

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONIO GUILLERMO URRELO



Facultad de Ingeniería

Carrera Profesional de Ingeniería Ambiental y Prevención de Riesgos

**EFFECTO DE LA DESCARGA DE AGUA DEL PASIVO AMBIENTAL
MINERO CONDORGUACHANA EN EL RÍO MICHQUILLAY – LA
ENCAÑADA, 2021**

Bachiller.

Cristian Paul, Sáenz Arévalo

Nery Michel, Vásquez Chuquilín

Asesor:

Dr. Persi Vera Zelada

Cajamarca - Perú

Octubre - 2022

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONIO GUILLERMO URRELO



Facultad de Ingeniería

Carrera Profesional de Ingeniería Ambiental y Prevención de Riesgos

**EFFECTO DE LA DESCARGA DE AGUA DEL PASIVO AMBIENTAL
MINERO CONDORGUACHANA EN EL RÍO MICHQUILLAY – LA
ENCAÑADA, 2021**

Tesis presentada en cumplimiento parcial de los requerimientos para optar el Título Profesional
de Ingeniero Ambiental y Prevención de Riesgos

Bachiller.

Cristian Paul, Sáenz Arévalo

Nery Michel, Vásquez Chuquilín

Asesor:

Dr. Persi Vera Zelada

Cajamarca - Perú

Octubre - 2022

COPYRIGHT © 2022 by

Cristian Paul, Sáenz Arévalo
Nery Michel, Vásquez Chuquilín

Todos los derechos reservados

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONIO GUILLERMO URRELO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y PREVENCIÓN DE
RIESGOS**

APROBACIÓN DE TESIS PARA OPTAR TÍTULO PROFESIONAL

EFECTO DE LA DESCARGA DE AGUA DEL PASIVO AMBIENTAL MINERO
CONDORGUACHANA EN EL RÍO MICHICUILLAY – LA ENCAÑADA, 2021

Presidente: _____

Secretario: _____

Vocal: _____

Asesor: _____

DEDICATORIA:

Dios y mi familia por ser mi soporte, apoyo e inspiración constante y darme la fuerza para continuar en este proceso, guiando mis pasos día a día.

AGRADECIMIENTO

A mis padres por ayudarme a alcanzar esta meta.

Al Mg. Vera Zelada Persi, por su apoyo y asesoría constante.

A la Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo por ser fuente de enseñanza y conocimiento
para mi desarrollo profesional.

A todas las personas que siempre creyeron en mí y me brindaron su apoyo durante todo este
proceso.

RESUMEN

El presente estudio de investigación evaluará el efecto de la descarga de agua del pasivo ambiental minero Condorguachana en el río de Michiquillay – La Encañada, 2021. Mediante la determinación de la concentración de los parámetros fisicoquímicos e inorgánicos; para realizar previamente cierta comparación con las normativas vigentes en el D.S. N.º 004-2017-MINAM - CAT 3, Estándares de Calidad Ambiental (ECA). Los resultados muestran niveles bajos de parámetros fisicoquímicos e inorgánicos en comparación con los ECA-III. La investigación es del tipo no experimental-longitudinal, con un diseño descriptivo y en análisis estadístico se realizó con la prueba no paramétrica T – Wilcoxon para muestras relacionadas; cuyos resultados sugieren conservar la hipótesis nula, es decir, que la descarga de agua del pasivo ambiental minero Condorguachana no impacta de manera negativa el agua del río Michiquillay, La Encañada, 2021. Finalmente, el $Cu = 0,3555 \text{ mg/L}$ lo cual indica que las muestras se encuentran por encima de la sub categoría D1, pero por debajo de la D2 del DS N° 004-2017-MINAM.

Palabras claves: pasivo ambiental minero, drenaje, ácido de mina, contaminación ambiental

ABSTRACT

The present research study will evaluate the effect of water discharge from the Condorguachana mining environmental liability on the Michiquillay – La Encañada River, 2021. By determining the concentration of physicochemical and inorganic parameters; to previously make some comparison with the regulations in force in the D.S. N° 004-2017-MINAM - CAT 3, Environmental Quality Standards (ECA). The results show low levels of physicochemical and inorganic parameters compared to ECAs-III. The investigation is of the non-experimental-longitudinal type, with a descriptive design and in statistical analysis it was carried out with the non-parametric T-Wilcoxon test for related samples; whose results concluded to preserve the null hypothesis, that is, that the discharge of water from the Condorguachana mining environmental liability does not negatively impact the water of the Michiquillay River, La Encañada, 2021. Finally, Cu = 0.3555 mg/L which indicates that the samples are above subcategory D1, but below D2 of Supreme Decree No. 004-2017-MINAM.

Keywords: mining environmental liabilities, drainage, mine acid, environmental pollution.

CONTENIDO

AGRADECIMIENTO	6
RESUMEN	7
ABSTRACT.....	8
ÍNDICE DE FIGURAS	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
ÍNDICE DE TABLAS.....	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	11
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	11
1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA	11
1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	12
1.3 OBJETIVOS	12
1.3.1 <i>Objetivo general</i>	12
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i>	13
1.4 JUSTIFICACIÓN	13
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	15
2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN	15
2.1 ANTECEDENTES TEÓRICOS	15
2.2 BASES TEÓRICAS.....	17
2.2.1 <i>Pasivos ambientales mineros</i>	17
2.2.2 <i>Pasivos Ambientales en el Perú</i>	19
2.2.3 <i>Evaluación de pasivos ambientales</i>	21
2.2.4 <i>Generación de drenajes ácidos de mina</i>	22
2.2.5 <i>Efectos de los PAMs en el medio ambiente</i>	23
2.2.6 <i>Cierre de PAM</i>	23
2.2.7 <i>Estándares de calidad ambiental</i>	24
2.3 DISCUSIÓN TEÓRICA	26
2.4 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	27
2.4.1 <i>Pasivo ambiental minero</i>	27
2.4.2 <i>ECA</i>	27
2.4.3 <i>Calidad del agua</i>	27
2.5 HIPÓTESIS	27
2.5.1 <i>Operacionalización de variables</i>	28
CAPITULO III: MÉTODO DE INVESTIGACIÓN.....	29
3. ESTRATEGIAS METODOLÓGICAS	29
3.1 UNIDAD DE ANÁLISIS, UNIVERSO Y MUESTRA.....	29
3.1.1 <i>Unidad de Análisis</i>	29

3.1.2 <i>Universo</i>	29
3.1.3 <i>Muestra</i>	29
3.2 MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN	29
3.3 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	30
3.4 INSTRUMENTOS	30
3.5 TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE DATOS.....	31
CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	32
4. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	32
4.1 PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS	32
4.2 PARÁMETROS INORGÁNICOS	35
PROCESO DE PRUEBA DE HIPÓTESIS	40
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	47
BIBLIOGRAFÍA.....	48

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1. Planteamiento Del Problema

1.1 Descripción de la realidad problemática

El Perú es uno de los países reconocidos a nivel mundial que tiene relevantes reservas mineras (plata, oro, cobre, etc.), siendo esta una de las ocupaciones que impulsa su incremento económico; no obstante, además acarrearán peligros y riesgos como los asociados a los Pasivos ambientales mineros (PAM), mejor conocidos por ser residuos originados por operaciones mineras abandonadas o inactivas.

La carencia de inquietud por el cierre de las ocupaciones mineras se debe a la falta de regulaciones específicas. Previamente se planeaba una mina solo para explotarla, no obstante, en la actualidad la actividad minera se planea hasta el cierre de mina lo cual se encara a partir del 2003 mediante la Ley N° 28090. Actualmente son los titulares mineros los encargados de brindar el tratamiento adecuado para los residuos generados por dicha actividad, empero aún se encuentran residuos y pasivos ambientales mineros por remediar.

Hoy en día los titulares mineros son responsables del tratamiento de los residuos generados durante dicha actividad, y aún queda pendiente remediar residuos y pasivos ambientales de actividades mineras antiguas. Para mediados del 2020 el Ministerio de Energía y Minas comunicó la existencia de 8000 PAM a nivel nacional, siendo Cajamarca una de las regiones con más porcentaje de dichos pasivos, a un nivel de riesgo alto (30.7%).

Ciertos profesionales calculan que bastante más de la mitad de sociedades campesinas en el Perú fueron dañadas por ocupaciones mineras y pese a la atracción por los probables beneficios económicos de la minería, las poblaciones además se preocupan por los potenciales efectos negativos al medio ambiente y las repercusiones para la subsistencia, el consumo, el bienestar y la salud. Otro componente fundamental es la falta de información clara, fiable, transparente e independiente sobre la naturaleza de los peligros. De la actividad minera.

En el presente trabajo de investigación se brindará un alcance de los efectos de la descarga del pasivo ambiental minero en el río Michiquillay-La Encañada, 2021. Para lo cual se utilizará la normativa vigente los criterios especificados el D.S. 004 -2017 - MINAM.

1.2 Definición del Problema

¿Cuál es el efecto de la descarga de agua del pasivo ambiental minero Condorguachana en el río Michiquillay - La Encañada 2021?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de la descarga de agua del pasivo ambiental minero Condorguachana en el río Michiquillay - La Encañada, 2021.

1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar la concentración de los parámetros fisicoquímicos y metales tóxicos en el agua de descarga del pasivo ambiental minero Condorguachana en el río Michiquillay - La Encañada, 2021
- Comparar los valores obtenidos de los parámetros fisicoquímicos y metales tóxicos con las concentraciones de los parámetros establecidos en el DS N. ° 004-2017-MINAM - categoría 3.

1.4 Justificación

Puede decirse que la minería es una de las ocupaciones extractivas más relevantes y de más grande efecto en la economía peruana. No obstante, las tareas mineras, en varios sitios dentro de la región peruana, estuvieron acompañadas de varios sitios dejados o huérfanos, en dónde no se llevaron a cabo tareas de rehabilitación rápida y propiciaron la aparición de Pasivos Ambientales Mineros (PAM).

Los PAM son los daños no compensados producidos por la minería, estos generan daños que dejan secuelas permanentes en los factores ambientales y los seres humanos, por lo que es necesario recurrir a actividades de remediación o mitigación de sus impactos, para así mejorar la calidad ambiental y de vida de las personas, aledañas a las infraestructuras mineras inactivas o abandonadas.

La necesidad de priorizar el siguiente estudio de investigación, surge con la finalidad de evaluar el efecto de la descarga del pasivo ambiental minero en el río de

Michiquillay, La Encañada, 2021. Para diagnosticar estado actual y plantear las posibles soluciones para las investigaciones actuales y futuras ante esta problemática actual que presentan los cuerpos de aguas superficiales, en consecuencia, de las actividades mineras. Tomando como área de estudio el pasivo ambiental minero en la comunidad campesina de Michiquillay – La Encañada.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2. Fundamentos Teóricos de la Investigación

2.1 Antecedentes teóricos

Chappuis, M. (2019), en la revista sobre medio ambiente y desarrollo, plantea que si bien, se ha avanzado en la identificación, la caracterización y la evaluación de los PAMs, puede decirse que todavía hay retos en materia legal, institucional, financiera y técnica para conseguir una mejor administración y más grande remediación. Con base a lo expuesto en este estudio se entregan distintas sugerencias para realizar y reforzar una idónea administración de los recursos mineros, que prevenga la generación de nuevos PAMs.

Hayman, C. (2020), tuvo por objetivo determinar la presencia de metales pesados níquel, cadmio, cobre, manganeso, plomo y cianuro, y el impacto en la calidad del agua del río Pilaló, para lo cual se efectuaron encuestas y análisis químicos para los metales pesados. Los resultados demostraron que el mayor nivel de concentración lo presenta el Mn con un 0.0717 mg/L, en conclusión los resultados de laboratorio demostraron bajos niveles de contaminación por metales pesados, sin embargo, aun se recomienda realizar más análisis en un futuro.

Cervantes, J. & Quito, S. (2020), estimaron el nivel de riesgo ambiental para los PAMs en la calidad de agua superficial de la localidad de San Miguel de Viso, Los resultados obtenidos para los pasivos evaluados son que la tolva de mineral (PAS-1) y la bocamina (PAS-14) representan un nivel de riesgo moderado; y la relavera (PAS-8) y la

bocamina (PAS-16) representan un nivel de riesgo significativo para la calidad de agua superficial.

Villanueva, J. (2020), su investigación tiene por objetivo determinar el impacto ambiental en las aguas del río Porcón Bajo producido por las descargas de efluentes mineros, se tomaron cuatro muestras de agua donde se evaluaron metales pesados y pH. Teniendo en cuenta el pH y metales pesados para ECAS-III según el MINAM (2017), se concluye que hay impacto y no hay contaminación en las aguas del río Porcón Bajo que exceda los ECA establecido por el MINAM, ECAS CATEGORIA I y CATEGORIA III.

Quinto, R. (2021), su investigación tuvo como fin identificar los impactos de los pasivos ambientales mineros mediante la teledetección, se realizó un proceso y análisis mediante el ArcGis y ENVI con datos proporcionados por el satélite LANDSAT y el Servicio Geológico de los Estados Unidos; los resultados mostraron que los pasivos ambientales que afectan a cuerpos de agua son un total de 1341.9 Ha.

Jara, G. (2021), en su investigación sobre la caracterización del drenaje ácido de la mina Ancush Tranka y su impacto al río Loco, se tomaron muestras de dos puntos para su posterior análisis en laboratorio. El análisis de resultados revela que los parámetros que exceden los ECA-I son: arsénico, cadmio, cromo, mercurio y plomo; y aquel que sobrepasa el valor de los ECA-III es el mercurio. Concluyendo que se debe ubicar una diferente fuente de agua para los propósitos de los ECA-I.

Rojas, J. et al. (2022), tienen por finalidad demostrar que los pasivos mineros abandonados en el Líbano de Tilarán son una potencial fuente de contaminación por metales, para lo cual realizaron pruebas de infiltración y una prueba de cinética de celda húmeda. En los resultados se logró identificar un alto contenido de metales 37.8 toneladas de plomo, 20.2 toneladas de arsénico y 0.4 toneladas de cadmio, lo cual demostró que dichos pasivos son altamente contaminantes.

Soloisolo (2022), cuyo objetivo fue cuantificar los niveles de plomo y mercurio en agua del río Llallimayo durante el proceso de cierre de la mina Arasi, para lo cual se identificaron 5 puntos de muestreo y se recolectó un total de 50 muestras, las cuales fueron procesadas con la técnica de espectrofotometría. Los resultados mostraron una concentraciones de plomo en los puntos 1, 2, 3, 4 y 5 de: 1.416, 1.918, 1.486, 1.124, 0.540 mg/L; los valores de mercurio fueron de 0.1860, 0.2640, 0.1360, 0.2600, 0.1420 mg/L. Concluyendo así que los niveles de plomo y cadmio exceden los valores máximos permisibles.

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 Pasivos ambientales mineros

Son instalaciones, infraestructuras, superficies afectadas por vertidos, depósitos de residuos mineros, que estando en entornos de minas abandonadas o paralizadas, son un riesgo potencial constante para la salud y seguridad de la población, la biodiversidad y el medio ambiente. (Guzmán, F. et. al., 2020)

Según el Decreto Supremo N° 022-2020, se piensan como abandonadas en caso no se realicen ocupaciones productivas, extractivas o de servicios; sea verificable la falta de medidas de prevención, control o mitigación por parte del responsable y que no se conozca a su generador actual durante su fase de identificación.

Sotomayor los define como los daños no compensados realizados por una empresa hacia el medio ambiente a lo largo de su ciclo de vida, estos generan daños y van dejando secuelas en el ambiente y en los seres humanos, por lo que es necesario realizar una remediación o mitigación de sus impactos.

A. Clasificación de los pasivos ambientales

Se deben establecer los diferentes tipos de pasivos ambientales, según sus factores antrópicos, por los componentes que indican su peligrosidad y magnitud, y por su respuesta a la acción de remediación que se le aplique.

Bruguera, N. et.al. (2020), clasifican a los pasivos ambientales en 3 grupos:

- Según la naturaleza de la causa antrópica que genera el PAM.
- Según la naturaleza de los componentes activos o Elementos Potencialmente Tóxicos (EPT) que lo componen o caracterizan.
- Según la naturaleza de la respuesta a la acción de remediación que se aplica al PAM.

En la Tabla N° 1 se reseña la clasificación de los pasivos ambientales.

Tabla 1:

Clasificación de Pasivos Ambientales

SEGÚN SU NATURALEZA ANTRÓPICA	SEGÚN SUS COMPONENTES ACTIVOS	SEGÚN SU NIVEL DE RESPUESTA A LA ACCIÓN DE REMEDIACIÓN
Minero	Inorgánico	Perpetuo
Químico	Ácido-Base	Persistente
Sanitario	Biológico	Difuso
Tecnológico	Orgánico	Buffer
Agroforestal	Ligno celulósico	Correctivo

Nota: adaptado de la figura *Clasificación de los Pasivos Ambientales y su correlación con la respuesta a la acción de remediación modificador de su estado*, (p. 482), por Bruguera, N. et.al. 2020

2.2.2 Pasivos Ambientales en el Perú

En el Perú se destaca el establecimiento de la Ley N° 28271 (2004), en el cual se define el concepto de PAM, se regula su identificación, la responsabilidad y el financiamiento para su remediación.

El Ministerio de Energía y Minas es la entidad encargada de realizar y actualizar los inventarios de los pasivos ambientales mineros. En la tabla 1 se muestra el inventario realizado desde el 2006 hasta el 2020.

Tabla 2:*PAM incluidos en el inventario según año*

VARIABLE	2006	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2018	2019	2020
PAM											
incluidos en el inventario del MINEM	850	5557	6855	7576	8206	8571	8616	8854	8794	8448	7956

Nota: reproducido del cuadro N° 1 de *Pasivos Ambientales Mineros Incluidos en el Inventario Según Año*,

(p. 12), por Castillo, L. et al., 2021.

Según el último inventario en agosto del 2020, el mayor número de pasivos se encuentran en las regiones de: Áncash (15.5%), Cajamarca (14.5) y Puno (11.6%), como se muestra en la figura 1 y 2.

Figura 1*PAM por Regiones y Nivel de Riesgo*

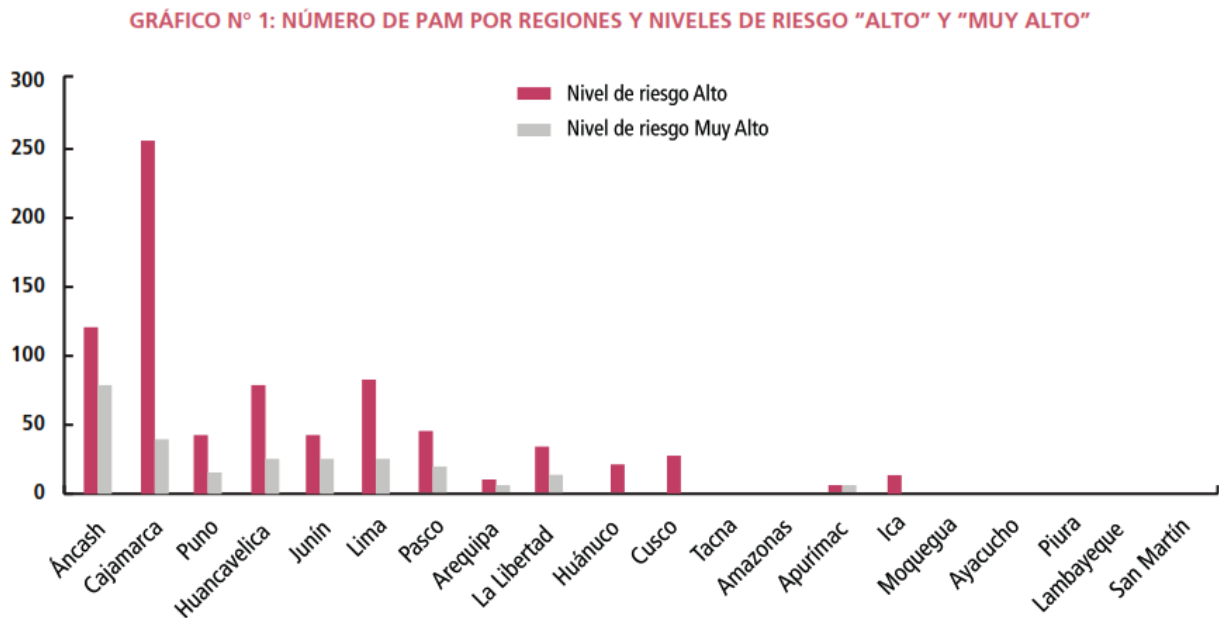
REGIÓN	MUY ALTO	ALTO	MEDIO	BAJO	INSIGNIFICANTE	TOTAL	%
Áncash	54	107	385	535	154	1235	15,5%
Cajamarca	32	251	470	265	138	1156	14,5%
Puno	6	38	192	434	251	921	11,6%
Huancavelica	21	70	126	230	407	854	10,7%
Junín	22	45	122	246	234	669	8,4%
Lima	22	85	203	195	147	652	8,2%
Pasco	15	52	293	93	72	525	6,6%
Arequipa	2	7	45	104	159	317	4,0%
La Libertad	9	38	116	98	41	302	3,8%
Huánuco	1	13	143	124	14	295	3,7%
Cusco	1	16	76	130	68	291	3,7%
Tacna	0	1	3	63	98	165	2,1%
Amazonas	0	0	0	11	145	156	2,0%
Apurímac	2	2	13	71	23	111	1,4%
Ica	1	5	25	28	51	110	1,4%
Moquegua	0	1	6	57	43	107	1,3%
Ayacucho	0	1	7	19	34	61	0,8%
Piura	0	1	2	9	12	24	0,3%
Lambayeque	0	0	0	0	4	4	0,1%
San Martín	0	0	1	0	0	1	0,0%
Total	188	733	2228	2712	2095	7956	100%

Nota: reproducido del cuadro N° 2 de *Pasivos Ambientales Mineros por Regiones y Nivel de Riesgo*, (p. 13), por

Castillo, L. et al., 2021.

Figura 2

Número de PAM por Regiones y Niveles de Riesgo



Nota: reproducido del gráfico N° 1 de *Número de PAM por Regiones y Niveles de Riesgo "Alto" y "Muy Alto"*, (p. 14), por Castillo, L. et al., 2021.

2.2.3 Evaluación de pasivos ambientales

Para comprender mejor la problemática de los PAM's y el daño ambiental de una mina abandonada o inactiva, se debe tener en cuenta aspectos como el tiempo, espacio, responsabilidad y economía. Es complicado establecer el efecto de una acción contaminante en un entorno complejo y de una potente incertidumbre, debido a que se habla de bienes no intercambiables en el mercado que obstaculiza ver la pérdida del medio ambiente en los diversos niveles de la actividad humana.

Los pasivos mineros responsables de los perjuicios del medio ambiente y sus secuelas por medio del tiempo no son de forma fácil cuantificables gracias a la

relación con los ecosistemas; por esto, en la evaluación de los pasivos se debería integrar el precio de remediar el daño ambiental, costo de producción perdida como resultado de la polución, así también como una indemnización por el deterioro irreversible hacia los componentes ambiental y la salud humana.

Para la evaluación de PAMs se debe tener en consideración tres puntos básicos para la priorización de cuencas:

- Implicancias sociales: consta en incluir un extenso número de personas con el objetivo de proteger su salud y desarrollo económico;
- La sensibilidad ambiental: se trata de cubrir la mayor área posible para la protección de terrenos agrícolas y rurales con el fin de garantizar la salud tanto humana como ecológica.
- Potencial de impactos existentes que afecten a la calidad del agua: está orientado a la protección de cuencas contaminadas debido a las actividades mineras. (Sotomayor, s.f)

2.2.4 Generación de drenajes ácidos de mina

Esto ocurre cuando los minerales del sulfuro entran en contacto con el oxígeno y el agua, que son las condiciones favorables para su oxidación química. Su alta acidez a menudo es causada por la oxidación de la pirita, y como resultado de eso se genera ácido sulfúrico, el cual da las condiciones acidas a los efluentes de mina. (Quispe, C. 2019)

2.2.5 Efectos de los PAMs en el medio ambiente

Las ocupaciones mineras por medio del tiempo, son la principal causa del desarrollo de pasivos mineros, cuyos elementos son: tareas subterráneas de la mina, labores a tajo abierto, botaderos, relaves, pilas de lixiviación, generación de aguas ácidas, deforestación, entre otros.

Los PAM abandonados son un peligro persistente para la salud humana, los ecosistemas y la propiedad, dichos dependerán de las propiedades de los pasivos, de su intensidad y magnitud, de las concentraciones de metales pesados, que al tener contacto con el cuerpo receptor ocasionan perjuicios irreversibles.

2.2.6 Cierre de PAM

Se define como aquel conjunto de operaciones que se deben implementar con el objetivo de cumplir los criterios ambientales.

A. Remediación o cierre

Ejecución de las actividades que se incluyen en el plan de cierre, el cual es aprobado por el MINAM. Este abarca el desarrollo de actividades como:

- Demoliciones.
- Estudios in situ para la disposición final de material.
- Restablecimiento de la forma del terreno.
- Revegetación.
- Rehabilitación de hábitats acuáticos.
- Rehabilitación de las áreas de préstamo.

B. Actividades post cierre

Se debe seguir un programa de mantenimiento, monitoreo y seguimiento de los efluentes y emisiones, con el objetivo de evaluar la validez del cierre. Una vez culminado el periodo de cierre (aproximadamente 5 años) es el Estado o un tercero el que se encarga del cuidado y mantenimiento post-cierre del lugar, aunque los gastos serán asumidos por el responsable de la mina. (Ministerio de Energía y Minas, s.f.)

2.2.7 Estándares de calidad ambiental

De acuerdo a la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, define a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) como aquella medida que dispone los niveles de concentración de parámetros físicos, químicos y biológicos, que se encuentren presentes en el aire, agua o suelo y que no representen un riesgo importante para el ambiente y la salud humana.

Para fines del estudio se usó el Estándar de Calidad Ambiental para la categoría 3, subcategorías D1 y D2, las cuales hacen referencia a las aguas destinadas para riego de vegetales y bebida de animales, como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3*Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales*

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
FÍSICO-QUÍMICOS				
Aceites y Grasas	mg/L		5	10
Bicarbonatos	mg/L		518	**
Cianuro Wad	mg/L		0.1	0.1
Cloruros	mg/L		500	**
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co		100 (a)	100 (a)
Conductividad	uS/cm		2500	5000
DBO	mg/L		15	15
DQO	mg/L		40	40
Detergentes	mg/L		0.2	0.5
Fenoles	mg/L		0.002	0.01
Fluoruros	mg/L		1	**
Nitratos	mg/L		100	100
Nitritos	mg/L		10	10
Oxígeno Disuelto	mg/L		≥ 4	≥ 5
pH	Unidad de pH		6.5 - 8.5	6.5 - 8.1
Sulfatos	mg/L		1000	1000
Temperatura	°C		Δ 3	Δ 3
INORGÁNICOS				
Aluminio	mg/L		5	5
Arsénico	mg/L		0.1	0.2
Bario	mg/L		0.7	**
Berilio	mg/L		0.1	0.1
Boro	mg/L		1	5
Cadmio	mg/L		0.01	0.05
Cobre	mg/L		0.2	0.5
Cobalto	mg/L		0.05	1
Cromo Total	mg/L		0.1	1
Hierro	mg/L		5	**
Litio	mg/L		2.5	2.5

Magnesio	mg/L	**	250
Manganeso	mg/L	0.2	0.2
Mercurio	mg/L	0.001	0.01
Níquel	mg/L	0.2	1
Plomo	mg/L	0.05	0.05
Selenio	mg/L	0.02	0.05
Zinc	mg/L	2	24

Nota: (a): para aguas claras; (b) después de filtración simple; $\Delta 3$: significa variación de 3 grados Celsius

respecto al promedio mensual multianual del área evaluada; El símbolo ** dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría. Adaptado del cuadro de *Categoría 3: Riego de vegetales y bebidas de animales (p. 17)*, por Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, 2017.

2.3 Discusión teórica

En la presente investigación se evaluará el efecto de la descarga de agua del pasivo ambiental Condorguachana en el río Michiquillay-La Encañada, 2021. Toda actividad minera genera pasivos ambientales cuyos volúmenes se incrementan en forma gradual con el tiempo y debido a una falta de remediación.

Castillo, L. et al., 2021, señala que la actividad minera presente en el Perú a pesar de ser una de las mayores actividades económicas para el desarrollo del país, pero también, es una de las que genera altos riesgos y peligros los cuales se asocian a los Pasivos Ambientales Mineros. Y para mediados del 2020 el MINAM reportó 8000 PAM presentes a nivel nacional.

Soloisolo (2022), señala que la contaminación del agua por metales pesados provenientes de actividades mineras es un tema de gran interés ya que tienen efectos nocivos sobre las personas y el medio ambiente. Coincidiendo con Rojas, J. et al. (2022),

quien hace énfasis en el abandono negligente de las minas, resultando en la generación de pasivos ambientales lo que ocasiona la degradación de la calidad de los ecosistemas, la calidad natural de los cuerpos de agua superficiales, y de la salud humana.

2.4 Definición de términos básicos

2.4.1 Pasivo ambiental minero

Conforme con la Ley 28271, son aquellos depósitos de residuos mineros que se encuentran abandonados o inactivos, los cuales integran un permanente y potencial riesgo para la salud, seguridad, la propiedad y los ecosistemas.

2.4.2 ECA

Niveles de concentración de parámetros presentes en el aire, agua y suelo, que no representan un riesgo importante ya sea para la salud o para el ambiente.
(Ministerio del Ambiente, 2017)

2.4.3 Calidad del agua

Condiciones en que se encuentra el agua, respecto a sus características en estado natural o luego del accionar humano.

2.5 Hipótesis

H₁: La descarga de agua del pasivo ambiental minero Condorguachana impacta de manera negativa el agua del río Michiquillay, La Encañada, 2021.

H₀: La descarga de agua del pasivo ambiental minero Condorguachana no impacta de manera negativa el agua del río Michiquillay, La Encañada, 2021.

2.5.1 Operacionalización de variables

Tabla 4:

Operationalization de Variables

VARIABLES	DEFINICIÓN	INDICADORES	INSTRUMENTOS
Independiente			
Agua del pasivo ambiental Condorguachana	Efluentes mineros abandonados que representan un riesgo para la salud y el ambiente.	pH	Unidad de pH
		DBO-DQO	mg/L
		Conductividad	uS/cm
		Temperatura	°C
		Turbidez	NTU
		Metales pesados	mg/L
Dependiente			
Calidad de agua del río Michiquillay	Condiciones en que se encuentra el agua, respecto a sus características en estado natural o luego del accionar humano.	Parámetros físico-químicos Parámetros Inorgánicos	ECA-III

CAPÍTULO III: MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

3. Estrategias Metodológicas

3.1 Unidad de análisis, universo y muestra

3.1.1 Unidad de Análisis

Agua del río Michiquillay (aguas arriba, en el punto de descarga y aguas abajo).

3.1.2 Universo

Agua del río Michiquillay - La Encañada ,2021.

3.1.3 Muestra

Volumen de agua que permiten analizar los parámetros fisicoquímicos y metales tóxico del agua del río Michiquillay - La Encañada ,2021.

3.2 Métodos de investigación

Es una investigación del tipo longitudinal-no experimental, ya que se recopilarán y evaluarán las variables sin realizar modificaciones en ninguna de ellas, con el fin de observar el efecto de la variable independiente (pasivos ambientales mineros) en la variable dependiente (calidad del agua del río Michiquillay). (Hernández *et al.* 2014).

El diseño de la investigación es descriptivo, ya que se presentarán parámetros ambientales en un determinado período y espacio, se utilizó la metodología de los ECAs para comparar y evaluar la información resultante.

3.3 Técnicas de recolección de datos

Técnicas: La observación, análisis de muestras y registro de datos.

Las actividades que nos permitan realizar lo antes indicado, son las siguientes:

- Concentración de los parámetros fisicoquímicos.
- Concentración de metales tóxicos.
- Análisis estadístico de los datos obtenidos.

Las principales técnicas que se utilizará en la investigación son:

- Analizar las concentraciones de los parámetros
- Evaluar el efecto del pasivo ambiental minero.
- Comparar con DS. 004 – 2017 MINAM

3.4 Instrumentos

a. Materiales de laboratorio

- Guantes
- Guardapolvos
- Mascarillas
- Probetas
- Pipetas
- Vasos de precipitación
- Agua destilada
- Papel filtro
- Mortero
- Polvo de semilla de Moringa Oleífera (coagulante natural)

b. Equipos de laboratorio

- Turbidímetro
- Balanza
- Equipo multiparámetros

c. Materiales de campo

- Mascarillas quirúrgicas
- Guantes quirúrgicos
- Baldes
- GPS Essentials
- Cámara fotográfica
- Libreta de apuntes

d. Material de gabinete

- D.S. N° 004-2017-MINAM

3.5 Técnicas de análisis de datos

Después de obtener los datos para la investigación que se desarrollará de forma manual, para luego ser calculados, analizados y comparados con el D.S. N° 004-2017-MINAM- CAT 3. El análisis estadístico de la presente investigación se desarrollará mediante el software estadístico SPSS, con la prueba de t – Wilcoxon.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4. Presentación de Resultados

Para el desarrollo de la investigación se realizó mediciones de parámetros físico-químicos e inorgánicos, comparando los resultados con lo establecido en los Estándares de Calidad Ambiental, Categoría III-Subcategoría D1 y D2 (D.S N°. 004-2017-MINAM).

4.1 Parámetros físico-químicos

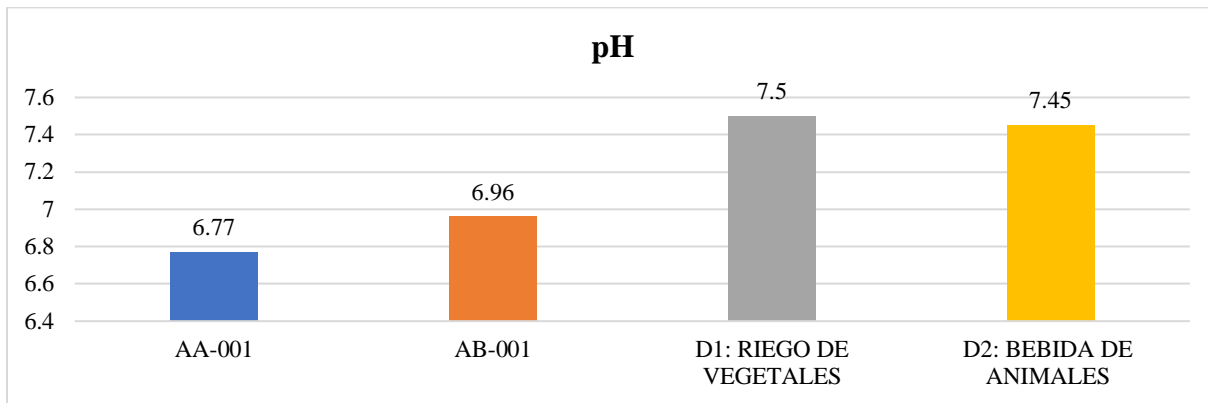
Tabla 5:

Resultados de los parámetros físicos-químicos de las muestras AA-001 y AB-001

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA	AA-001	AB-001	ECA-CATEGORÍA 3: RIEGO DE VEGETALES Y BEBIDA DE ANIMALES		
FECHA DE MUESTREO	26/01/2022	26/01/2022	D1: RIEGO DE VEGETALES		
HORA	11:10	11:16			
CATEGORIA	AGUA NATURAL	AGUA NATURAL	D1: RIEGO DE VEGETALES		
SUB CATEGORIA	AGUA SUPERFICIAL	AGUA SUPERFICIAL			
PARÁMETRO	UND	RESULTADO	RESULTADO	RESULTADO	RESULTADO
Potencial de hidrógeno	Und pH	6.77	6.96	7.5	7.45
Conductividad eléctrica	uS/cm	218.5	59	2500	5000
Temperatura	°C	20.35	20.1	21	21
Turbidez	NTU	6.75	7.61		

Figura 3

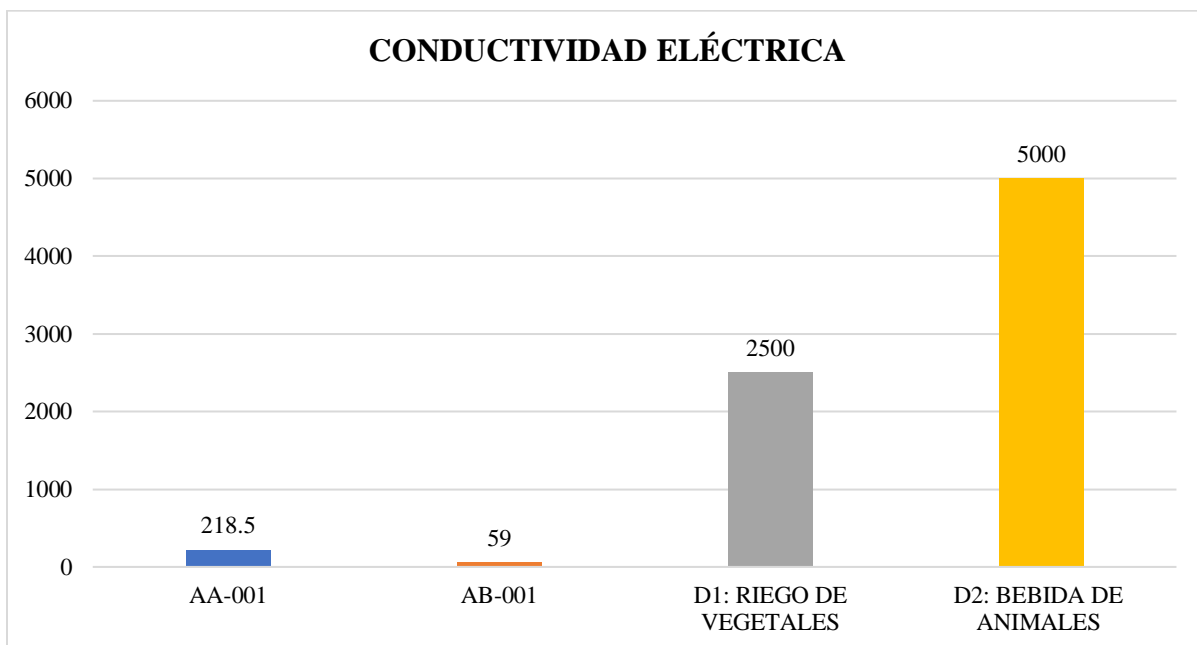
Comparación de resultados de pH con los ECA-III



En la presente gráfica se muestran los resultados para pH obtenidos de la tabla N° 5, según los cuales se puede deducir que se encuentran dentro del rango de los ECA-III, lo que indica que adecuado tanto para el desarrollo vegetal como para el consumo de los animales.

Figura 4

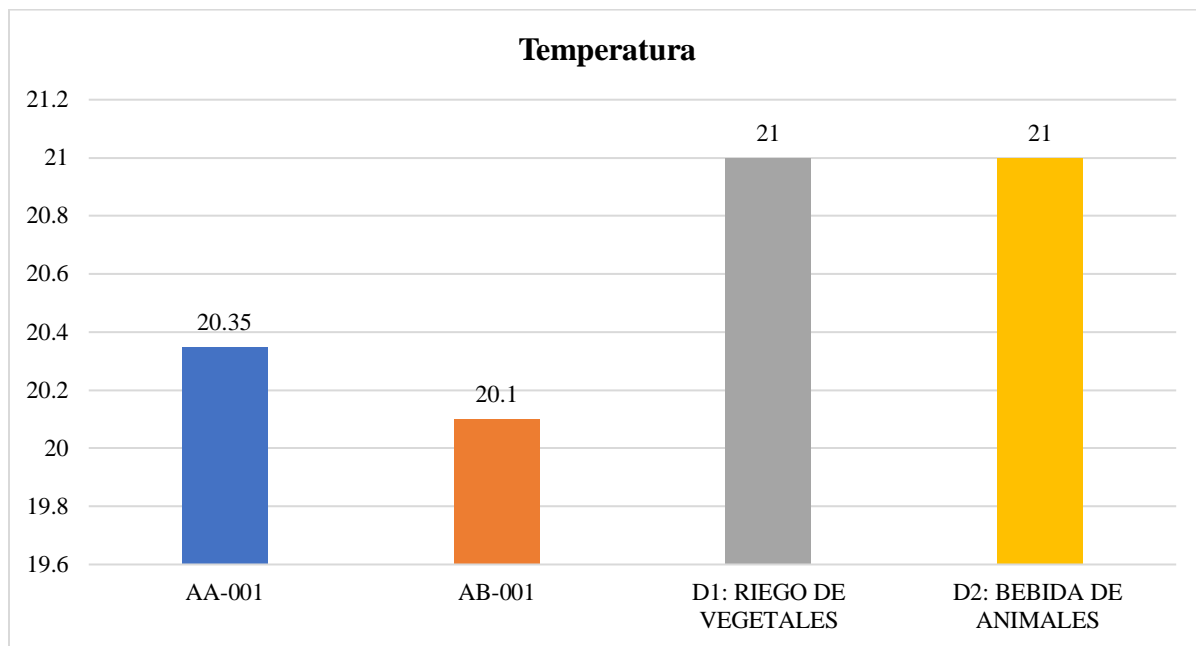
Comparación de resultados de Conductividad Eléctrica con los ECA-III



La gráfica N° 2 muestra los valores obtenidos para conductividad de la tabla N° 5, lo cual indica que están por debajo de los ECA-III, por lo que se deduce que hay deficiencia para los vegetales y los animales.

Figura 5

Comparación de resultados de Temperatura con los ECA-III



La gráfica muestra los valores de temperatura recogidos de la tabla N° 5, lo cual indica que dichos valores se encuentran por debajo de los ECA-III, por lo que se deduce que están dentro del rango para un normal desarrollo de los vegetales y animales.

4.2 Parámetros inorgánicos

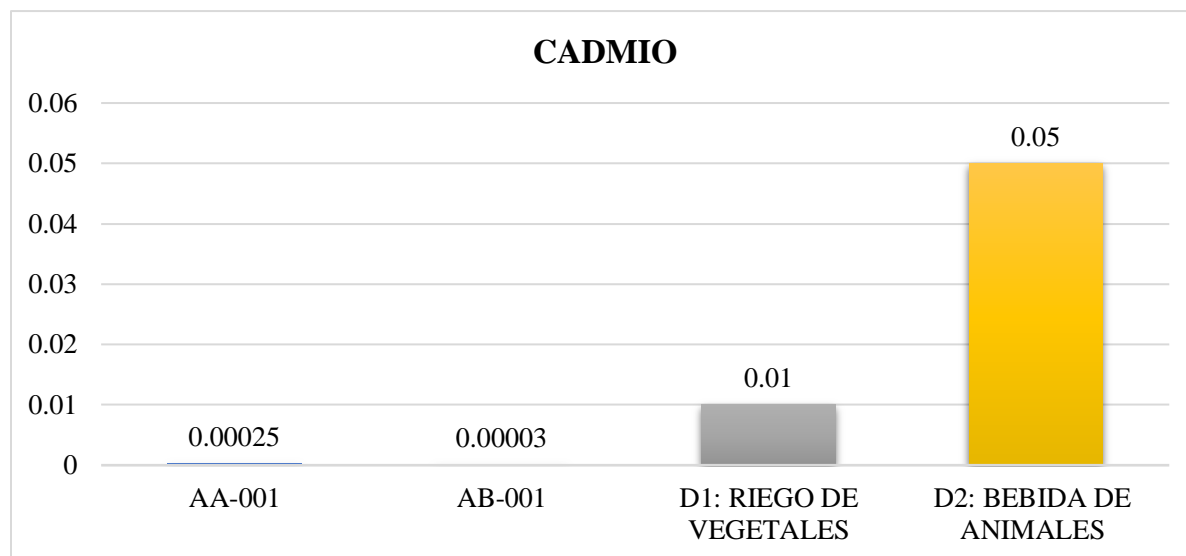
Tabla 6

Resultados de los parámetros inorgánicos de las muestras AA-001 y AB-001

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA	AA-001		AB-001		ECA-CATEGORÍA 3: RIEGO DE VEGETALES Y BEBIDA DE ANIMALES	
	FECHA DE MUESTREO	HORA	CATEGORIA	SUB CATEGORIA	D1: RIEGO DE VEGETALES	D2: BEBIDA DE ANIMALES
	26/01/2022	11:10	AGUA NATURAL	AGUA NATURAL		
			AGUA SUPERFICIAL	AGUA SUPERFICIAL		
			AGUA DE RÍO	AGUA DE RÍO		
PARÁMETRO	UND	RESULTADO	RESULTADO			
Aluminio Total	mg/L	0.736	0.733	5	5	
Arsénico Total	mg/L	0.00255	0.0001	0.1	0.2	
Boro Total	mg/L	0.006	0.006	1	5	
Bario Total	mg/L	0.0083	0.0079	0.7		
Berilio Total	mg/L	0.00006	0.00013	0.1	0.1	
Cadmio Total	mg/L	0.00025	0.00003	0.01	0.05	
Cobalto Total	mg/L	0.00187	0.00164	0.05	1	
Cromo Total	mg/L	0.0003	0.0003	0.1	1	
Cobre Total	mg/L	0.35143	0.35095	0.2	0.5	
Hierro Total	mg/L	0.7981	0.8041	5		
Mercurio Total	mg/L	0.00009	0.00009	0.001	0.01	
Litio Total	mg/L	0.0003	0.0009	2.5	2.5	
Magnesio Total	mg/L	0.890	1.044		250	
Manganeso Total	mg/L	0.05058	0.04869	0.2	0.2	
Níquel Total	mg/L	0.0006	0.0010	0.2	1	
Plomo Total	mg/L	0.0006	0.0006	0.05	0.05	
Selenio Total	mg/L	0.0013	0.0013	0.02	0.05	
Zinc Total	mg/L	0.0407	0.0410	2	24	

Figura 1

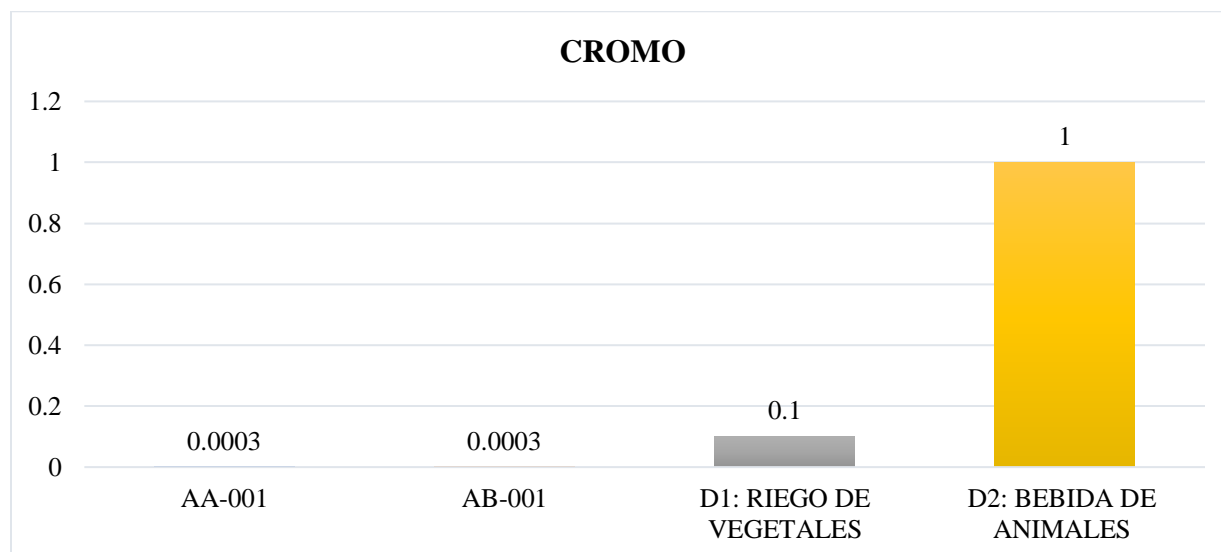
Comparación de resultados de Cadmio con los ECA-III



En este gráfico se representan los valores del cadmio obtenidos de la tabla N° 6, lo cual indica que están por debajo de los ECA-III, lo cual no causa ningún problema para el desarrollo de los vegetales y para la bebida de los animales.

Figura 2

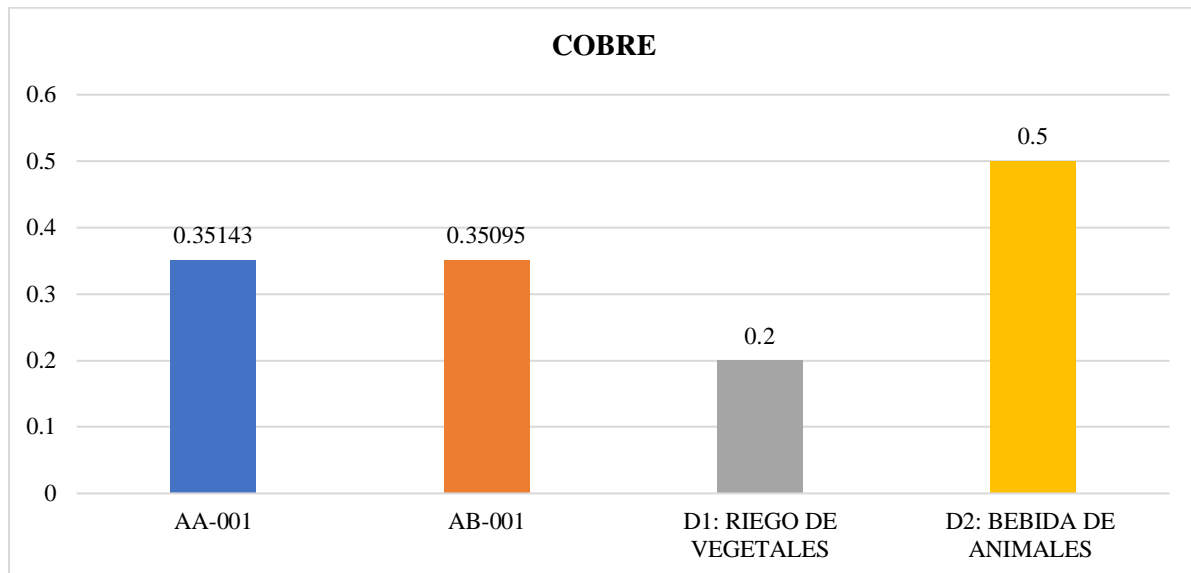
Comparación de resultados de Cromo con los ECA-III



En la presente figura se representan los valores del cromo obtenidos de la tabla N° 6, lo cual indica que están por debajo de los ECA-III, lo cual no causa ningún problema para el desarrollo de los vegetales y para la bebida de los animales.

Figura 3

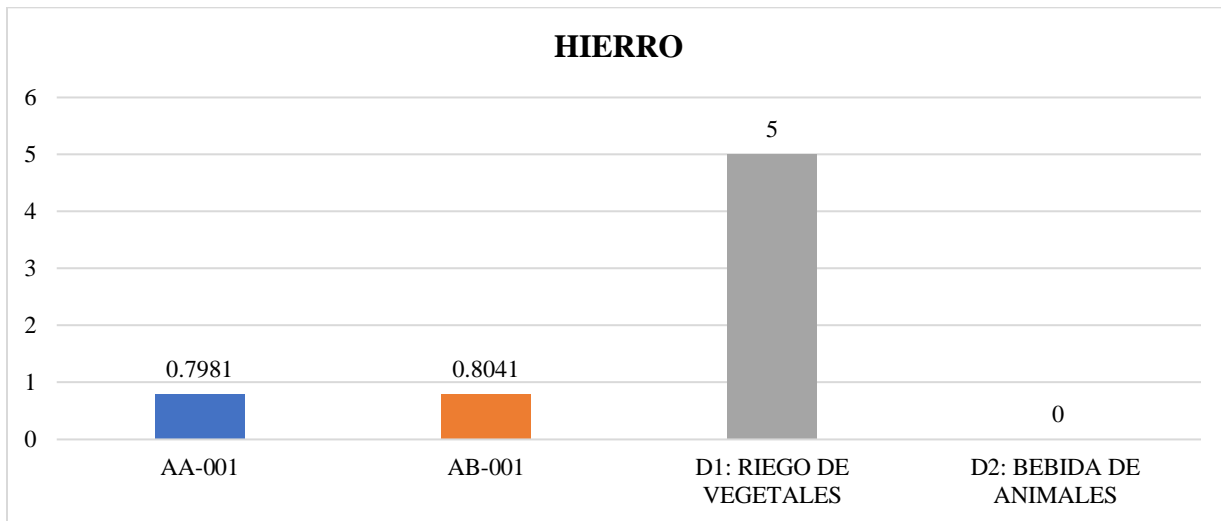
Comparación de resultados de Cobre con los ECA-III



La figura 8 representa los valores del cobre obtenidos de la tabla N° 6, lo cual indica que las muestras se encuentran por encima de la sub categoría D1, pero por debajo de la D2 que se indican en los ECA-III, lo que quiere decir que no hay problemas para que los animales la beban, pero no es apta para el riego de vegetales.

Figura 4

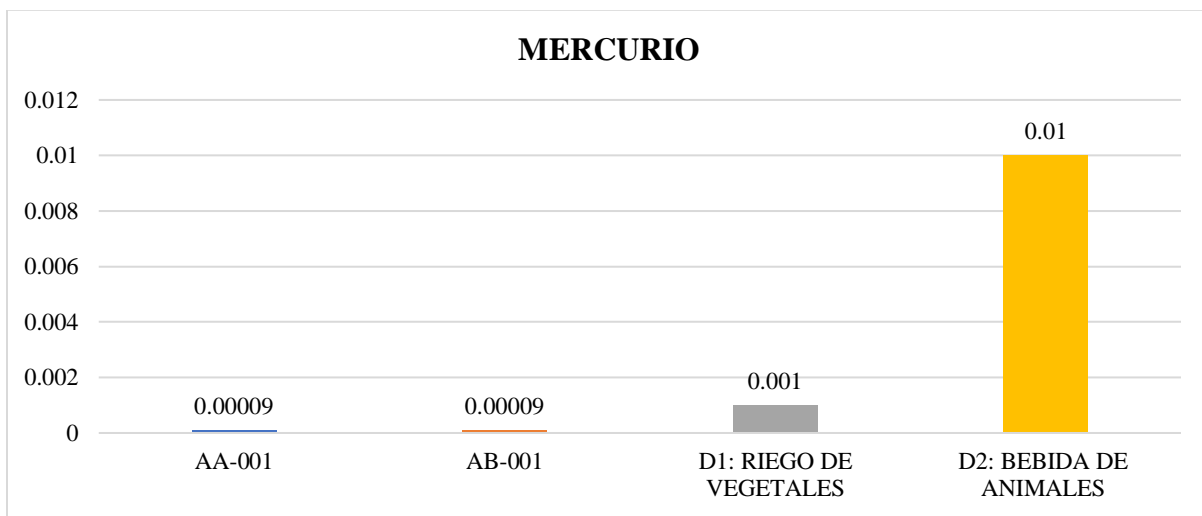
Comparación de resultados de Hierro con los ECA-III



En la figura 9 se observan los valores del hierro obtenidos de la tabla N° 6, lo cual indica que están por debajo de los ECA-III, lo cual no causa ningún problema para el desarrollo de los vegetales y para la bebida de los animales.

Figura 5

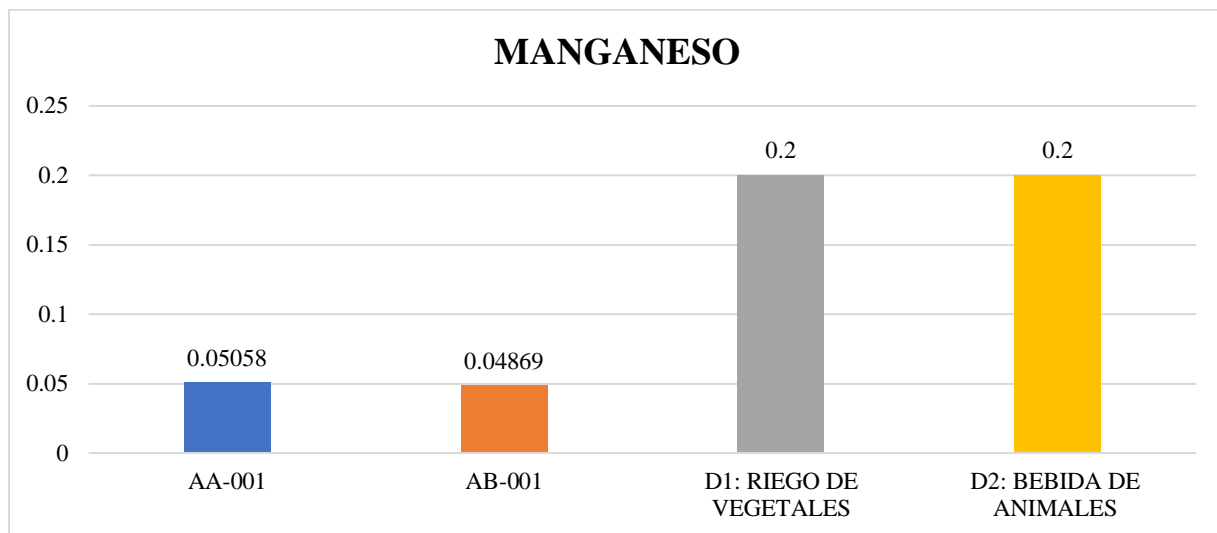
Comparación de resultados de Berilio con los ECA-III



La figura 10 representa los valores del mercurio obtenidos de la tabla N° 6, lo cual indica que están por debajo de los ECA-III, lo cual no causa ningún problema para el desarrollo de los vegetales y para la bebida de los animales.

Gráfico 6

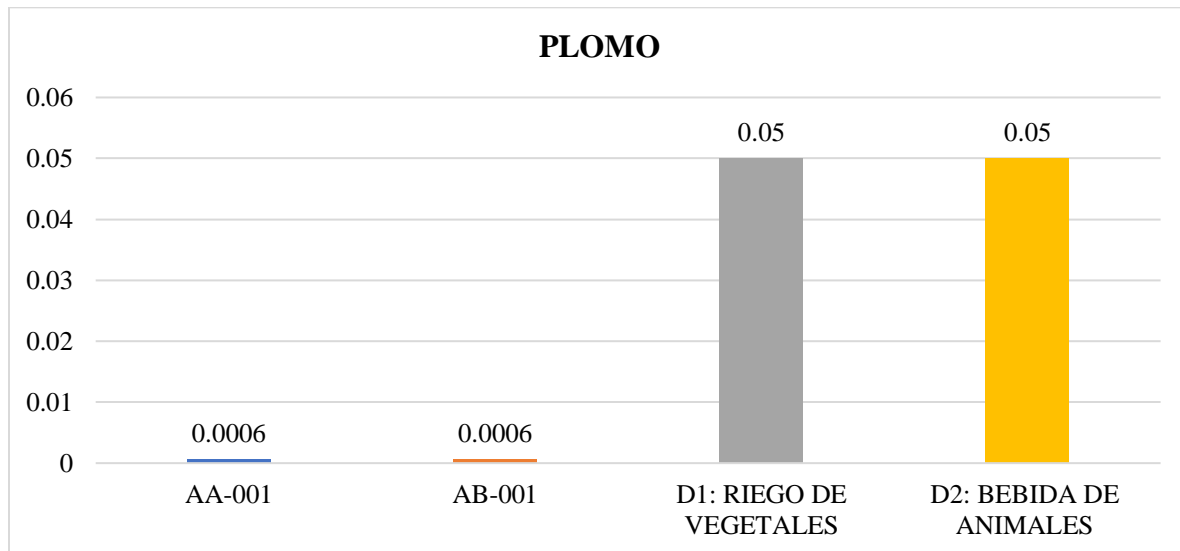
Comparación de resultados de Manganeso con los ECA-III



La figura 11 representa los valores del manganeso, obtenidos de la tabla N° 6, lo cual indica que están por debajo de los ECA-III, lo cual no causa ningún problema para el desarrollo de los vegetales y para la bebida de los animales.

Gráfico 7:

Comparación de resultados de Plomo con los ECA-III



La gráfica N° 21 muestra los valores del plomo, obtenidos de la tabla N° 6, lo cual indica que están por debajo de los ECA-III, lo cual no causa ningún problema para el desarrollo de los vegetales y para la bebida de los animales.

Proceso de prueba de hipótesis

Una vez recogido los datos útiles para la investigación, éstos fueron almacenados en las hojas de cálculo en la plataforma del software estadístico SPSS. El estudio estadístico ha consistido en la prueba de normalidad, el cálculo de media, mediana, desviación estándar, rangos y grado de significancia. Los resultados se analizaron estadísticamente por prueba de muestras relacionadas de *T - Wilcoxon*, con un grado de significancia $\alpha=0,05$. El resultado para (*t*) es menor al grado de significancia.

Tabla 7*Resumen de procesamiento de casos de las muestras AA-001 y AB-001*

	Resumen de procesamiento de casos					
	Válido		Casos Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
DIFERENCIA	11	100,0%	0	0,0%	11	100,0%
M1	11	100,0%	0	0,0%	11	100,0%
M2	11	100,0%	0	0,0%	11	100,0%

La tabla 7 nos indica que los casos válidos son el 100% tanto para las estaciones AA – 001 (aguas arriba) y AB – 001 (aguas abajo), del punto de descarga del pasivo ambiental minero Condorguachana en el río Michiquillay – La Encañada, de tal manera que no hubo datos perdidos.

Tabla 8*Resumen de descriptivos de las muestras AA-001, AB-001 y diferencia*

		Descriptivos		
			Estadístico	Error estándar
DIFERENCIA	Media		-7,7875	7,24934
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	-23,9401	
		Límite superior	8,3650	
	Media recortada al 5%		-4,2862	
	Mediana		,0000	
	Varianza		578,082	
	Desviación estándar		24,04334	
	Mínimo		-80,10	
	Máximo		1,50	
	Rango		81,60	
	Rango intercuartil		1,60	
M1	Media		8,5296	5,38608

	95% de intervalo de	Límite inferior	-3,4714	
	confianza para la media	Límite superior	20,5305	
	Media recortada al 5%		6,1995	
	Mediana		,0643	
	Varianza		319,108	
	Desviación estándar		17,86361	
	Mínimo		,00	
	Máximo		59,00	
	Rango		59,00	
	Rango intercuartil		7,61	
M2	Media		22,3126	19,66224
	95% de intervalo de	Límite inferior	-21,4976	
	confianza para la media	Límite superior	66,1228	
	Media recortada al 5%		12,6529	
	Mediana		,0638	
	Varianza		4252,640	
	Desviación estándar		65,21227	
	Mínimo		,00	
	Máximo		218,50	
	Rango		218,50	
	Rango intercuartil		6,77	

La tabla 8 nos indica que la mediana en la estación AA – 001 ($M1 = ,0643$) (aguas arriba) es prácticamente la misma que en la estación AB – 001 ($M2 = ,0638$) (aguas abajo), del punto de descarga del pasivo ambiental minero Condorguachana en el río Michiquillay – La Encañada, esto significa que la descarga no tiene efectos negativos que puedan alterar la calidad del agua del río Michiquillay.

Tabla 9*Prueba de normalidad de las muestras AA-001, AB-001 y diferencia*

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
DIFERENCIA	,452	11	,000	,396	11	,000
M1	,339	11	,001	,564	11	,000
M2	,466	11	,000	,393	11	,000

a. Corrección de significación de Lilliefors

La tabla 9 muestra que el grado de significancia (Sig.), es decir, el p valor es menor que 0.05 ($p < 0.05$), lo que indica que no siguen una distribución normal, por lo tanto se tiene que aplicar pruebas no paramétricas, y por el número de muestras (< de 50) se considera la prueba de Shapiro - Wilk.

Tabla 10*Prueba de contraste de hipótesis – Rangos con signo de Wilcoxon*

Resumen de contrastes de hipótesis			
Hipótesis nula	Prueba	ig. ^{a,b}	Decisión
La mediana de diferencias entre M1 y M2 es igual a 0.	Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas	,859	Conserve la hipótesis nula.

a. El nivel de significación es de .050.

b. Se muestra la significancia asintótica.

Estadísticos de prueba.

	M2 - M1
Z	-,178 ^b
Sig. asintótica (bilateral)	,859

a. Prueba de Wilcoxon de los rangos con signo

b. Se basa en rangos positivos.

Decisión: Existe evidencia estadística suficiente para conservar la hipótesis nula, es decir, que la mediana de las diferencias es igual a cero (0); lo que significa que entre los valores de los parámetros estudiados antes y después del punto de descarga no existe diferencia.

H₁: La descarga de agua del pasivo ambiental minero Condorguachana impacta de manera negativa el agua del río Michiquillay, La Encañada, 2021.

H₀: La descarga de agua del pasivo ambiental minero Condorguachana no impacta de manera negativa el agua del río Michiquillay, La Encañada, 2021.

La tabla 10 muestra la descripción de la prueba de hipótesis de la presente investigación se desarrolló con la prueba estadística *Rangos con signo de Wilcoxon*. Después de aplicar la correspondiente prueba de hipótesis, en la significancia bilateral (*Sig.*) se obtuvo un valor de 0,859, valor que muestra la aceptación de la hipótesis nula (H_0). Por lo tanto, La descarga de agua del pasivo ambiental minero Condorguachana no impacta de manera negativa el agua del río Michiquillay, La Encañada, 2021.

Discusión

Para el caso del manganeso en nuestra investigación tiene de 0,050mg/L valor que se contradice con Hayman, C. (2020), tuvo por objetivo determinar la presencia de metales tóxicos níquel, cadmio, cobre, manganeso, plomo y cianuro, y el impacto en la calidad del agua del río Pilaló, determinó concentración lo presenta el Mn con un 0.0717 mg/L; así, demostrando que los niveles de concentración de metales tóxicos son bajos. Estos hallazgos, se contradicen con los determinados por Cervantes, J. & Quito, S. (2020), que estimaron el nivel de riesgo ambiental para los PAMs en la calidad de agua superficial de la localidad de San Miguel de Viso, quienes indicaron riesgos moderados y significativos para la calidad del agua superficial.

Respecto a la gran mayoría de metales tóxicos estudiados en la presente investigación, se determinó que tienen concentraciones muy bajas, lo que significa que no representan riesgo o peligros para la calidad del agua superficial, hallazgos que coinciden con Villanueva, J. (2020), cuya investigación tiene por objetivo determinar el impacto ambiental en las aguas del río Porcón Bajo producido por las descargas de efluentes mineros, concluye que hay impacto y no contaminación en las aguas del río Porcón Bajo que exceda los ECA establecido por el MINAM, ECAS categoría I y categoría III. Sin embargo, Quinto, R. (2021), su investigación tuvo como fin identificar los impactos de los pasivos ambientales mineros mediante la teledetección, se realizó un proceso y análisis mediante el ArcGis y ENVI con datos proporcionados por el satélite LANDSAT y el Servicio Geológico de los Estados Unidos; los resultados mostraron que los pasivos ambientales que afectan a cuerpos de agua son un total de 1341.9 Ha. Así también Jara, G.

(2021), en su investigación sobre la caracterización del drenaje ácido de la mina Ancush Tranka y su impacto al río Loco, determinando que las concentraciones de arsénico, cadmio, cromo, mercurio y plomo superan los ECA categoría 3. Lo que se condice con Soloisolo (2022), cuyo objetivo fue cuantificar los niveles de plomo y mercurio en agua del río Llallimayo durante el proceso de cierre de la mina Arasi, Los resultados mostraron una concentraciones de plomo en los puntos 1, 2, 3, 4 y 5 de: 1.416, 1.918, 1.486, 1.124, 0.540 mg/L; los valores de mercurio fueron de 0.1860, 0.2640, 0.1360, 0.2600, 0.1420 mg/L. Concluyendo así que los niveles de plomo y cadmio exceden los valores máximos permisibles.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones:

- Se realizó la evaluación de la descarga de agua del pasivo ambiental minero Condorguachana en el río Michiquillay - La Encañada, 2021, logrando determinar que no impacta de manera negativa la calidad del agua del río Michiquillay.
- Se determinó los valores de los siguientes parámetros en promedio: pH = 6,86 Und pH; conductividad eléctrica = 138,75 $\mu\text{S}/\text{cm}$; temperatura = 20,23 °C; turbidez = 7,18 NTU; Cd = 0,00027 mg/L; Cr = <0,0003 mg/L; Cu = 0,3555 mg/L; Fe = 0,6022 mg/L; Hg = 0,00009 mg/L; Mn = 0,050 mg/L y Pb = 0,006 mg/L
- Al realizar la comparación de los valores obtenidos de los parámetros fisicoquímicos y metales tóxicos con las concentraciones de los parámetros establecidos en el DS N. ° 004-2017-MINAM - categoría 3, solamente superó dicha normativa el Cu = 0,3555 mg/L lo cual indica que las muestras se encuentran por encima de la sub categoría D1, pero por debajo de la D2, lo que quiere decir que no hay problemas para que los animales la beban, pero no es apta para el riego de vegetales.

Sugerencias:

- Se sugiere a docentes investigadores, pre graduado y postgraduado continuar con las investigaciones sobre el impacto de los pasivos ambientales.
- A las autoridades continuar con los monitoreos participativos.

BIBLIOGRAFÍA

- Bruguera, N., Gallardo, D., & Díaz, J. (2020). Los pasivos ambientales: el cambio de paradigma conceptual desde el contexto de Cuba. *Avances*, 22(3), 469-490. Obtenido de <http://www.ciget.pinar.cu/ojs/index.php/publicaciones/article/view/564/1627>
- Castillo, L., Satalaya, C., Paredes, Ú., Encalada, M., Zamora, J., & Cuadros, M. (2021). PASIVOS AMBIENTALES MINEROS EN EL PERÚ: Resultados de la auditoría de la auditoría de desempeño sobre gobernanza para el manejo integral de los PAM. *Documento de Política en Control Gubernamental*.
- Cervantes, J., & Quito, S. (2020). Evaluación de riesgo ambiental generado por pasivo ambiental minero en la calidad de agua superficial. *Natura@economía*, 5(1), 1-14.
- Chappuis, M. (2019). Remediación y activación de pasivos ambientales mineros (PAM) en el Perú. *Medio Ambiente y Desarrollo*(168).
- Guzmán, F., Arranz, J., Smoll, L., Collahuazo, L., Calderón, E., Otero, O., & Arceo, F. (2020). Manual para el Inventario de Minas Abandonadas o Paralizadas. *Pasivos Ambientales Mineros*, 8. Obtenido de <https://asgmi.org/wp-content/uploads/2020/06/Manual-Inventario-PAM-y-Anexos.pdf>
- Hayman, C. (2020). *Metales Pesados (Ni, Cd, Cu, Mn, Pb) en minería abandonada y su impacto en la calidad de agua del río Pilaló, 2019*. Quevedo-Ecuador: Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/6287/1/T-UTEQ-040.pdf>

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. (2014). *Metodología de la investigación*. México D.F.: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.

Jara, G. (2021). *Caracterización del drenaje ácido de la mina Ancush Tranka y su impacto al Río Loco-Pamparomas, 2020*. Huaraz-Perú: Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo.

Ministerio de Energía y Minas. (s.f.). *GUÍA PARA LA ELABORACIÓN DE PLANES DE CIERRE DE PASIVOS AMBIENTALES MINEROS*. Lima-Perú: Dirección General de Asuntos Ambientales Mineros.

Ministerio del Ambiente. (7 de junio de 2017). Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. *El Peruano*.

Quinto Cáceres, R. (2021). *Identificación de Impactos de Pasivos Ambientales Mineros Mediante la Teledetección en el Distrito de Ananea, Provincia de San Antonio de Putina-Puno*. Puno-Perú: Universidad Nacional del Altiplano.

Quispe, C. (2019). *EVALUACIÓN DE PASIVOS AMBIENTALES MINEROS EN MESA DE PLATA RÍO HUALGAYOC - CAJAMARCA*. Cajamarca - Perú.

Rojas, J., Picado, F., Suárez, A., Van Gestel, C., Golcher, C., & Durán, G. (2022). Pasivo ambiental minero: una fuente potencial de contaminación por metales para los ecosistemas de agua dulce en Costa Rica. *Revista Geográfica de América Central*, 329-352.

Soloisolo, D. (2022). *Niveles de plomo y mercurio en agua de la cuenca Llallimayo durante el proceso de cierre de la mina Arasi S.A.C.-Región Puno*. Perú: Universidad Nacional del Altiplano.

Sotomayor, A. (s.f). *Remediación de Pasivos Ambientales Mineros como Estrategia para el Cuidado del Ambiente*. Universidad de Lima, Lima, Perú.

Villanueva, J. (2020). *IMPACTO AMBIENTAL EN LAS AGUAS DEL RÍO PORCÓN BAJO, PRODUCIDO POR LAS DESCARGAS DE EFLUENTES MINEROS EN LA PARTE ALTA DE LA CUENCA PARA CUMPLIR CON LOS ECAS, CAJAMARCA 2020*.

Universidad Privada del Norte, Cajamarca-Perú. Obtenido de

<https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/26315/Villanueva%20S%c3%a1nchez%2c%20Jhon%20Alex.pdf?sequence=1&isAllowed=y>