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Co, Cr, Fe, Ga, Hg, K, La, Mg, Mn, Mo, Na, Nb, Ni, P, S, Sb, Sc, Se, Sn, Sr, Te, Ti, Tl, V, W, Y y Zr. Los resultados muestran que el arsénico, cromo, plomo, antimonio y selenio superan los valores establecidos en los estándares de calidad del agua para los tipos A1, A2, A3 y E2: ríos.

Tabla 2
Resultados de los metales por fecha de muestreo respecto a la normativa.

Metales	Muestra					ECA			ECA ***	Método
	RHual-1	RHual-2	RHual-3	RHual-4	RHual-5	A1	A2	A3		
Plata (mg/L)	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	---	---	---	---	metría, mediante Espectrómetro de Emisión Atómica de Plasma Acoplado (ICP- 9820).
Aluminio (mg/L)	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,9	5,0	5,0	---	
Arsénico (mg/L)	2,125	2,008	2,301	2,254	1,998	0,01	0,01	0,15	0,15	
Boro (mg/L)	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	2,4	2,4	2,4	---	
Bario (mg/L)	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,7	1,0	**	---	
Berilio (mg/L)	0,001	0,002	0,001	0,001	0,002	0,012	0,04	0,1	0,7	
Calcio (mg/L)	9,309	9,426	9,082	8,451	9,007	---	---	---	---	
Cadmio (mg/L)	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,003	0,005	0,01	0,00025	
Cobalto (mg/L)	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	---	---	---	---	
Cromo (mg/L)	0,136	0,128	0,139	0,133	0,152	0,05	0,05	0,05	0,011	
Cobre (mg/L)	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	2,0	2,0	2,0	0,1	
Hierro (mg/L)	0,136	0,184	0,096	0,114	0,123	0,3	1	5	---	
Potasio (mg/L)	5,962	5,431	5,052	5,806	5,904	---	---	---	---	
Magnesio (mg/L)	1,105	1,204	1,085	0,971	1,118	---	---	---	---	
Manganeso (mg/L)	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,4	0,4	0,5	---	
Molibdeno (mg/L)	0,144	0,102	0,152	0,121	0,139	0,07	**	**	---	
Sodio (mg/L)	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	---	---	---	---	
Níquel (mg/L)	0,019	0,021	0,013	0,009	0,014	0,07	**	**	0,052	
Plomo (mg/L)	0,046	0,032	0,039	0,041	0,040	0,01	0,05	0,05	0,0025	
Antimonio (mg/L)	1,928	1,617	1,426	1,836	1,881	0,02	0,02	**	0,64	
Selenio (mg/L)	1,603	1,712	1,508	1,611	1,652	0,04	0,04	0,05	0,005	
Silicio (mg/L)	3,122	2,820	2,924	3,005	3,104	---	---	---	---	
Titanio (mg/L)	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	---	---	---	---	
Talio (mg/L)	8,452	7,051	7,612	7,132	8,001	---	---	---	0,0008	
Vanadio (mg/L)	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	---	---	---	---	
Zinc (mg/L)	0,037	0,025	0,029	0,032	0,034	3,0	5,0	5,0	0,12	

Nota. RHuan1-1: Primera fecha, 04/07/24; RHuan1-2, fecha, 01/08/24; RHuan1-3, Tercera fecha, 05/09/24; RHuan1-4, Cuarta fecha, 02/10/24; RHuan1-5, Quinta fecha, 02/11/24. Concentración en ppm (mg/L). ECA A1: Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección; ECA A2: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional; ECA A3, Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado. ** no aplica para esta categoría. ***Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para el agua, Categoría 4: Conservación del ambiente acuático, E2: Ríos (rio sierra) - Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.

Tabla 3

Resumen estadístico de los resultados de los otros metales por fecha

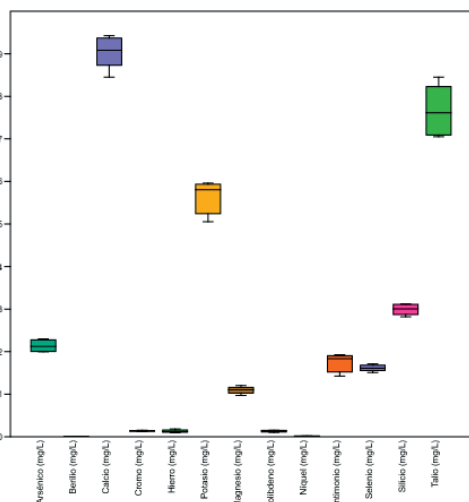
Estadística descriptiva	Arsénico (mg/L)	Berilio (mg/L)	Calcio (mg/L)	Cromo (mg/L)	Hierro (mg/L)	Potasio (mg/L)	Magnesio (mg/L)	Molibdeno (mg/L)	Níquel (mg/L)	Antimonio (mg/L)	Selenio (mg/L)	Silicio (mg/L)	Talio (mg/L)
N	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Min	1,998	0,001	8,451	0,128	0,096	5,052	0,971	0,102	0,009	1,426	1,508	2,82	7,051
Max	2,301	0,002	9,426	0,152	0,184	5,962	1,204	0,152	0,021	1,928	1,712	3,122	8,452
Sum	10,686	0,007	45,275	0,688	0,653	28,155	5,483	0,658	0,076	8,688	8,086	14,975	38,248
Mean	2,1372	0,0014	9,055	0,1376	0,1306	5,631	1,0966	0,1316	0,0152	1,7376	1,6172	2,995	7,6496
Std. error	0,0619237	0,0002450	0,168820	0,0040324	0,0148513	0,171750	0,0373987	0,0089811	0,0021541	0,0943762	0,0334386	0,0564695	0,2641000
Variance	0,0191727	3,00E-07	0,1425015	8,13E-05	0,0011028	0,147489	0,0069933	0,0004033	2,32E-05	0,0445343	0,0055907	0,015944	0,3487433
Stand. dev	0,1384655	0,00054772	0,3774937	0,00901665	0,03320843	0,384043	0,08362595	0,02008233	0,00481664	0,2110315	0,07477098	0,1262696	0,5905449
Median	2,125	0,001	9,082	0,136	0,123	5,806	1,105	0,139	0,014	1,836	1,611	3,005	7,612
25 prentil	2,003	0,001	8,729	0,1305	0,105	5,2415	1,028	0,1115	0,011	1,5215	1,5555	2,872	7,0915
75 prentil	2,2775	0,002	9,3675	0,1455	0,16	5,933	1,161	0,148	0,02	1,9045	1,682	3,113	8,2265
Mode	NA	0,001	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Skewness	0,1777479	0,6085806	-1,184995	1,138252	1,205958	-1,030844	-0,5227521	-0,8397862	-0,0026847	-0,940112	-0,4098235	-0,491097	0,4183864
Kurtosis	-2,694859	-3,333333	1,615305	1,824549	1,913009	-0,387109	1,767298	-0,4676784	-1,396775	-0,771075	0,9772047	-1,289952	-1,525452
Geom. mean	2,133623	0,00131951	9,048572	0,13737	0,1274934	5,620199	1,093996	0,1302931	0,01455651	1,72679	1,615805	2,992851	7,631553
Coeff. var	6,478828	39,12304	4,168898	6,552799	25,42759	6,820156	7,62593	15,26013	31,68841	12,145	4,623484	4,216012	7,719945

Nota. Estadística descriptiva de los resultados analíticos de los otros metales por fecha.

En la figura 6 y 7 se muestra la comparación de las concentraciones de los otros metales en el periodo de estudio.

Figura 6

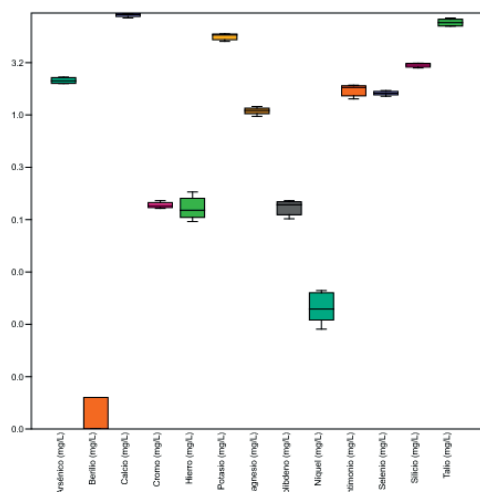
Determinaciones de los otros metales en el periodo de estudio



Nota. Se observa los diagramas de caja-bigotes (boxplots o box and whiskers) y son una presentación visual que describe la comparación de los valores de los otros metales.

Figura 7

Determinaciones de los otros metales en el periodo de estudio, logarítmico

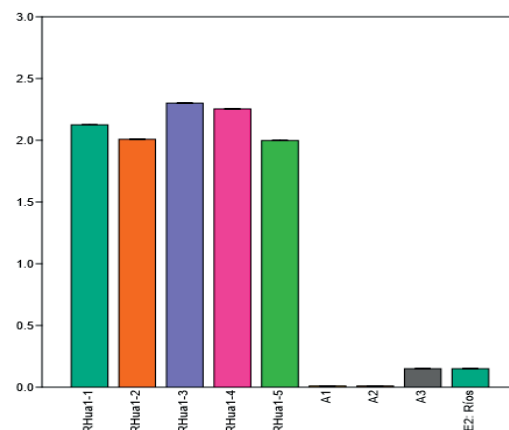


Nota. Comparación de las concentraciones en mg/L de los otros metales en el periodo de estudio.

En la figura 8, 9 y 10 se muestra la concentración de arsénico, berilio y cromo respectivamente en el periodo de estudio comparadas con los Estándares de Calidad de Agua.

Figura 8

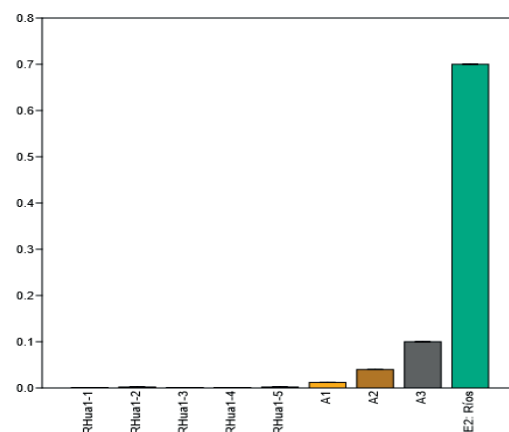
Determinaciones de arsénico en el periodo de estudio respecto a la normativa



Nota. Comparación de las concentraciones en mg/L de arsénico en el periodo de estudio.

Figura 9

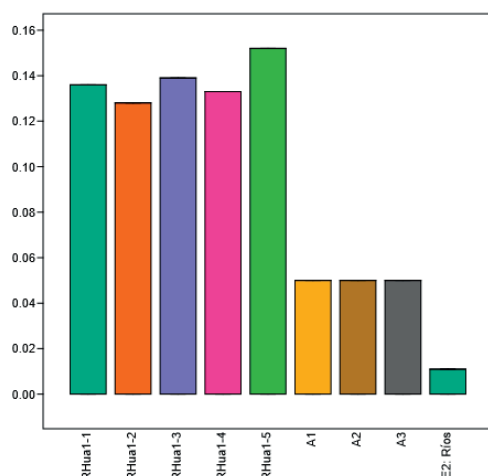
Determinaciones de berilio en el periodo de estudio respecto a la normativa



Nota. Comparación de las concentraciones en mg/L de berilio en el periodo de estudio.

Figura 10

Determinaciones de cromo en el periodo de estudio respecto a la normativa

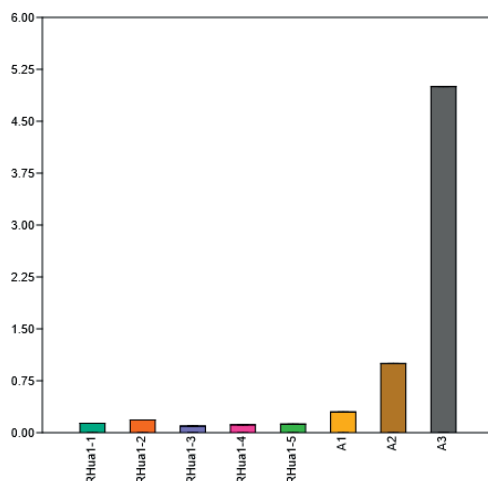


Nota. Comparación de las concentraciones en mg/L de cromo en el periodo de estudio.

En la figura 11, 12, 13, 14, 15 y 16 se muestra la concentración de hierro, molibdeno, níquel, antimonio, selenio y talio en el periodo de estudio comparadas con el Estándares de Calidad de Agua.

Figura 11

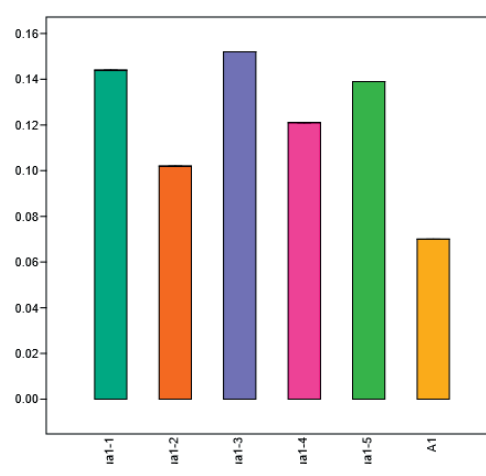
Determinaciones de hierro en el periodo de estudio respecto a la normativa



Nota. Comparación de las concentraciones en mg/L de hierro en el periodo de estudio.

Figura 12

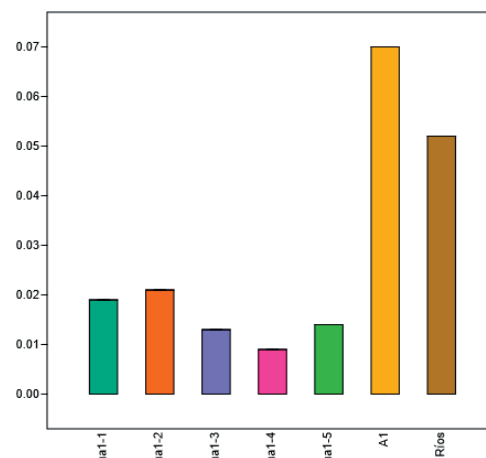
Determinaciones de molibdeno en el periodo de estudio respecto a la normativa



Nota. Comparación de las concentraciones en mg/L de molibdeno en el periodo de estudio.

Figura 13

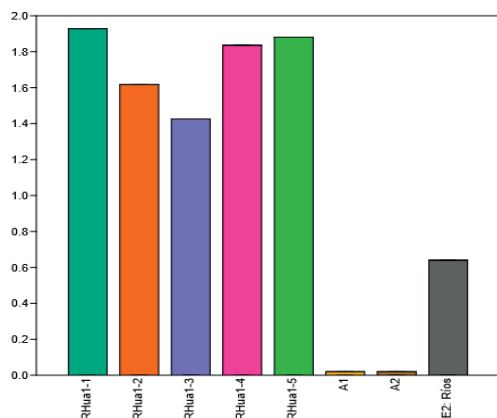
Determinaciones de níquel en el periodo de estudio respecto a la normativa



Nota. Comparación de las concentraciones en mg/L de níquel en el periodo de estudio.

Figura 14

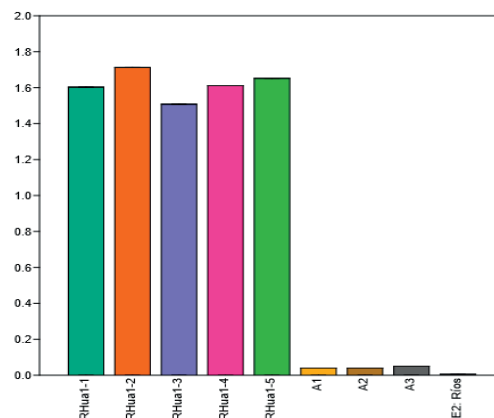
Determinaciones de antimonio en el periodo de estudio respecto a la normativa



Nota. Comparación de las concentraciones en mg/L de antimonio en el periodo de estudio.

Figura 15

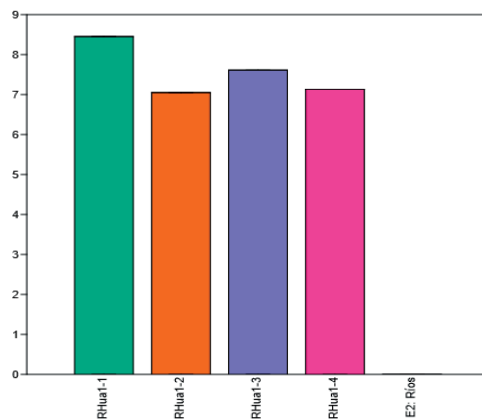
Determinaciones de selenio en el periodo de estudio respecto a la normativa



Nota. Comparación de las concentraciones en mg/L de selenio en el periodo de estudio.

Figura 16

Determinaciones de talio en el periodo de estudio respecto a la normativa



Nota. Comparación de las concentraciones en mg/L de talio en el periodo de estudio.

En la tabla 4 se muestra las concentraciones en promedio de los otros metales relevantes comparadas con los Estándares de Calidad de Agua.

Tabla 4

Resultados de los promedios de metales respecto a la normativa.

Metales	Promedio	A1	A2	A3	E2: Ríos
Arsénico (mg/L)	2,1372	0,01	0,01	0,15	0,15
Berilio (mg/L)	0,0014	0,012	0,04	0,1	0,7
Calcio (mg/L)	9,055	---	---	---	---
Cromo (mg/L)	0,1376	0,05	0,05	0,05	0,011
Hierro (mg/L)	0,1306	0,3	1	5	---
Potasio (mg/L)	5,631	---	---	---	---
Magnesio (mg/L)	1,0966	---	---	---	---
Molibdeno (mg/L)	0,1316	0,07	**	**	---
Níquel (mg/L)	0,0152	0,07	**	**	0,052
Plomo (mg/L)	0,0396	0,01	0,05	0,05	0,0025
Antimonio (mg/L)	1,7376	0,02	0,02	**	0,64
Selenio (mg/L)	1,6172	0,04	0,04	0,05	0,005
Silicio (mg/L)	2,995	---	---	---	---
Talio (mg/L)	7,6496	---	---	---	0,0008
Zinc (mg/L)	0,0314	3	5	5	0,12

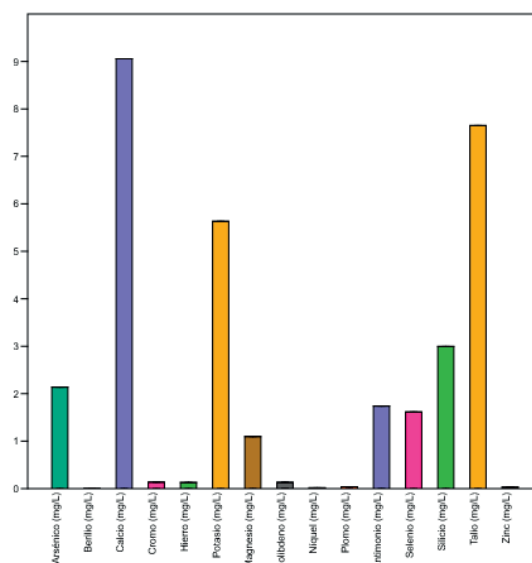
ECA A1: Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección; ECA A2: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional; ECA A3, Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado. ** no aplica para esta categoría.

***Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para el agua, Categoría 4: Conservación del ambiente acuático, E2: Ríos (rio sierra) - Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.

En la figura 17 se muestra la comparación de los promedios de las concentraciones de metales en el periodo de estudio.

Figura 17

Promedios de metales en el periodo de estudio



Nota. Comparación de las concentraciones de los promedios de los metales en el periodo de estudio.

la comparación de los promedios de las concentraciones de metales en el periodo de estudio y se compara con los Estándares de Calidad de Agua.

IV. Conclusiones

Se cuantificaron los niveles de concentración de metales pesados (principalmente el plomo, zinc y cobre) en el agua del río Huanta, ubicado en el distrito de Huanta, provincia de Huanta, región de Ayacucho, durante el año 2024. El análisis se realizó utilizando el método de espectrometría de masas con plasma de acoplamiento inductivo (ICP-MS) durante un periodo de cinco meses en una estación de muestreo (Rhua1): RHua1-1, RHua1-2, RHua1-3, Rhua1-4 y RHua1-5.

La concentración promedio de plomo (mg/L) en el agua del río Huanta en 2024 fue de 0,0396, cuyo valor supera a los valores establecidos en los Estándares de Calidad de Agua.

La concentración promedio de cobre (mg/L) en el agua del río Huanta en 2024 fue de 0,001, cuyo valor no supera a los valores establecidos en los Estándares de Calidad de Agua.

La concentración promedio de zinc (mg/L) en el agua del río Huanta en 2024 fue de 0,0314, cuyo valor no supera a los valores establecidos en los Estándares de Calidad de Agua.

Las concentraciones promedio de arsénico (mg/L), cromo, molibdeno, antimonio y selenio en el agua del río Huanta en 2024 fue de 2,1372, 0,1376, 0,1316, 1,7376 y 1,6172; cuyas concentraciones superan a los valores establecidos en los Estándares de Calidad de Agua.

V. Agradecimiento

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga y al laboratorio acreditado ante Inacal Actilab Perú.

VI. Contribuciones de los autores

Las contribuciones de los autores en la presente investigación, del investigador

principal y el coinvestigador incluyen desde la concepción y diseño del estudio hasta la recopilación, análisis e interpretación de datos; así como en la redacción y revisión crítica, los colaboradores en la toma, traslado y análisis de las muestras.

VII. Referencias

- AGUABOOK. (2016). *Distribución del agua en el mundo*. Obtenido de http://aquabook.agua.gob.ar/1014_0
- Alloway B.J. y Ayres D.C. (1993). *Chemical Principles of Environmental Pollution*. Blackie Academic and Professional, Nueva York, 291 p.
- ANA. (2017). *Marco legal*: Autoridad Nacional del Agua. Recuperado el 28 de diciembre de 2017, de <http://www.ana.gob.pe/portal/gestion-del-conocimiento-girh/marco-legal>
- AQUA España. (2020). *Guía Técnica para la gestión de las aguas residuales urbanas en pequeños núcleos mediante depuradoras compactas prefabricadas*. España: Asociación Española de empresas del sector del agua.
- Autoridad Nacional del Agua. (2013). *Perú: Paraíso del Agua*. Lima: ANA. Obtenido de <https://www.ana.gob.pe/contenido/el-agua-en-cifras#:~:text=EI%20Per%C3%BA%20cuenta%20con%20tres,2%20%25%20de%20acceso%20al%20agua>.
- Badui, S. (2006). *Química de los alimentos* (Cuarta ed.). México: Pearson Educación de México, S.A. de C.V.
- Bartram J, Ballance R, editores. *Water quality. En: Water quality monitoring: a practical guide to the design and implementation of freshwater quality studies and monitoring programmes*. 1st ed. London; New York: E & FN Spon; 1996. p. 15-47.
- Bartram J, Ballance R, editores. *Water quality. En: Water quality monitoring: a practical guide to the design and implementation of freshwater quality*

- studies and monitoring programmes*. 1st ed. London; New York: E & FN Spon; 1996. p. 15-47.
- Campos, N. 1990. *La contaminación por metales pesados en la Ciénaga Grande de Santa María*, Caribe Colombiano, Caldasia 16: 231 - 144 pp.
- Castañé, M. Topolián, L. Cordero R. Salibián, A. (2003). *Influencia de la especiación de los metales pesados en el medio acuático como determinante de su toxicidad*. Rev Toxicol, 20:13-8.
- Chang, R., & Goldsby, K. (2017). *Química* (Duodécima ed.). México: McGraw-Hill/interamericana editores, S.A. de C.V.
- Chiang, A. 1989. *Niveles de los metales pesados en organismos, agua y sedimentos marinos recolectados en la V Región de Chile. Memorias del Simposio Internacional sobre los recursos vivos*, Santiago. Serie CPPS: 205 - 215 pp.
- Colin Baird, Michael Cann. *Environmental Chemistry*. New York, USA: W.H.Freeman and Company; 1995. 407-450 p.
- Cristóbal, J. (2018). *Determinación de metales pesados en el río Chalhuanca en el anexo de Tarucamarca-Tisco-Caylloma*. Arequipa, Perú: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.
- Gleick, Peter H. *Agua del Mundo: El informe sobre recursos de agua dulce*. Washington. 10 de noviembre de 2006.
- Gómez Cisneros A. Informe de supervisión N°05-2014-OEFA/OD Ayacucho. Informe de supervisión a las funciones de fiscalización ambiental de la Municipalidad Distrital de Sacsamarca. Ayacucho, Perú: Oficina de Evaluación y Fiscalización Ambiental; 2014 p. 6-8.
- Manahan, S. (2007). *Introducción a la Química Ambiental* (Primera ed.). México: Editorial Reverté, S.A.
- Marín Galvín R. Fisicoquímica y microbiología de los medios acuáticos. Ediciones Díaz de Santos. Madrid, España; 2003. 1-70 p.
- Murga, L., & González, O. (2020). *Evaluación de metales pesados en ríos y truchas Oncorhynchus mykiss de la región Pasco, Perú*. Revista Iberoamericana Ambiente & Sustentabilidad, 3(2), 32-48. doi:<https://doi.org/10.46380/rias.v3i2>
- Naciones Unidas. (2014). *Informe de la ONU sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el mundo*. ONU.
- Nieves M, Orozco C, Pérez A, Alfayate J, Rodríguez F. *Contaminación ambiental: una visión desde la química*. Ediciones Paraninfo SA; 2011. 31-86 p.
- Reyes Cubas, CM. 2012. *Estudio de la contaminación de las aguas del río chillón*. Tesis maestra. Lima, Perú. Universidad nacional de ingeniería. 296 p. Disponible en http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/1082/1/reyes_cc.pdf
- Rosas, NM. (2008). Avances citados por García Gutiérrez, C. y Rodríguez Meza, GD. (2012). *Problemática y riesgo ambiental por el uso de plaguicidas en Sinaloa*. Universidad Autónoma Indígena de México.
- Sierra Ramírez CA. *Calidad del Agua - Evaluación y Diagnostico [Internet]*. Leonardo David López Escobar. Medellín, Colombia: Ediciones de la U; 2011. 55-77 p. Disponible en: <https://es.slideshare.net/vladyvostok/calidad-del-agua-evaluacin-y-diagnostico>
- Sierra, C. (2011). *Calidad del agua* (Primera ed.). Bogotá, Colombia: Ediciones de la U.
- Smith, T., & Smith, R. (2007). *Ecología* (Sexta ed.). Madrid, España: Pearson Educación, S.A.
- Southern Perú Copper Corporation. 1986. *La Ecología y las operaciones minero metalúrgicas en Toquepala, Cuajone e*

- Ilo. Southern Perú Co. Corporation. 30 pp.
- SPDA. (2017). *Aprobación e implementación de estándares de calidad ambiental del agua*. (S. P. Ambiental, Editor, & Sociedad Peruana de Derecho Ambiental) Recuperado el 22 de marzo de 2017, de Sociedad Peruana de Derecho Ambiental: http://legislacionambientalspda.org.pe/index.php?option=com_content&
- Teves Aguirre BM. *Estudio fisicoquímico de la calidad del agua del río Caca, región Lima*. [Perú]: Pontificia Universidad Católica del Perú; 2016.
- Topalián M.L., Castañé P.M., Rovedatti M.G. y Salibián A. (1999). *Principal component análisis of dissolved heavy metals in water of the Reconquista River (Buenos Aires, Argentina)*. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 63:484-490.
- Vigil KM. *Clean water: an introduction to water quality and pollution control*. 2nd ed. Corvallis: Oregon State University Press; 2003. 23-40 p.