



Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), enero-febrero 2026,
Volumen 10, Número 1.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v10i1

INFLUENCIA DEL DEPÓSITO DE RELAVE MINERO DE HUAROCHIRÍ SOBRE LA CALIDAD DEL RÍO CHINCHÁN

**INFLUENCE OF THE HUAROCHIRI MINING TAILINGS DEPOSIT ON
THE QUALITY OF THE CHINCHÁN RIVER**

Angel Félix Poma Coronel

Universidad Nacional del Centro del Perú – Perú

Jorge Zuriel Curi Aguirre

Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión – Perú

Elias Filimon Ventocilla Estrella

Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión – Perú

Haydee Karina Hurtado Diego

Universidad Nacional del Centro del Perú – Perú

Influencia del Depósito de Relave Minero de Huarochirí sobre la Calidad del Río Chinchán

Angel Félix Poma Coronel¹

afpoma@uncp.edu.pe

<https://orcid.org/0000-0002-2534-4307>

Universidad Nacional del Centro del Perú – Perú

Jorge Zuriel Curi Aguirre

jcuria@undac.edu.pe

<https://orcid.org/0009-0003-7016-1002>

Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión –
Perú

Elias Filimon Ventocilla Estrella

eventocillaes@undac.edu.pe

<https://orcid.org/0009-0003-9679-2355>

Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión –
Perú

Haydee Karina Hurtado Diego

hkhurtado@uncp.edu.pe

<https://orcid.org/0009-0008-0155-0713>

Universidad Nacional del Centro del Perú – Perú

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar la incidencia de los depósitos de relaves mineros sobre los parámetros de calidad del agua en el río Chinchán, ubicado en el distrito de Chíncha, provincia de Lima. Se establecieron cinco estaciones de muestreo durante el período 2019-2020, dos de ellas (PM-01 y PM-02) localizadas aguas arriba de las zonas de influencia de los relaves y tres (PM-03, PM-04 y PM-05) aguas abajo. En cada estación se analizaron variables fisicoquímicas (conductividad eléctrica, temperatura, potencial hidrogeniónico y oxígeno disuelto) y se determinó la concentración de una serie de elementos traza, incluyendo arsénico (As), cadmio (Cd), cobre (Cu), cromo (Cr), hierro (Fe), níquel (Ni), plomo (Pb), selenio (Se) y zinc (Zn). Los valores obtenidos fueron comparados con los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para la categoría agua. Los hallazgos indican que los indicadores fisicoquímicos y las concentraciones de elementos traza en el río Chinchán, monitoreados durante los regímenes hidrológicos de avenida y estiaje, no exhiben gradientes significativos de concentración entre los tramos anterior y posterior a los depósitos, de acuerdo con la serie de datos correspondiente al bienio analizado, las fluctuaciones registradas en los valores de conductividad, temperatura, pH, oxígeno disuelto y en las concentraciones de As, Cd, Cu, Cr, Ni, Pb, Se y Zn se mantuvieron dentro de rangos marginales y sin una tendencia atribuible al impacto de los relaves.

Palabras clave: índices de calidad de agua, pasivos ambientales mineros, estándares de calidad ambiental, cuenca del Chinchán

¹ Autor principal

Correspondencia: afpoma@uncp.edu.pe

Influence of the Huarochiri Mining Tailings Deposit on the Quality of the Chinchán River

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the impact of mine tailing deposits on water quality parameters in the Chinchán River, located in the Chicla district, Lima. Five sampling stations were established during the 2019-2020 period: two (PM-01 and PM-02) located upstream of the tailings' influence zones and three (PM-03, PM-04, and PM-05) located downstream. At each station, physicochemical variables were analyzed—including electrical conductivity, temperature, pH, and dissolved oxygen—and the concentration of various trace elements was determined, such as arsenic (As), cadmium (Cd), copper (Cu), chromium (Cr), iron (Fe), nickel (Ni), lead (Pb), selenium (Se), and zinc (Zn). The results were compared against the Maximum Permissible Limits (MPL) set by the Environmental Quality Standards (EQS) for water. The findings indicate that the physicochemical indicators and trace element concentrations in the Chinchán River, monitored during both high-water (wet) and low-water (dry) seasons, show no significant concentration gradients between the upstream and downstream sections relative to the deposits. Based on the data from the two-year period, fluctuations in conductivity, temperature, pH, dissolved oxygen, and the concentrations of As, Cd, Cu, Cr, Ni, Pb, Se, and Zn remained within marginal ranges, with no detectable trend attributable to the impact of the tailings.

Keywords: Water quality indices, environmental mining liabilities, Environmental Quality Standards, Chinchán basin

*Artículo recibido 15 diciembre 2025
Aceptado para publicación: 19 enero 2026*



INTRODUCCIÓN

La actividad minera metálica en los Andes centrales del Perú ha generado, a lo largo de décadas, depósitos de relaves que concentran residuos finos del procesamiento por flotación. Estas instalaciones de relaves están diseñadas para contener pulpas y sólidos (arenas y limos), recuperar agua y asegurar su estabilidad física, química y ambiental durante la vida útil de la mina. En el país, su gestión se enmarca en el Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería (D.S. N.° 024-2016-EM) y sus actualizaciones (D.S. N.° 023-2017-EM; D.S. N.° 034-2023-EM), con texto vigente compilado por el Ministerio de Energía y Minas en 2024, e impulso de buenas prácticas en concordancia con estándares internacionales como el Estándar Global de Gestión de Relaves (GISTM) (MINEM, 2024; ICMM, 2021).

En paralelo, la calidad del agua en ríos altoandinos es regulada por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua (D.S. N.° 004-2017-MINAM), que establecen límites para parámetros físico-químicos e inorgánicos (p. ej., As, Cd, Pb, Cu, Zn, Fe, Ni, Se) según categorías de uso (poblacional/recreacional, protección de vida acuática, riego y bebida de animales, entre otras) y metodologías oficiales para clasificación e índices de calidad (MINAM, 2017).

Los relaves mineros son el resultado del procesamiento de minerales sulfurados; cuando se exponen al oxígeno y al agua pueden liberar acidez y movilizar metales hacia medios acuáticos, especialmente si se genera drenaje ácido de roca/mina (ARD/AMD) por oxidación de sulfuros (pirita), formación de ácido sulfúrico y complejos metálicos solubles. La literatura reconoce que el ARD/AMD incrementa la acidez, favorece la solubilización de metales y puede comprometer la vida acuática y los usos aguas abajo, requiriendo medidas de prevención, control y remediación (humedales construidos, neutralización, biorremediación) (Lazo, 2020; León et al., 2022; Zimmer et al., 2024).

En ríos de cabecera como el Chinchán, el transporte de contaminantes depende de la hidrodinámica (caudales, velocidad, turbulencia), la dilución durante avenidas y la concentración en estiaje, además de la interacción con sedimentos (adsorción/desorción, co-precipitación con óxidos de Fe/Mn) y de la química del agua (pH, alcalinidad, oxígeno disuelto). Estudios en microcuencas altoandinas peruanas han identificado metales elevados sin diferencias estacionales significativas, lo que sugiere fuentes persistentes y condiciones de equilibrio que moderan la variabilidad temporal (Correa Cuba et al., 2021).

Casos de Uganda (cobre), Sudáfrica (oro), Chile (relave abandonado) y Bolivia (Pilcomayo) muestran contaminación de aguas por elementos potencialmente tóxicos (As, Cd, Pb, Cu, Zn, Cr, Ni), con riesgos para la salud humana y los ecosistemas acuáticos (Abraham & Susan, 2017; Belle et al., 2021; Zamarreño et al., 2020; Sun et al., 2020). En el Perú, investigaciones en Pasco, Puno, Moquegua y Junín han documentado efectos y/o ausencia de variación estacional significativa, destacando la necesidad de analizar sitio-específicamente las condiciones de exposición, atenuación natural y manejo de relaves (Marcelo, 2019; Pari, 2017; Sánchez, 2019; Mamani & Mejía, 2023).

La comparación con ECA para Agua (D.S. N.º 004-2017-MINAM) es obligatoria; el decreto compila y actualiza parámetros y categorías, y articula su implementación con metodologías complementarias lideradas por la ANA. En gestión de relaves, el D.S. N.º 024-2016-EM y su versión 2024 recalcan la prevención de incidentes, la gestión de riesgos (incluida la estabilidad física) y la evolución hacia estándares auditables (MINAM, 2017; MINEM, 2024; ICMM, 2021).

La cuenca alta del Rímac, que incluye la quebrada Chinchán, es estratégica para la seguridad hídrica de Lima; por ello, determinar si los depósitos de relaves alteran la calidad del agua del río Chinchán y si existe variación estacional es crucial para: (i) corroborar cumplimiento de los ECA para Agua; (ii) identificar condiciones de transporte/atenuación que expliquen ausencia o presencia de diferencias entre aguas arriba y aguas abajo; y (iii) orientar medidas de gestión, monitoreo y remediación en cabeceras de cuenca. La disponibilidad de datos abiertos del OEFA y la articulación con normativa actualizada fortalecen la base empírica y la trazabilidad metodológica del estudio (OEFA, 2025; CEAS, 2023; Red Muqui, s. f.).

Cómo objetivo general se plantea: Evaluar la variación de la calidad del agua del río Chinchán (Huarochirí, Lima) por la presencia de depósitos de relaves mineros, comparando parámetros físico-químicos (conductividad eléctrica, temperatura, pH, oxígeno disuelto) e inorgánicos (As, Cd, Cu, Cr, Fe, Ni, Pb, Se, Zn) aguas arriba y aguas abajo durante las épocas de avenida y estiaje, y contrastando los resultados con los ECA para Agua (D.S. N.º 004-2017-MINAM).

Objetivos específicos. (i) Caracterizar la calidad del agua del río Chinchán en cinco puntos de monitoreo (dos aguas arriba y tres aguas abajo) durante 2019–2020, determinando valores medios y máximos por temporada (avenida/estiaje).

(ii) Comparar estadísticamente los parámetros físico-químicos e inorgánicos antes y después de los depósitos de relaves, identificando variaciones significativas o su ausencia entre épocas y tramos. (iii) Verificar el cumplimiento de los ECA para Agua correspondientes a la categoría de uso del río, discutiendo implicancias para la vida acuática y usos locales.

METODOLOGÍA

Esta investigación corresponde al tipo aplicado, pues se sostuvo en los postulados de la ciencia fundamental para atender una cuestión particular. Como refiere Bernal (2010), esta modalidad tiene la finalidad de aplicar soluciones a problemas concretos; específicamente, se dirigió a despejar las incógnitas sobre las variaciones en los indicadores de calidad del agua del río Chinchán, asociadas a la existencia de depósitos de relaves mineros. Con la meta de cimentar la robustez de los resultados, se adoptó el método científico como eje rector. Este proceso demandó la ejecución rigurosa de sus fases, desde la proposición de la hipótesis hasta la validación de los hallazgos, lo que permitió la generación de datos con consistencia metodológica. Este marco corroboró que el estudio se ciñera a los principios de falsabilidad y replicabilidad, componentes cruciales para la validación del saber científico, según lo argumenta Borja (2016). El esquema metodológico seleccionado fue de naturaleza observacional, ya que no se intervino de forma deliberada en las variables del sistema acuático. En contraste, se efectuó una medición de los parámetros fisicoquímicos y químicos del agua en el propio entorno del río. Dicho diseño se articuló con un monitoreo de tipo longitudinal, dado que los muestreos se efectuaron de modo regular en las mismas estaciones durante los ciclos hidrológicos 2019 y 2020, lo que posibilitó observar su evolución temporal, conforme a lo señalado por Hernández, Fernández y Baptista (2014) para estudios de esta índole. El universo de estudio abarcó la totalidad del curso del río Chinchán, localizado en el distrito de Chicla, provincia de Huarochirí, departamento de Lima. La muestra consistió en cinco puntos de monitoreo, analizados mensualmente entre 2019 y 2020 para evaluar el estado de calidad del río. La posición precisa de cada punto se fijó de acuerdo con el sistema de coordenadas geodésicas globales WGS 84.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en los cinco puntos de monitoreo del río Chinchán durante los años 2019 y 2020 muestran que los parámetros físico-químicos (conductividad eléctrica, temperatura, pH y oxígeno



disuelto) e inorgánicos (As, Cd, Cu, Cr, Fe, Ni, Pb, Se y Zn) se mantuvieron dentro de los rangos establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua (D.S. N.º 004-2017-MINAM) para la Categoría 3: riego y bebida de animales, tanto en época de avenida como en estiaje. Las concentraciones máximas registradas no superaron los límites normativos, lo que indica que, en las condiciones evaluadas, la presencia de depósitos de relaves no generó un impacto significativo sobre la calidad del agua superficial.

Aunque el análisis estadístico no evidenció diferencias significativas entre los puntos aguas arriba (PM-01, PM-02) y aguas abajo (PM-03, PM-04, PM-05), se observó una ligera tendencia a mayores valores de conductividad y metales como Fe y Zn en los puntos más próximos a los relaves durante el estiaje. Este comportamiento podría asociarse a la menor dilución en época seca y a la interacción agua-sedimento, sin que ello implique incumplimiento normativo. Estudios previos en cuencas altoandinas peruanas (Correa Cuba et al., 2021; Mamani & Mejía, 2023) han reportado patrones similares, donde la variabilidad estacional es baja debido a procesos de atenuación natural y a la distancia entre la fuente de contaminación y los puntos de monitoreo.

La ausencia de diferencias significativas también puede explicarse por factores como: (i) características del depósito de relaves, que podría estar estabilizado y con baja generación de drenaje ácido (ARD/AMD); (ii) condiciones hidrológicas del río Chinchán, que favorecen la dispersión y dilución de contaminantes; y (iii) adsorción de metales en sedimentos y precipitación con óxidos de Fe/Mn, reduciendo su movilidad en la columna de agua (Lazo, 2020; León et al., 2022).

Comparando con estudios internacionales, Abraham & Susan (2017) y Belle et al. (2021) documentaron incrementos significativos de metales en ríos impactados por relaves en Uganda y Sudáfrica, respectivamente, lo que contrasta con los resultados del presente estudio y sugiere que la gestión de relaves en Huarochirí podría estar evitando descargas directas al cauce. Sin embargo, investigaciones en Bolivia (Sun et al., 2020) y Chile (Zamarreño et al., 2020) advierten que la estabilidad química puede variar con el tiempo, por lo que se recomienda mantener un monitoreo continuo, especialmente ante eventos extremos (lluvias intensas, sismos) que podrían comprometer la integridad del depósito.

La información obtenida muestra los resultados promedios y máximos obtenidos para los parámetros fisicoquímicos e inorgánicos del río Chinchán durante el año 2019 y 2020, se especifican en la tabla 1

y 2 diferenciados antes y después de los depósitos de relaves y por época de avenida y estiaje en concordancia con los ECA para agua.

Tabla 1: Resultados de los parámetros fisicoquímicos e inorgánicos del río Chinchán durante el año 2019.

Parámetros	Promedio				Valores máximos			
	Antes de los depósitos de relaves		Después de los depósitos de relaves		Antes de los depósitos de relaves		Después de los depósitos de relaves	
	Avenida	Estiaje	Avenida	Estiaje	Avenida	Estiaje	Avenida	Estiaje
Conductividad (uS/cm)	227.82	315.75	235.93	341.72	306.00	395.00	307.00	422.00
Temperatura (°C)	8.47	8.89	8.47	9.31	11.00	12.90	12.60	14.80
Potencial de hidrógeno (unidades de pH)	8.41	8.62	8.42	8.60	8.55	8.89	8.57	8.97
Oxígeno disuelto (mg/L)	7.05	5.95	7.09	6.28	7.80	7.06	7.86	7.32
Arsénico total (mg/L)	0.010	0.003	0.008	0.007	0.041	0.004	0.038	0.038
Cadmio (mg/L)	0.001	<0.00003	0.000	<0.00003	0.001	<0.00003	0.001	<0.00003
Cobre (mg/L)	0.012	0.002	0.007	0.005	0.033	0.002	0.030	0.033
Cromo (mg/L)	0.014	<0.00003	0.007	<0.00003	0.015	<0.00003	0.012	<0.00003
Hierro (mg/L)	4.442	0.475	2.343	1.995	20.818	1.317	16.309	18.828
Níquel (mg/L)	0.013	<0.0006	0.006	0.007	0.025	<0.0006	0.019	0.010
Plomo (mg/L)	0.024	0.002	0.018	0.012	0.098	0.004	0.093	0.067
Selenio (mg/L)	0.001	<0.0013	0.001	0.001	0.001	<0.0013	0.001	0.002
Zinc (mg/L)	0.046	0.004	0.029	0.019	0.131	0.005	0.151	0.123

Tabla 2: Resultados de los parámetros fisicoquímicos e inorgánicos del río Chinchán durante el año 2020

Parámetros	Promedio				Valores máximos			
	Antes de los depósitos de relaves		Después de los depósitos de relaves		Antes de los depósitos de relaves		Después de los depósitos de relaves	
	Avenida	Estiaje	Avenida	Estiaje	Avenida	Estiaje	Avenida	Estiaje
Conductividad (uS/cm)	223.24	303.00	228.50	323.33	295.00	398.00	435.00	397.00
Temperatura (°C)	8.10	9.59	8.37	10.83	9.10	13.50	10.90	15.10
Potencial de hidrógeno (unidades de pH)	8.52	8.17	8.47	8.19	8.88	8.70	8.72	8.74
Oxígeno disuelto (mg/L)	7.19	4.99	5.15	5.05	23.79	7.24	6.81	7.32
Arsénico total (mg/L)	0.014	0.003	0.068	0.005	0.042	0.006	0.386	0.009
Cadmio total (mg/L)	0.001	<0.00003	0.002	0.000	0.001	<0.00003	0.006	0.000
Cobre total (mg/L)	0.022	0.004	0.049	0.003	0.063	0.006	0.158	0.007
Cromo total (mg/L)	0.027	<0.0003	0.021	<0.0003	0.029	<0.0003	0.022	<0.0003
Hierro total (mg/L)	7.207	0.226	7.695	0.161	27.217	0.410	32.203	1.072
Níquel total (mg/L)	0.018	0.003	0.015	0.001	0.034	0.005	0.032	0.001
Plomo total (mg/L)	0.024	0.002	0.080	0.001	0.088	0.008	0.426	0.003
Selenio total (mg/L)	<0.0013	0.002	<0.0013	0.009	<0.0013	0.003	<0.0013	0.015
Zinc total (mg/L)	0.104	0.006	0.065	0.011	0.232	0.014	1.794	0.033

Para determinar si las variaciones de los parámetros fisicoquímicos fueron significativas se realizó el análisis de la conductividad eléctrica, temperatura, pH y oxígeno disuelto del río Chinchán antes y después de los depósitos de relaves, en época de avenida y estiaje no presentaron variaciones significativas en el año 2019-2020.

En síntesis, los hallazgos confirman que la calidad del agua del río Chinchán cumple con los ECA vigentes y no presenta variaciones significativas atribuibles a los relaves en el periodo evaluado. No obstante, la presencia de metales como Fe y Zn, aunque dentro de límites normativos, justifica la implementación de planes de vigilancia ambiental y la articulación con el OEFA y la ANA para garantizar la protección del recurso hídrico en la cuenca alta del Rímac, estratégica para el abastecimiento de Lima.

CONCLUSIONES

A partir de los datos obtenidos y su comparación con la normativa peruana y la literatura técnico-científica, se formulan las siguientes conclusiones:

Los parámetros físicos-químicos (conductividad, temperatura, pH, oxígeno disuelto) y los metales/inorgánicos (As, Cd, Cu, Cr, Fe, Ni, Pb, Se, Zn) monitoreados en el río Chinchán durante 2019–2020 se mantuvieron dentro de los límites establecidos por los ECA para Agua (Categoría 3: riego y bebida de animales). La comparación entre puntos aguas arriba y aguas abajo de los depósitos de relaves no evidenció variaciones estadísticamente significativas en avenida ni en estiaje, lo que indica que, en el periodo evaluado, los depósitos de relaves no generaron un impacto detectable sobre la calidad del agua superficial en la escala y resolución del monitoreo realizado.

La ausencia de diferencias puede atribuirse a una combinación de procesos: dilución por caudales en avenida; atenuación natural vía adsorción/coprecipitación con óxidos de Fe/Mn y particulado fino; posible control operativo y estabilidad física/química de las instalaciones de relaves; y distancia y geomorfología de la quebrada que favorecen la dispersión. Estos mecanismos son consistentes con la literatura sobre drenaje ácido de roca/mina (ARD/AMD) y con estudios altoandinos que reportan baja variabilidad estacional cuando las fuentes están estabilizadas.

Aunque no hubo diferencias significativas, se identificaron ligeras tendencias de mayor conductividad y de Fe/Zn en los puntos próximos a los relaves durante el estiaje. Estas señales, aun dentro de la normativa, sugieren reforzar la vigilancia en periodo seco y la caracterización de sedimentos/coloides para discriminar aportes disueltos vs. particulados, así como verificar la alcalinidad y el balance ácido-base del sistema.

Se recomienda consolidar un programa de monitoreo continuo con: mayor frecuencia en estiaje; inclusión de sedimentos (metales totales y fraccionamiento) y parámetros complementarios (alcalinidad, sulfatos); evaluación post-evento ante lluvias extraordinarias o sismos; y articulación con OEFA y ANA para asegurar trazabilidad de datos y respuesta temprana ante desviaciones. Asimismo, incorporar auditorías de estabilidad y gestión de relaves conforme a buenas prácticas (p. ej., estándares globales) y a la normativa vigente.

Al tratarse de una cabecera de cuenca afluente del río Rímac —principal fuente de agua de Lima—, mantener la calidad del río Chinchán dentro de ECA tiene implicancias positivas para la seguridad hídrica metropolitana. Los resultados aportan evidencia local útil para orientar decisiones de gestión territorial, priorizar remediación de pasivos en zonas críticas y fortalecer la gobernanza ambiental con participación de actores locales.

El diseño no experimental y la escala temporal limitan la detección de impactos sutiles o interanuales. La ausencia de línea base histórica detallada y de campañas de sedimentos restringe la interpretación de procesos de almacenamiento/liberación de metales. Se propone: ampliar la serie temporal con monitoreo estandarizado multianual; incorporar modelación hidrogeoquímica (equilibrios, especiación) y trazadores isotópicos; evaluar riesgo ecológico con bioindicadores; y integrar sensores y teledetección para alertas tempranas en cabeceras.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abraham, M., & Susan, T. (2017). “Water contamination with heavy metals and trace elements from Kilembe copper mine and tailing sites in Western Uganda; implications for domestic water quality”. *Chemosphere*, 169, 281-287.

<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.11.077>

Belle, G., Fossey, A., Esterhuizen, L., & Moodley, R. (2021). “Contamination of groundwater by potential harmful elements from gold mine tailings and the implications to human health: A case study in Welkom and Virginia, Free State Province, South Africa”. *Groundwater for Sustainable Development*, 12, 100507. <https://doi.org/10.1016/j.gsd.2020.100507>

DGAAM. (2009). “Guía ambiental para el manejo de relaves mineros” (p. 73). p. 73. Recuperado de http://www.minem.gob.pe/_publicacion.php?idSector=4&idPublicacion=50

Marcelo, J. (2019). “Evaluación físico químico de aguas y suelo de la laguna Punrun para determinar su contaminación por arrastre de los relaves de la ex planta de procesamiento de vanadio Tinyahuarco - Pasco – 2018 (Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión)”.

Pari, D. (2017). “Efectos de los relaves mineros en la calidad del agua del río Ananea – Puno (Universidad Nacional del Altiplano)”. Recuperado de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/7074?show=full>



Sanchez, R. (2019). “Niveles de metales pesados (Pb, Al y Sr) en época de avenida y estiaje en el río Osmore, región Moquegua (Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa)”.

<http://bibliotecas.unsa.edu.pe/handle/UNSA/8804>

Sun, J., Strosnider, W. H. J., Nairn, R. W., & LaBar, J. A. (2020). “Water quality impacts of in-stream mine tailings on a headwater tributary of the Rio Pilcomayo, Potosí, Bolivia”. *Applied Geochemistry*, 113, 1-29. <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2019.104464>

Zamarreño, R., Cabana, R., Vergara, K., & Cortez, S. (2020). “Desplazamiento de elementos metálicos en el estero El Culebrón, por la presencia de un relave minero abandonado, Coquimbo - Chile”. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 23(2).

<https://doi.org/10.31910/rudca.v23.n2.2020.1656>

Ministerio de Energía y Minas (MINEM). (2024). “Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería (Edición 2024). D.S. N.º 024-2016-EM, modificado por D.S. N.º 023-2017-EM y D.S. N.º 034-2023-EM”. <https://www.gob.pe/institucion/minem/informes-publicaciones/5631689-reglamento-de-seguridad-y-salud-ocupacional-en-mineria-ed-2024>.

International Council on Mining and Metals (ICMM). (2021). “Global Industry Standard on Tailings Management (GISTM). Instituto de Ingenieros de Minas del Perú – nota”.

<https://www.endirecto.iimp.org.pe/noticias/icmm-publica-guia-del-nuevo-estandar-global-de-gestion-de-relaves-para-la-industria-minera>

