

Evaluaciones Ambientales Tempranas (EAT) en el sector energía y minas (2017-2019)

Resúmenes ejecutivos Tomo II

ESTACION DE MONITOREO
M-1
PUNTO: EFLENTE DE MINA SALIDA TRATAMIENTO
COORDENADAS: UTM WGS84
8 838 790 N
308 447 E
Altitud: 4 269 m

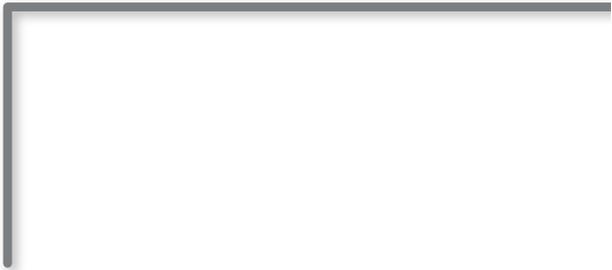
Oefa

Organismo
de Evaluación
y Fiscalización
Ambiental



Evaluaciones Ambientales Tempranas (EAT) en el sector energía y minas (2017-2019)

Resúmenes ejecutivos Tomo II



Oefa

Organismo
de Evaluación
y Fiscalización
Ambiental



Datos de catalogación bibliográfica

OEFA Evaluaciones Ambientales Tempranas (EAT) en el sector energía y minas (2017 – 2019). Tomo II	
Lima: OEFA, 2021 Área: Medio Ambiente Protección ambiental	
I. Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA)	
Formato digital	Páginas: 160

ISBN: 978-612-4341-03-8

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2020-09479

Primera edición digital: enero 2021

Creative Commons  2019 Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental OEFA.
Av. Faustino Sánchez Carrión N°. 603, 607 y 615 Jesús María, Lima, Perú.
Teléfono: (51-1) 204-9900
Webmaster: webmaster@oefa.gob.pe
Sitio web: www.oefa.gob.pe
Síguenos en:



Redacción de resúmenes ejecutivos - Tomo II

Dirección de Evaluación Ambiental (DEAM):

Kilmenia Luna Campos, Cesar Espiritu Limay, Víctor Chama Moscoso, Alfredo Guzmán Caldas, Dany Chunga Benavides, José Pancca Chino, Saul Aldave Agüero, Lisveth Valenzuela Mendoza, Jacqueline Pechuga Melgar y José Maldonado Chalco.

Revisión y coordinación técnica ambiental

Yanina Inga Victorio, Noelia Arenazas Gonzales, Ana María Cortijo Villaverde, Francisco García Aragón.

Diseño de modelos conceptuales

Jacqueline Pechuga Melgar, Fray Yanapa Huaquisto, Richard Félix Tamayo, Cesar Espiritu Limay, Laura Rodríguez Castillo, José Pancca Chino.

Diseño de mapas

Laura Rodríguez Castillo.

Supervisión editorial

Subdirección de Fortalecimiento de Capacidades en Fiscalización Ambiental (SFOR):

Giovana Hurtado Magán.

Revisión de contenidos y edición

Coordinación de Investigación e Innovación para la Fiscalización Ambiental (Cinfa):

Eliana Ames Vega, Pablo Peña Quispe.

Edición de textos, diseño y diagramación

Oficina de Relaciones Institucionales y Atención a la Ciudadanía (ORI).

Revisión de data y actualización en el Portal de Datos Abiertos del OEFA

Coordinación de Sistematización, Estadística y Procesos (CSEP):

Claudia Oscco Gaspar, Jhon Arias Chávez y Eddy Arangoitia Sánchez, Mariela Caballero Del Castillo, Carlos Guillén Pantigozo, Xiomara Mandujano Reyes, Odalys Suarez Balcazar, Michella Brescia Reátegui, Luis Pecho Esteban, Marco Miranda Valiente, David Buendía Montalván, Rosalbina Butrón Loayza, Yulina Peláez Tapia, Mirian Jaimes Santiago.

Índice

Presentación.....	7
Introducción.....	9
Glosario de términos, acrónimos y siglas.....	13
Evaluaciones Ambientales Tempranas (EAT) en el ámbito de influencia de actividades mineras	
1. Evaluación Ambiental Temprana en el área de influencia del proyecto minero El Galeno. Distrito de Sorochuco, provincia de Celendín y distrito de La Encañada, provincia de Cajamarca, departamento de Cajamarca, Perú (2017 - 2018).....	15
2. Evaluación Ambiental Temprana en el área de influencia del proyecto minero Haqira. Distritos de Challhuahuacho y Progreso, provincias de Cotabambas y Grau, departamento de Apurímac, Perú (2019).....	35
3. Evaluación Ambiental Temprana en el área de influencia del proyecto minero La Granja. Distrito de Querecoto, provincia de Chota, departamento de Cajamarca, Perú (2017 - 2018)	55
4. Evaluación Ambiental Temprana en el área de influencia del proyecto minero Los Chancas. Distrito de Tapairihua y Pochuanca, provincia de Aymaraes, departamento de Apurímac, Perú (2018)	77
5. Evaluación Ambiental Temprana en el área de influencia del proyecto minero Quellaveco. Distritos de Torata, Moquegua y Carumas, provincia de Mariscal Nieto, departamento de Moquegua, Perú (2017-2018).....	99
6. Evaluación Ambiental Temprana en el área de influencia de la unidad minera Shahuindo. Distrito de Cachachi, provincia de Cajabamba departamento de Cajamarca, Perú (2017-2018).....	117

7. Evaluación Ambiental Temprana en el área de influencia del proyecto minero Tía María y zonas aledañas.
Distrito de Cocachacra, Dean Valdivia, Punta de Bombón y Mejía, Provincia de, Islay, departamento de Arequipa, Perú (2017)..... 139

Presentación

El Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) ejerce las funciones de evaluación, supervisión, fiscalización y sanción destinadas a asegurar el cumplimiento de las obligaciones ambientales fiscalizables establecidas en la legislación ambiental peruana, así como de los compromisos derivados de los instrumentos de gestión ambiental y de los mandatos o disposiciones emitidos por el OEFA respecto de aquellas actividades en las que tiene competencia de fiscalización ambiental directa.

La función de evaluación, según lo establecido por la Ley del Sinefa¹, comprende las acciones de vigilancia, monitoreo y otras similares que realiza el OEFA para asegurar el cumplimiento de las normas ambientales. Asimismo, la Ley General del Ambiente² señala que la vigilancia y el monitoreo ambiental tienen como fin generar la información que permita orientar la adopción de medidas que aseguren el cumplimiento de los objetivos de la política y normativa ambiental en el Perú. En ese sentido, la función de evaluación incluye acciones de vigilancia, monitoreo y otras acciones similares, tales como estudios especializados, que se desarrollan para asegurar el cumplimiento de las normas ambientales y determinar el estado de la calidad ambiental³.

De acuerdo con el Reglamento de Evaluación, aprobado con Resolución 0013-2020-OEFA/CD, la función de evaluación que desarrolla la Dirección de Evaluación Ambiental es de diversos tipos: la evaluación ambiental temprana, la evaluación ambiental de seguimiento, la evaluación ambiental focal y evaluación ambiental de causalidad. Asimismo, se desarrollan actividades de evaluación en función a la normativa especial del subsector hidrocarburos.

La Evaluación Ambiental Temprana (EAT) se desarrolla cuando no se tiene información sobre la existencia de impactos y permite determinar el estado de la calidad ambiental y contar con un diagnóstico de las causas o efectos de la alteración en un área determinada de estudio, con el objeto de generar información valiosa respecto del estado de los diferentes componentes ambientales para la fiscalización ambiental con un enfoque preventivo.

1 Aprobada mediante Ley N.º 29325 y modificada por Ley N.º 30011 el 25 de abril de 2013.

2 Aprobada mediante Ley N.º 28611 y publicada el 15 de octubre de 2005.

3 Según el Reglamento de Evaluación del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA, aprobado mediante Resolución del Consejo Directivo N.º 00013-2020-OEFA/CD, el 17 de julio de 2020

En efecto, sobre la base de la información generada (en calidad de agua, aire, suelo, sedimentos, comunidades hidrobiológicas, caracterización hidroquímica, contexto geológico, evaluación de flora y fauna silvestre, entre otros) se implementa un sistema de vigilancia ambiental que tiene como finalidad identificar oportunamente cualquier cambio en las características de los componentes ambientales en una determinada zona a través del tiempo.

Los resultados de las EAT contienen información técnica de distintas áreas del territorio peruano, y es importante resaltar su calidad técnica, generada por el equipo de especialistas de la Dirección de Evaluación Ambiental, a cargo del Biólogo Francisco García, y revisada por expertos/as internacionales, como Carlos Angelaccio (Argentina) y Karin Bartl (Alemania), quienes contribuyeron con la mejora de la presentación de resultados y destacaron el excelente trabajo realizado.

A partir de dicha información, el OEFA genera valor compartiendo el Compendio de Resúmenes Ejecutivos de las EAT, el mismo que es difundido en tres tomos, bajo los siguientes títulos:

Tomo I: Resúmenes ejecutivos de evaluaciones ambientales tempranas de ámbitos de influencia de proyectos mineros. (Parte 1)

Tomo II: Resúmenes ejecutivos de evaluaciones ambientales tempranas de ámbitos de influencia de proyectos mineros. (Parte 2)

Tomo III: Resúmenes ejecutivos de evaluaciones ambientales tempranas de ámbitos de influencia de proyectos de energía.

Esperamos que la información, generada de manera oficial, objetiva, oportuna, y a través de este mecanismo participativo, sea de utilidad para el sector público y privado en la toma de decisiones y en especial para la prevención de conflictos socioambientales.

Tessy Torres Sánchez
Presidenta del Consejo Directivo
Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA)

Introducción

Tras alrededor de 50 años¹ de desarrollo de la temática relacionada con la gestión ambiental de grandes proyectos de infraestructura y explotación de recursos renovables y no renovables, y a 33 años de la publicación de *Nuestro Futuro Común*², libro en el que se introduce el concepto de "desarrollo sostenible", han sido innumerables los esfuerzos realizados por organismos internacionales, gobiernos nacionales y locales, instituciones académicas y la sociedad civil por establecer metodologías claras y eficientes para lograr un esquema de desarrollo que permita una identificación objetiva de las consecuencias ambientales de las intervenciones; así como su calificación, cuantificación e internalización por parte de los promotores de esas intervenciones en un marco de neutralidad, transparencia y equidad.

Cuando se celebró la primera Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente en Estocolmo en 1972 solo 11 países en desarrollo contaban con organismos reguladores del medio ambiente, pero en 1979 ya eran 87³ los que habían establecido estas instituciones, y hoy en día prácticamente no existen gobiernos nacionales o locales que no cuenten con organismos sustantivos en materia de ordenamiento ambiental (alentados también por la presión de los organismos multilaterales de crédito y países donantes).

Como correlato de este desarrollo institucional se generaron cuadros normativos más o menos complejos que involucraron diferentes aspectos relacionados con el ordenamiento ambiental. En este sentido se destacan los aspectos normativos relacionados con la modalidad y distribución de responsabilidades en la aplicación de diferentes instrumentos de gestión ambiental, en particular los Estudios de Impacto Ambiental (EIA), y la metodología para su desarrollo y aprobación. Alcanzado este punto, que representa un importante paso hacia adelante, deben quedar expuestas dos cuestiones: la primera es que por más que exista un excelente marco normativo, el mismo nunca es más efectivo que el esfuerzo de aplicación ejercido por parte de las instituciones que detentan el poder de policía; la segunda es quién asume la responsabilidad de la ejecución técnica del EIA.

1 Academia Nacional de Ingeniería de Argentina - Instituto del Ambiente - "Fortalezas y debilidades de las evaluaciones de impacto ambiental (EIAs)", Ing. Osvaldo Postiglioni et al., Julio 2020.2 Aprobada mediante Ley N.º 28611 y publicada el 15 de octubre de 2005.

2 *Our Common Future: Brundtland Report* (en inglés). 20 March 1987. ONU

3 "Impactos ambientales de las actividades forestales", Robert C. Zimmermann, FAO, Roma 1992.

Según opinión de la Environmental Law Alliance Worldwide en su Guía para Evaluar EIAs de Proyectos Mineros⁴, dependiendo del sistema de EIA, la responsabilidad de elaborar un estudio de este tipo puede ser asignada a una de dos partes: la agencia gubernamental o ministerio responsable de la autorización de un proyecto minero o quien propone el proyecto. Si la ley de EIA lo permite, cualquiera de las partes puede optar por contratar a su vez a un consultor para preparar el informe de evaluación del impacto o manejar porciones específicas del proceso de EIA, tales como la participación pública o los estudios técnicos. En la segunda opción subyace un potencial conflicto de intereses.

Algunas leyes de EIA reconocen este conflicto de intereses inherente, que se produce cuando una compañía minera u otro proponente de proyecto realiza por sí o contrata a un consultor para preparar un EIA. Realizar el EIA por parte del desarrollador del proyecto o usar un consultor conlleva el riesgo de que el documento esté sesgado a favor de llevar adelante el proyecto. Si una empresa contrata una consultora, los conflictos pueden surgir si el consultor considera, por ejemplo, que recibirá más trabajo en el futuro en caso de que el proyecto sea aprobado o si los beneficios de las actividades relacionadas al proyecto podrían beneficiarlo. Por último, desde la percepción de la sociedad involucrada, esta situación induce situaciones de desconfianza y pérdida de transparencia.

Un rápido repaso de la normativa internacional en materia de EIA, y muy particularmente en el ámbito regional de América Latina y el Caribe, establece que mayoritariamente las herramientas normativas adoptan la modalidad de derivar la responsabilidad de ejecución de los EIAs a los mismos proponentes de las intervenciones, razón por la cual la evaluación y fiscalización en manos del Estado resulta un imperativo.

Por otra parte, esta función y capacidad evaluadora y fiscalizadora representa sin duda un indicador efectivo de la responsabilidad institucional del organismo sustantivo en materia ambiental, que en el caso que nos convoca se encuentra constituido por el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA).

En este marco de responsabilidad, el OEFA ha desarrollado una serie de instrumentos operativos sistematizados que le permiten ejercer sus funciones sustantivas de cara al amplio abanico de actividades fiscalizables bajo su órbita. Resulta oportuno recordar brevemente que dentro de sus responsabilidades el OEFA cumple con funciones de fiscalización directa, entre las que destacan la función de evaluación (que comprende acciones de vigilancia, monitoreo y otras para prevenir impactos ambientales y determinar responsabilidades en caso de incumplimientos a la normativa ambiental); la función de supervisión directa (que comprende la realización de acciones de seguimiento y verificación y la imposición de medidas administrativas) y la función de fiscalización y sanción (que comprende la facultad de investigar la comisión de infracciones administrativas e imponer sanciones ante incumplimientos derivados de los instrumentos de gestión ambiental y de las normas ambientales) y adicionalmente, comprende la facultad de dictar medidas cautelares y correctivas.

4 Guía Para Evaluar EIAs de Proyectos Mineros, Environmental Law Alliance Worldwide, 1º Edición, Eugene, Oregon USA, Junio 2010.

En los casos que dan origen a la presente publicación, relacionados con el desarrollo de la minería como actividad fiscalizable, entre otras actividades, se aborda específicamente la Evaluación Ambiental Temprana (EAT) que realiza el OEFA en el marco de su función evaluadora⁵. La EAT dispone de una estructura general, racional y probada, para generar información esencial respecto de la calidad y el estado de los diferentes componentes ambientales, promoviendo la participación ciudadana con enfoque de género e interculturalidad.

La EAT es un tipo de evaluación ambiental realizada en el área de influencia de actividades fiscalizables, se efectúa de manera previa al inicio de operaciones, permitiendo conocer el estado de la calidad ambiental e identificando posibles fuentes contaminantes ajenas a la actividad bajo estudio y derivadas de otros orígenes naturales o antrópicos. Esta es una cuestión central de la EAT, dada la ancestral vocación minera del Perú que ha impactado extensas zonas de su geografía desde tiempos remotos, generando pasivos ambientales mineros que no se asocian con las nuevas actividades fiscalizadas.

Otra cuestión relevante de la EAT es que la misma representa una actividad sistematizada, en la que las acciones de monitoreo y estudios especializados se realizan de manera consistente, tanto en términos estacionales como en relación a los componentes ambientales evaluados (para el caso de actividad minera: agua, sedimentos, calidad del aire y ruido, flora, fauna, hidrobiología, suelos, geoquímica y prospección geofísica).

Como valor agregado, sobre la información generada en la EAT y particularmente sobre los hallazgos sensibles, se implementan sistemas de vigilancia ambiental, con el objeto de identificar oportunamente cualquier cambio en las características de los componentes ambientales en una determinada zona a través del tiempo.

Del mismo modo, la EAT promueve mecanismos de participación ciudadana, a través de los cuales la sociedad interviene en las acciones de evaluación ambiental y monitoreo participativo que promueve el OEFA ajustándose al Reglamento de participación ciudadana en las acciones de monitoreo ambiental, aprobado por RCD N° 032-2014-OEFA/CD y su modificatoria aprobada por RCD N° 002-2016-OEFA/CD.

La EAT permite una fiscalización ambiental efectiva a través de un mecanismo circular para coordinar acciones con diferentes entidades de fiscalización ambiental, la ciudadanía y los administrados; generar información objetiva, oportuna y oficial; prevenir y gestionar conflictos socioambientales y generar confianza entre los involucrados en el proceso.

Para ejemplificar los conceptos que dan origen al instrumento de fiscalización conocido como EAT, se presentan en esta publicación virtual seis estudios de caso para actividades mineras de diferente magnitud y tipología, pero que obedecen a la metodología sistematizada someramente expuesta más arriba.

5 "Cuidando el ambiente - La Evaluación Ambiental Temprana - EAT para la vigilancia ambiental", Serie "OEFA para todos" N° 3, Primera edición: Marzo del 2018

Como elementos distintivos de estas EAT vale la pena resaltar los siguientes aspectos:

- Los mismos resultan sistemáticos en las aplicaciones analizadas para el tipo de actividad regulada considerada (minería).
- Se han desarrollado respetando el concepto de participación ciudadana y muestreo participativo.
- Se han definido de manera consistente los objetivos buscados.
- Todos han sido realizados por equipos interdisciplinarios de amplio espectro temático y experiencia.
- Se han ejecutado teniendo en consideración el comportamiento estacional de los componentes ambientales evaluados.
- Se incorpora una descripción de antecedentes con una clara línea de tiempo que permite entender la evolución del proyecto, en muchos casos compleja.
- Integra con detalle los colectivos sociales ubicados en el área de influencia del proyecto.
- Presenta los resultados de manera detallada, pero a su vez integrando un modelo conceptual de la respuesta ambiental del área de estudio que permite inferir de manera sencilla las relaciones causa efecto de los componentes ambientales analizados.

Por último, de la lectura de los estudios de caso, podrá inferirse cómo la herramienta EAT constituye un esfuerzo de interpretación del medio, muestreo e interpretación de resultados que definen, con un uso inteligente de los recursos materiales y humanos, un estado de conocimiento que permite interpretar la situación de calidad ambiental real del medio a ser intervenido, dejando claramente establecidas las "banderas rojas" que demandarán un sistema de vigilancia ambiental a futuro para intervenir de manera preventiva ante potenciales disrupciones del sistema ambiental.

Carlos Angelaccio

Asesor técnico regional para proyectos ambientales y de infraestructura
Oficina de las Naciones Unidas de Servicios para Proyectos (UNOPS)

Glosario de términos, acrónimos y siglas

AAQC:	Criterios de Calidad del Aire Ambiente (Ambient Air Quality Criteria en inglés)
ABI:	Índice Biótico Andino (Andean Biotic Index en inglés)
ANA:	Autoridad Nacional del Agua
CC:	Comunidad campesina
CCME:	Consejo de Ministros de Medio Ambiente de Canadá (Canadian Council of Minister of the Enviromental en inglés)
CD:	Consejo Directivo
CEQG:	Lineamientos Canadienses de Calidad Ambiental (Canadian Environmental Quality Guidelines en inglés)
CGN:	Carta Geológica Nacional
Cites:	Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres
CMS:	Convención sobre las Especies Migratorias (Convention on the Conservation of Migratory Species of Wild Animals en inglés)
DD:	Datos insuficientes
DEAM:	Dirección de Evaluación Ambiental
DAR:	Drenaje Ácido de Roca
Dgaam:	Dirección General de Asuntos Ambientales Mineros
DIA:	Declaración de Impacto Ambiental
Digesa:	Dirección general de Salud Ambiental
E:	Este
EA:	Evaluaciones Ambientales
EAT:	Evaluación ambiental temprana
ECA:	Estándar de Calidad Ambiental
EIASd:	Estudio de Impacto Ambiental semidetallado
EPA:	Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (Enviromental Protection Agency en inglés)
GORE:	Gobierno Regional
IGA:	Instrumentos de Gestión Ambiental
INCA:	Índice de Calidad de Aire
ISQG:	Lineamiento Provisionales de Calidad de Sedimentos (Interim Sediment Quality Guideline en inglés)
ITS:	Informe(s) Técnico(s) Sustentatorio(s)
IUCN:	Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza
LGA:	Ley General de Aguas

MEM:	Ministerio de Energía y Minas
Minam:	Ministerio del Ambiente
Minagri:	Ministerio de Agricultura
NMDS:	Escalamiento multidimensional no métrico (Non-metric multidimensional scaling en inglés)
NTP:	Norma Técnica Peruana
N:	Norte
NO:	Noroeste
O:	Oeste
OEFA:	Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental
PCM:	Presidencia del Consejo de Ministros
PEA:	Plan de Evaluación Ambiental
PEL:	Nivel de efecto probable (Probable Effect Level en inglés)
Planefa:	Plan Anual de Evaluación y Fiscalización Ambiental
POG:	Puntos de Observación Geológica
S:	Sur
S.A.C:	Sociedad Anónima Cerrada
SE:	Sureste
Sernanp:	Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado
SQGF:	Lineamientos para la calidad de sedimentos para agua dulce (Sediment Quality Guideline for Freshwater en inglés)
STEC:	Subdirección Técnica Científica
SOP:	Procedimiento Operativo Estándar (Standard Operating Procedure en inglés)
Unmsm:	Universidad Nacional Mayor de San Marcos
VU:	Vulnerable

Evaluación Ambiental Temprana en el área de influencia del proyecto minero El Galeno.

Distrito de Sorochuco, provincia de Celendín y distrito de La Encañada, provincia de Cajamarca, departamento de Cajamarca, Perú (2017 - 2018)

Resumen

El Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA), en el marco del principio preventivo de la función de evaluación, realizó una Evaluación Ambiental Temprana (EAT) con participación ciudadana en el área de influencia del proyecto de exploración minera El Galeno, ubicado en la región intermontañosa del norte de los Andes del Perú, en el departamento de Cajamarca; el cual se desarrolla en las concesiones El Galeno, El Galeno I, El Galeno 10, El Galeno 11, Tiranosaurio 9 y El Molino, en las que se pretende explotar cobre, oro y molibdeno en un área total de 553.20 hectáreas.

El área de estudio se definió a partir de la agrupación de microcuencas ubicadas en las quebradas Milpo, Yanacocha, Kerosene y La Chorrera, con el objetivo de evaluar la calidad ambiental en el área de influencia del proyecto El Galeno en los siguientes componentes ambientales: agua superficial, afloramientos, sedimentos, comunidades hidrobiológicas, flora y fauna silvestre. Se evaluaron 59 puntos de muestreo de agua superficial (quebradas y lagunas), 75 puntos de afloramientos de agua subterránea, 16 puntos de muestreo de sedimentos en lagunas y 57 puntos de muestreo de comunidades hidrobiológicas en quebradas y lagunas. Asimismo, para la evaluación de flora silvestre se establecieron transectos de muestreo en superficies de cobertura vegetal típica del área de estudio y en ecosistemas frágiles. En cuanto a la fauna silvestre, la ubicación de los puntos de evaluación fue establecida en los ecosistemas frágiles como bofedales, lagunas y bosques de *Polylepis*; y en hábitats asociados (pajonal, césped, quebrada y roquedal).

Entre los principales resultados, 10 parámetros incumplieron los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua del 2015 y 2017, y seis parámetros superaron los valores de la norma canadiense para sedimentos. Además, se evaluó a las comunidades hidrobiológicas (zooplankton, fitoplancton, perifiton y macroinvertebrados bentónicos), al estado trófico de las lagunas, a las especies de flora y fauna silvestre; y se identificó a las especies que se encuentran en alguna categoría de protección o amenaza.

Palabras clave: minería, Evaluación Ambiental Temprana, comunidades hidrobiológicas, flora silvestre, fauna silvestre.

Abstract

The Environmental Assessment and Enforcement Agency (OEFA, for its acronym in Spanish) within the framework of the preventive principle of the evaluative function, carried out an Early Environmental Assessment (EAT, for its acronym in Spanish) with citizen participation in the area of influence of the El Galeno mining exploration project, located in the inter-mountainous region of the north of the Andes of Peru, in the department of Cajamarca; which is developed in the El Galeno, El Galeno I, El Galeno 10, El Galeno 11, Tiranosaurio 9 and El Molino concessions, and in which it is intended to exploit copper, gold and molybdenum in a total area of 553,20 ha.

The study area was defined from the grouping of micro-basins located in the Milpo, Yanacocha, Kerosene and La Chorrera streams. The objective was to evaluate the

environmental quality in the area of influence of El Galeno project in the following environmental components: surface water, outcrops, sediments, hydrobiological communities, flora and wild fauna. 59 surface water sampling points (streams and lagoons), 75 groundwater outcropping points, 16 lagoon sediment sampling points and 57 sampling points of hydrobiological communities in streams and lagoons were evaluated. Likewise, for the evaluation of wild flora, sampling transects were established in typical vegetation cover surfaces of the study area and in fragile ecosystems. Regarding wildlife, the location of the evaluation points was established in fragile ecosystems such as wetlands, lagoons and Polylepis forests; and in associated habitats (pajonal, lawn, creek and rocky area).

Among the main results, 10 parameters exceeded the Environmental Quality Standards (ECA, for its acronym in Spanish) for water of 2015 and 2017, and six parameters exceeded the Canadian Environmental Quality Guidelines to sediments. In addition, the hydrobiological communities (zooplankton, phytoplankton, periphyton and benthic macroinvertebrates), the trophic status of the lagoons, and the species of wild flora and fauna were evaluated and the species that are in some category of protection or threat were identified.

Keywords: mining, Early Environmental Assessment, hydrobiological communities, wild flora, wild fauna.

Equipo a cargo del estudio

Profesión	Equipo técnico
Biología	García Aragón, Francisco; Valenzuela Mendoza, Lisveth; Crespo More, Segundo; Guzmán Caldas, Alfredo; Cáceres Muña, Alex; Chama Moscoso, Víctor; Escobedo Torres, Mario
Ingeniería Ambiental	Ocas Rumay, Heber
Química	Espíritu Limay, César
Ingeniería Química	Fajardo Vargas, Lázaro; Ancco Pichuilla, Luis

Objetivo

Evaluar la calidad ambiental en el área de influencia del proyecto minero El Galeno durante el 2017 y 2018 para orientar el ejercicio de la fiscalización ambiental y la prevención de impactos ambientales negativos.

Antecedentes

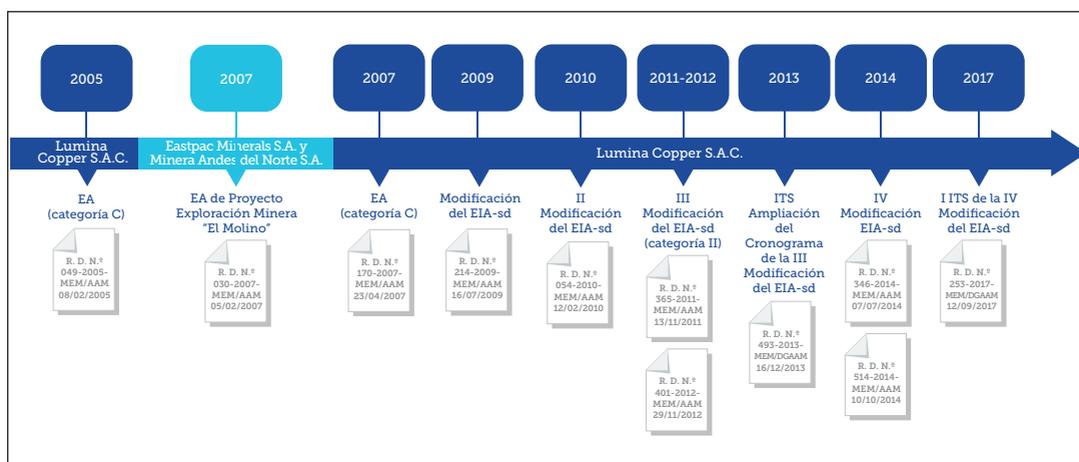
Para conocer la calidad ambiental del área de influencia del proyecto de exploración minera El Galeno (en adelante, proyecto El Galeno) se realizó una recopilación y revisión de la información ambiental existente en el área de influencia del mencionado proyecto. Las actividades de exploración minera se iniciaron en el año

2005 con la aprobación de la Evaluación Ambiental categoría C a favor de Lumina Copper S.A.C. y en el año 2009 se aprobó la modificación del Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado (EIA-sd) de dicho proyecto a favor del mismo titular.

Posteriormente, han sido aprobados otros Instrumentos de Gestión Ambiental (IGA) relacionados a los diferentes componentes del proyecto o concesiones, como El Molino. El último IGA aprobado fue el primer Informe Técnico Sustentatorio (ITS) de la IV modificación del EIA-sd de las actividades de exploración minera en el 2017¹.

Figura 1

Cronología de antecedentes de la EAT en el área de influencia del proyecto El Galeno.



Aspectos sociales

La EAT en el área de influencia del proyecto El Galeno contempló la participación ciudadana considerando lo establecido en el Reglamento de participación ciudadana aprobado por el OEFA. Las siete etapas² contaron con la participación de representantes del titular del proyecto, autoridades y la ciudadanía del centro poblado La Chorrera y de los caseríos de Santa Rosa de Milpo, El Punre, Chamcas y Guagayoc, entre otras instituciones y público en general.

En la Figura 2 se detalla la información sobre el desarrollo de las siete etapas, incluyendo la visita de reconocimiento social y el inventario de afloramientos de agua subterránea, etapa que no está tipificada en el reglamento.

1 Aprobado mediante Resolución Directoral N° 253-2017-MEM-DGAAM el 12 de setiembre del 2017.

2 Etapa 1: Coordinación previa con los/as agentes involucrados/as; Etapa 2: Convocatoria; Etapa 3: Inscripción en los programas de inducción; Etapa 4: Realización de la inducción; Etapa 5: Taller para la presentación de la propuesta del plan; Etapa 6: Ejecución del monitoreo, Etapa 7: Presentación de resultados.

Figura 2

Etapas de la participación ciudadana en la EAT realizada por el OEFA.



En la visita de reconocimiento se desarrolló el trabajo social y técnico que permite identificar los centros poblados, caseríos y comunidades. Se realizaron dos visitas de reconocimiento: la primera se desarrolló del 2 al 7 de octubre del 2017, para el reconocimiento social, la identificación de los principales cuerpos de agua superficiales (quebradas y lagunas) y de algunos cuerpos de agua subterráneos; y la segunda se desarrolló del 7 al 14 de febrero del 2018, para realizar un inventario de afloramientos de agua subterránea.

La coordinación previa con los/as agentes involucrados/as (Etapa 1), convocatoria (Etapa 2) e inscripción a los programas de inducción (Etapa 3) se desarrollaron del 2 al 7 de octubre del 2017, y en ellas se realizaron reuniones de coordinación previa con los/as representantes de los centros poblados y caseríos considerados dentro del área de influencia del proyecto El Galeno. Además, se realizó la convocatoria e inscripción a los programas de inducción para la ejecución de la evaluación ambiental. Del 7 al 14 de febrero del 2018 se realizaron reuniones de coordinación (Etapa 1) con las autoridades. Asimismo, se definieron las fechas y lugares para la presentación de los resultados de la evaluación realizada a finales de octubre del 2017 y las autoridades de cada caserío designaron personal que apoyaría en el inventario de afloramientos de agua subterránea y ejecución de la evaluación ambiental en marzo del 2018.

La inducción (Etapa 4) y el taller para la presentación de la propuesta de la EAT (Etapa 5) se desarrollaron del 24 al 26 de octubre del 2017. En ellos se informó acerca de las funciones y competencias del OEFA, el proceso de la fiscalización ambiental y los alcances del reglamento que regula la participación ciudadana en las acciones de la EAT.

La primera ejecución de la EAT (Etapa 6) se realizó del 24 al 31 de octubre del 2017; mientras que la segunda fue ejecutada del 10 al 25 de marzo del 2018. En ambas evaluaciones se colectaron muestras de agua (superficial y subterránea), sedimentos y comunidades hidrobiológicas. Por otro lado, la evaluación de la flora y fauna silvestre se desarrolló del 7 al 20 de febrero del 2018.

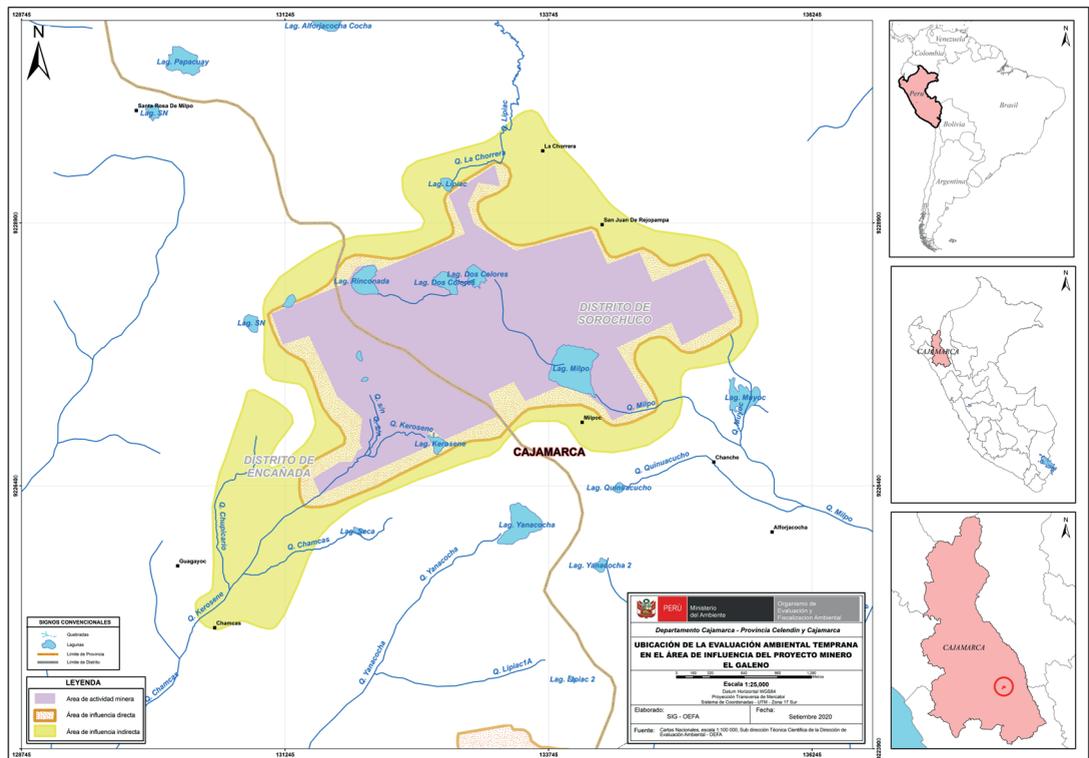
Finalmente, el taller de presentación de resultados preliminares (Etapa 7) se realizó entre el 14 y el 16 de marzo del 2018, mediante talleres programados previamente con los/as agentes sociales de cada caserío y del centro poblado La Chorrera. La presentación de resultados de la EAT se realizó entre el 19 y el 26 de enero del 2020.

Área de estudio

El área de estudio involucró a las concesiones del proyecto El Galeno, las cuales se encuentran a altitudes que varían entre los 3,800 y 4,200 m.s.n.m. Políticamente, se ubica en el distrito de Sorochuco, en la provincia de Celendín; y en el distrito de La Encañada, en la provincia de Cajamarca; ambos ubicados en el departamento de Cajamarca. El referido proyecto se encuentra en la cabecera de las cuencas hidrográficas Crisnejas (U.H. 49898) y Alto Marañón IV (U.H. 49897), que a su vez comprenden las subcuencas de los ríos Chonta y Sendamal. Estos ríos son afluentes, por la margen izquierda, del río Marañón, y descargan en la vertiente del Atlántico.

Figura 3

Área de estudio de la EAT en el área de influencia del proyecto El Galeno.



En el área de estudio, las temporadas seca y húmeda están claramente definidas. El patrón de precipitación indica que la temporada húmeda se inicia en octubre, y los niveles de precipitación se incrementan hasta marzo. En abril, las precipitaciones empiezan a ser menos frecuentes, y se inicia la temporada seca, la que se prolonga hasta setiembre. Respecto al uso actual de la tierra, existe una predominancia de los pastos naturales y las laderas desérticas, seguida por los humedales y extensiones muy reducidas de tierras de cultivo, sembradas con papas, ocas y ollucos. Estos suelos, según la clasificación de tierras por uso mayor, corresponden a tierras de protección y pastoreo.

Para fines prácticos, el área de estudio se agrupó por microcuencas, tomando en cuenta el área de influencia y las concesiones del proyecto El Galeno. Las microcuencas evaluadas fueron:

- **Milpo:** conformada por las quebradas Milpo, Quinuacucho, Muyoc y Punre; por las lagunas La Rinconada, Dos Colores, Milpo y Muyoc; y por los afloramientos ubicados en los caseríos Santa Rosa de Milpo y El Punre.
- **Yanacocha:** conformada por las quebradas Yanacocha y Lipiac-A; por la laguna Yanacocha; y por los afloramientos ubicados en el caserío Chamcas.
- **Kerosene:** conformada por los afloramientos ubicados en los caseríos Chamcas y Guagayoc; por las quebradas Kerosene, Chupicario y Chamcas; y por las lagunas Kerosene y Seca.
- **La Chorrera:** conformada por los afloramientos ubicados en el caserío San Lorenzo de Lipiac y en el centro poblado La Chorrera; por las quebradas Lipiac y Papacuay; y por la laguna Lipiac.

Período de estudio

La EAT se llevó a cabo entre octubre del 2017 y enero del 2020, en concordancia con lo establecido en el Reglamento de participación ciudadana de las acciones del monitoreo ambiental a cargo del OEFA³. En el marco de la etapa seis de dicho reglamento, la ejecución de la EAT contempló dos evaluaciones; la primera en octubre del 2017, periodo en el que se registraron precipitaciones de 66.36 mm/mes⁴ (inicio de la temporada húmeda o lluvias)⁵; y la segunda en marzo del 2018, periodo en el que se registraron precipitaciones de 118.78 mm/mes (temporada húmeda o lluvias de máxima intensidad).

Metodología

Para la evaluación del agua superficial se tomaron en cuenta los lineamientos establecidos en el Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales⁶. En cuanto a la evaluación del agua subterránea, se tomaron como referencia los lineamientos establecidos en el Manual de buenas prácticas en la investigación de sitios contaminados, muestreo de aguas subterráneas estadounidense⁷ y lo indicado por el laboratorio acreditado por el Instituto Nacional de Calidad (Inacal). Se evaluaron 59 puntos de muestreo de agua superficial (en quebradas y lagunas) y 75 puntos de afloramientos de agua subterránea, y se contó con el aseguramiento de calidad para el parámetro metales totales. Los resultados

3 Aprobado mediante Resolución de Consejo Directivo N° 032-2014-OEFA/CD el 2 de setiembre del 2014 y su modificatoria mediante Resolución de Consejo Directivo N° 003-2016-OEFA/CD del 27 de febrero del 2016.

4 Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (Senamhi). Climograma anual (información de la temperatura y precipitaciones) 2017-2018 para Cajamarca. <https://www.senamhi.gob.pe/?p=pronostico-detalle-turistico&localidad=0011>.

5 Tomado del primer ITS de la IV Modificación del EIA-sd.

6 Aprobado mediante Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA, el 11 de enero del 2016.

7 National Field Manual for the Collection of Water-Quality Data, de la U.S. Geological Survey (USGS), 2015.

se compararon con los ECA para agua del 2015 y 2017 y se realizaron estudios específicos (relaciones iónicas, hidroquímica, geoquímica, equilibrio químico, análisis multivariado y temporalidad).

En la evaluación de sedimentos se tomaron en cuenta los lineamientos establecidos en el manual técnico Métodos para colección, almacenamiento y manipulación de sedimento para análisis químicos y toxicológicos (EPA, 2001) y el Procedimiento de Operación Estándar, muestreo de sedimento (EPA, 2003) de Estados Unidos. Se evaluaron 16 puntos de muestreo en lagunas y se contó con el aseguramiento de calidad para el parámetro metales totales. Los resultados se compararon referencialmente según los criterios de evaluación considerados mediante gráficos de líneas, barras y/o cajas. Además, se emplearon estudios estadísticos descriptivos, multivariados y de detección de valores atípicos (*outliers*).

La metodología aplicada para la evaluación de las comunidades hidrobiológicas tuvo como base la guía Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú (Unmsm, 2014)⁸. Esta evaluación consistió en la caracterización de las estructuras comunitarias del plancton (fitoplancton y zooplancton), perifiton (ficoperifiton y zooperifiton) y macroinvertebrados bentónicos. Los resultados se compararon con los IGA del proyecto El Galeno y se calculó la calidad ecológica de las quebradas a través de las variables hidromorfológicas y la presencia de macroinvertebrados bentónicos, el índice de estado trófico⁹ de las lagunas en base a la concentración de clorofila, fósforo total y nitrógeno total, el cual varía entre 0 y 100; y el análisis multivariado y de temporalidad para identificar la influencia de los metales sobre las comunidades hidrobiológicas y su variación en el tiempo.

Para la evaluación de flora silvestre se consideraron los lineamientos establecidos en la Guía de inventario de la flora y vegetación publicada por el Ministerio del Ambiente (Minam)¹⁰. Asimismo, se utilizó la metodología de transectos denominada "punto de intersección", establecida en el Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal de Bolivia (Bolfor, 2000). Los transectos de muestreo fueron ubicados en superficies de cobertura vegetal típica del área de estudio y en las zonas seleccionadas, las cuales fueron denominadas ecosistemas frágiles. Se evaluaron en total 44 transectos, de los cuales 11 están ubicados en bofedales, cinco en pajonales, nueve en roquedales, 15 en formaciones vegetales asociadas a lagunas, dos en bosques de *Polylepis* y dos en césped (de 316 puntos/cuadrantes referenciales). Se determinaron los indicadores biológicos, especies endémicas y de interés para la conservación.

Para la evaluación de la fauna silvestre (anfibios, reptiles, aves y mamíferos) se consideraron los lineamientos establecidos principalmente en la Guía de inventario de la fauna silvestre publicada y aprobada por el Minam¹¹. La ubicación de los puntos

8 Universidad Nacional Mayor de San Marcos. 2014. Departamento de Limnología y Departamento de Ictiología, Lima. Ministerio del Ambiente 75 p.

9 Índice propuesto por Carlson (1977), el cual varía entre 0 y 100; es decir, de oligotrófico (escasa cantidad de sustancias nutritivas) a hipereutrófico (abundante cantidad de sustancias nutritivas).

10 Aprobado mediante Resolución Ministerial N° 059-2015-MINAM, el 21 de marzo del 2015.

11 Aprobado mediante Resolución Ministerial N.º 057-2015-MINAM, el 21 de marzo del 2015.

fue establecida en los ecosistemas frágiles (bofedales, lagunas y bosque de *Polylepis*) y hábitats asociados (pajonal, césped, quebrada y roquedal). Para los anfibios y reptiles se consideraron un total de 48 puntos de evaluación en los ecosistemas frágiles (bofedales y lagunas) y hábitats aledaños (pajonal, roquedal y césped), mediante la metodología de Búsqueda por Encuentro Visual¹² (VES, por sus siglas en inglés), descrita en la guía antes mencionada. Asimismo, se realizaron un total de 12 transectos en hábitats acuáticos de los ecosistemas frágiles (bofedales) y quebradas. Para las aves, se distribuyeron en total 29 transectos lineales en los ecosistemas frágiles (bofedales, bosque de *Polylepis*) y en los hábitats asociados (pajonal, césped y roquedal). Además, se instalaron 13 redes de niebla y se evaluaron ocho puntos en el total de lagunas analizadas por conteo. Para mamíferos, se instalaron 10 cámaras trampa y se recorrieron nueve transectos para el censo de mamíferos silvestres. Las cámaras permanecieron activas por 12 días en una posición contraria a la salida y ocaso del sol, y fueron fijadas en rocas, matorrales y árboles de delgado fuste.

Se realizó la clasificación taxonómica por cada grupo evaluado de fauna silvestre siguiendo el orden taxonómico (orden, familia y especie). La riqueza y abundancia de especies fue analizada por cada grupo evaluado, y en el caso de los mamíferos mayores se utilizaron los índices de ocurrencia (IO) y abundancia (IA) (Boddicker *et al.*, 2002) para estimar la abundancia de especies por transectos evaluados. Los datos fotográficos fueron analizados con el programa *Camera Base*, una base de datos del programa *Access* específicamente diseñada para analizar fotos de cámaras trampa (Tobler, 2013). Los resultados se analizaron por tipo de hábitat y zona de ecosistema frágil. La metodología de análisis de datos consistió en la cuantificación de la información obtenida para la determinación de los indicadores biológicos, la curva de acumulación de especies, los índices de diversidad, y las especies endémicas y de interés para la conservación.

Asimismo, para identificar la presencia de especies de flora y fauna amenazadas se revisó la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, por sus siglas en inglés) del 2018 y los apéndices de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (Cites) del 2017. Para los mamíferos, también se revisó la legislación nacional y el Libro Rojo de la Fauna Silvestre Amenazada del Perú (Serfor, 2018).

Parámetros de comparación

Los resultados de agua superficial y subterránea fueron comparados con los ECA para agua empleados en el último IGA vigente (ECA 2015¹³) y como referencia los ECA del 2017¹⁴. Por otro lado, debido a que no se cuenta con normativa nacional para sedimentos de agua dulce, se tomaron en cuenta de manera referencial los estándares de la Guía de Calidad Ambiental de Canadá (CEQG, por sus siglas en inglés) del 2012, que establece valores para siete metales: arsénico total, cadmio total, cobre total, cromo total, mercurio total, plomo total y zinc total (Tabla 1).

12 Búsqueda intensiva de anfibios y reptiles a través de caminatas aleatorias por 30 minutos en el sustrato, vegetación, refugio (debajo de rocas, piedras y/o vegetación).

13 Aprobado mediante Decreto Supremo N.º 015-2015-MINAM.

14 Aprobado mediante Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM.

Asimismo, debido a que no existe un estándar para la calidad de comunidades biológicas, los resultados de riqueza y abundancia de las comunidades hidrobiológicas, flora y fauna silvestre fueron comparados con los resultados de los IGA aprobados para el proyecto El Galeno.

Tabla 1

Parámetros comparados con los ECA para agua 2015 y 2017.

Componente	Parámetro evaluado		Estándar de comparación
Agua superficial	<ul style="list-style-type: none"> • pH • Conductividad eléctrica • Oxígeno disuelto • Nitrato(s) • Sulfato(s) • Cloruro(s) • Fosfato(s) • Alcalinidad total • Sólidos disueltos totales • Sólidos suspendidos totales • Nitrógeno total • Nitrógeno amoniacal • Metales totales (incluido Hg) 	<ul style="list-style-type: none"> • Metales disueltos por ICP-MS (incluido Hg) • Fósforo total • Bicarbonato(s) • Carbonato(s) • Clorofila a • Cianuro libre • Cianuro total • Cianuro WAD • Cromo hexavalente (VI) • Demanda química de Oxígeno (DQO) • Sulfuro(s) 	<p>Para la evaluación de <u>las quebradas</u>: Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales, subcategoría D1 y D2 del ECA 2015^a.</p> <p>Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales, subcategoría D1 y D2 del ECA 2017^b.</p> <p>Para la evaluación de <u>lagunas</u>: Categoría 4: Conservación del ambiente acuático, subcategoría E1 del ECA 2015^a.</p> <p>Categoría 4: Conservación del ambiente acuático, subcategoría E1 del ECA 2017^b.</p>
Agua subterránea	<ul style="list-style-type: none"> • pH • Conductividad eléctrica • Oxígeno disuelto • Nitrato(s) • Sulfato(s) • Cloruro(s) • Alcalinidad total • Nitrógeno total • Nitrógeno amoniacal • Sólidos disueltos totales • Sólidos suspendidos totales 	<ul style="list-style-type: none"> • Metales totales por ICP-MS (incluido Hg) • Metales disueltos por ICP-MS (incluido Hg) • Bicarbonato(s) • Carbonato(s) • Cianuro libre • Cianuro total • Cianuro WAD • Cromo hexavalente (VI) • Demanda química de oxígeno (DQO) • Sulfuro(s) 	<p>Para la evaluación de <u>los afloramientos</u>^c: Categoría 1: Poblacional y recreacional, subcategoría A1 del ECA 2015^a.</p> <p>Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales, subcategoría D1 y D2 del ECA 2017^b.</p>

a ECA para agua 2015, norma empleada en el Primer ITS de la IV Modificación del EIA-sd del proyecto El Galeno, último IGA vigente.

b ECA para agua 2017, norma nacional vigente.

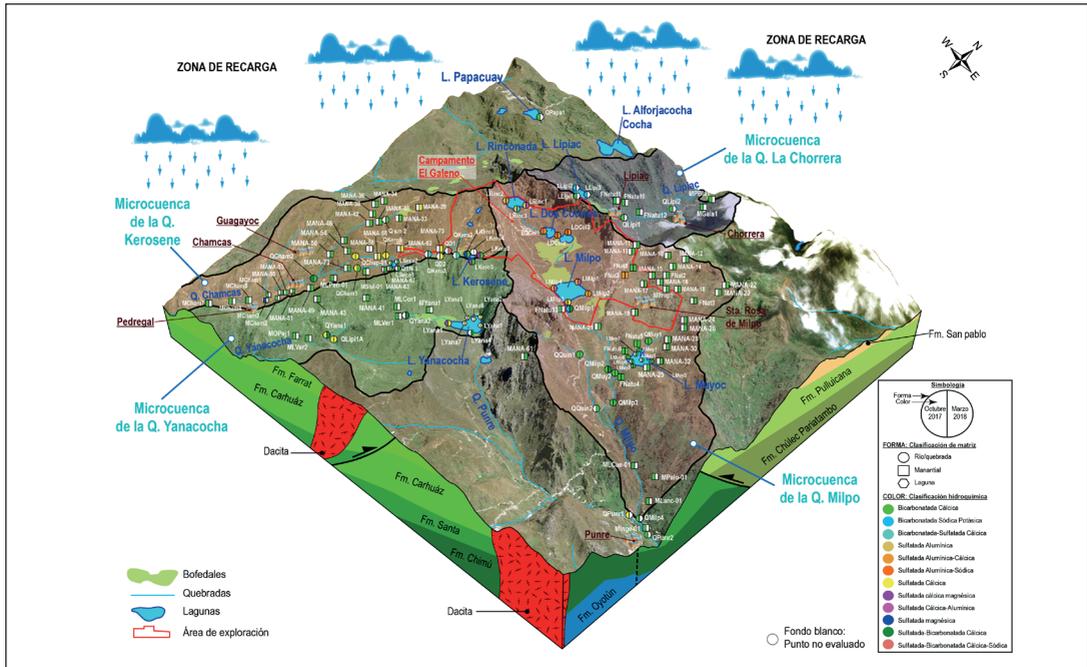
c Comparación referencial

Resultados

Modelo conceptual

Figura 4

Modelo conceptual de la EAT en el ámbito de influencia del proyecto El Galeno.



Calidad de agua

Respecto al agua superficial y subterránea (afloramientos), 10 parámetros incumplieron los ECA para agua 2015 y 2017 en los puntos evaluados en las microcuencas de las quebradas Milpo, Yanacocha, Kerosene y La Chorrera (ver Tabla 2).

Tabla 2

Parámetros evaluados que incumplieron los ECA para agua.

Parámetro	Cantidad de puntos que incumplieron la norma por microcuenca			
	Primer monitoreo (2017)	Puntos	Segundo monitoreo (2018)	Puntos
pH	Milpo		Milpo	
	Afloramientos	3	Afloramientos	3
	Cuerpo de agua	1	Cuerpo de agua	1
	Quebrada Milpo	3	Quebrada Milpo	1
	Quebrada Quinuacucho	1	Quebrada Quinuacucho	1
	Quebrada Punre	1	Laguna La Rinconada	3
	Laguna La Rinconada	3	Laguna Dos Colores	2
	Laguna Dos Colores	2	Laguna Milpo	4
	Laguna Milpo	3		
	Yanacocha		Yanacocha	
	Afloramientos	2	Afloramientos	1
	Quebrada Lipiac	1	Quebrada Yanacocha	1
	Laguna Yanacocha	1	Quebrada Lipiac	1
			Laguna Yanacocha	7
	Kerosene		Kerosene	
	Afloramientos	1	Afloramientos	9
	Quebrada Kerosene	2	Quebrada Kerosene	4
	Quebrada Chupicario	1	Quebradas Sin Nombre	3
	Laguna Kerosene	2	Laguna Kerosene	3
			Laguna Seca	2
La Chorrera		No se evaluó La Chorrera		
Quebrada Papacuay	1			
Laguna Lipiac	3			
Oxígeno disuelto	Milpo		Milpo	
	Afloramientos	4	Afloramientos	15
	Yanacocha		No se evaluó Yanacocha	
	Afloramientos	1		
	Kerosene		Kerosene	
	Afloramientos	3	Afloramientos	13
La Chorrera		No se evaluó La Chorrera		
Afloramientos	1			

Parámetro	Cantidad de puntos que incumplieron la norma por microcuenca			
	Primer monitoreo (2017)	Puntos	Segundo monitoreo (2018)	Puntos
Aluminio total	Milpo		Milpo	
	Afloramientos	1	Afloramientos	1
	Kerosene		No incumplió el parámetro	
Afloramientos	2			
Cadmio total	Milpo		Milpo	
	Afloramientos	1	Afloramientos	1
Hierro total	Milpo		Milpo	
	Afloramientos	1	Afloramientos	2
	Kerosene		Kerosene	
	Afloramientos	3	Afloramientos	4
Manganeso total	Milpo		Milpo	
	Afloramientos	1	Quebrada Muyoc	1
Plomo total	Milpo		Milpo	
	Afloramientos	1	Afloramientos	1
	La Chorrera		Yanacocha	
	Laguna Lipiac	3	Laguna Yanacocha	1
Cobre total	Milpo		Milpo	
	Laguna Dos Colores	1	Laguna Dos Colores	1
	Parámetro no incumplió		Kerosene	
			Afloramiento	1
			Quebradas Sin Nombre	2
Quebrada Kerosene	1			
Fósforo total	Milpo		Milpo	
	Laguna Muyoc	4	Laguna Muyoc	3
DQO	Milpo		No se evaluó este parámetro en el segundo monitoreo	
	Afloramientos			
	Yanacocha			
	Afloramientos			

Calidad de sedimentos

Respecto a los sedimentos, seis metales incumplieron referencialmente los valores de las directrices provisionales de calidad de sedimentos (ISQG, por sus siglas en inglés) y del Nivel de Efecto Probable (PEL, por sus siglas en inglés) de la Guía de calidad ambiental canadiense (CEQG, 2002) en los puntos evaluados en las lagunas de las microcuencas Milpo (Dos Colores, La Rinconada y Muyoc), Yanacocha (Yanacocha) y Kerosene (Kerosene), según se detalla en la Tabla 3.

Tabla 3

Parámetros evaluados que incumplieron referencialmente los valores ISQG y PEL de la guía ambiental canadiense.

Parámetro	Cantidad de puntos que incumplieron la norma referencial			
	Primer monitoreo (2017)	Puntos	Segundo monitoreo (2018)	Puntos
Arsénico total	Laguna Muyoc	1	Laguna Muyoc	2
	Laguna La Rinconada	3	Laguna Yanacocha	3
	Laguna Dos Colores	2	Laguna Kerosene	1
Cadmio total	Concentraciones inferiores a los valores referenciales de comparación		Laguna Yanacocha	1
Cobre total	Laguna La Rinconada	1	Laguna Yanacocha	1
	Laguna Dos Colores	1	Laguna Kerosene	3
	Laguna Kerosene	2		
Mercurio total	Laguna Dos Colores	1	Laguna Muyoc	1
			Laguna Kerosene	1
Plomo total	Laguna La Rinconada	1	Laguna Muyoc	1
			Laguna Kerosene	1
Zinc total	Laguna La Rinconada	1	Concentraciones inferiores a los valores referenciales de comparación	
	Laguna Dos Colores	1		

Comunidades hidrobiológicas

La calidad ecológica de las quebradas, en marzo del 2018, fue calculada teniendo como referencia la calidad hidromorfológica y al índice biótico de calidad biológica obtenido en la evaluación de macroinvertebrados bentónicos. En los resultados, se observó que la mayoría de los puntos de muestreo presentaron calidad ecológica mala a moderada; sin embargo, también se identificaron puntos con calidad buena en las microcuencas de la quebrada Milpo y Kerosene, lo cual se hizo notorio en las quebradas Muyoc, Quinuacucho y Sin Nombre ubicadas en la parte baja de la cuenca.

Se observó que todos los puntos evaluados en las lagunas Muyoc, Yanacocha y Kerosene presentaron un estado mesotrófico¹⁵; sin embargo, cabe resaltar que los puntos evaluados en las lagunas Yanacocha y Kerosene presentaron valores del índice de estado trófico¹⁶ cercanos a 30 en base al fósforo total, lo cual los clasificaría como lagunas en estado oligotrófico¹⁷; mientras que los puntos evaluados en

15 Propiedad de las aguas de lagos con poca transparencia y escasa profundidad, que no son ni oligotróficos (baja concentración de nutrientes) ni eutróficos (alta concentración de nutrientes).

16 Índice propuesto por Carlson (1977), el cual varía entre 0 y 100; es decir, de oligotrófico (escasa cantidad de sustancias nutritivas) a hipereutrófico (abundante cantidad de sustancias nutritivas).

17 Propiedad de las aguas de lagos profundos de alta montaña, con escasa cantidad de sustancias nutritivas y poca producción de fitoplancton.

la laguna Muyoc presentaron valores del índice entre 50 y 60, lo cual los ubica próximos a lagunas clasificadas en estado eutrófico.

Flora silvestre

Se registraron 261 especies agrupadas en 62 familias botánicas y 164 géneros, siendo *Asteraceae* y *Poacea* las familias más diversas, y *Senecio* y *Calamagrostis* los géneros más diversos. La vegetación de roquedal y la formación vegetal asociada a orillas de las lagunas fueron las que presentaron mayor riqueza, con 131 y 132 especies respectivamente, seguida de la formación vegetal de bofedal, con 114 especies. Sin embargo, respecto a la cobertura vegetal, la formación vegetal de roquedal presentó, en promedio, menor porcentaje de cobertura, con 65,6 %; mientras que la formación bofedal fue la que presentó mayor cobertura, con 85,5 %. Por otro lado, las herbáceas correspondieron al estrato más diverso, con el 67,8 % de las especies registradas en el área de estudio.

Las formaciones vegetales evaluadas en los bofedales, pajonales y en la orilla de las lagunas fueron más diversas respecto a los roquedales y queñuales. Por otro lado, las zonas más diversas se encontraron en la microcuenca Milpo. Con respecto al estado de conservación o endemismo, de las 261 especies reportadas, 11 especies se encontraron protegidas por la legislación peruana, 11 especies se encontraron en algún grado de amenaza de acuerdo a la IUCN (2018) y ocho especies se encontraron en los apéndices de la Cites (2017). Asimismo, 32 especies fueron endémicas del Perú, de las cuales tres especies ampliaron su rango de distribución.

Fauna silvestre

Sobre los anfibios y reptiles, en el área de evaluación se registraron tres especies de anfibios: rana marsupial (*Gastrotheca peruana*), ranita de Jalca (*Pristimantis simonsii*) y ranita (*Pristimantis pinguis*); y dos especies de reptiles: lagartija (*Stenocercus stigmosus*) y lagartija de paja (*Petracola ventrimaculata*). Los anfibios presentaron una mayor riqueza y abundancia con respecto a los reptiles registrados, siendo la ranita de Jalca la especie con mayores valores de abundancia. Los renacuajos de la rana marsupial presentaron mayor abundancia debido a su capacidad de desarrollo en los cuerpos de agua encontrados en los bofedales. Los hábitats pajonal y roquedal presentaron la mayor riqueza de especies de anfibios y reptiles, debido a sus características estructurales, como el tipo de vegetación y sustrato, entre otras. Las zonas de ecosistemas frágiles pertenecientes a las microcuencas Yanacocha y La Chorrera fueron las zonas con mayor riqueza y abundancia de anfibios y reptiles con respecto a lo registrado en la microcuenca Milpo.

De todas las especies de anfibios registrados en la evaluación, la ranita de Jalca y la ranita se encontraron categorizadas como amenazadas En Peligro Crítico (CR) y En Peligro (EN), respectivamente, por la IUCN (2018); y según la legislación nacional ambas especies se encontraron en la categoría de amenaza En Peligro Crítico (CR). Respecto a los reptiles registrados, la lagartija de paja se encontró incluida en la lista de especies amenazadas clasificada como Vulnerable (VU) según la legislación nacional.

Con relación a las aves, se registraron 54 especies consideradas residentes, de las cuales 44 especies fueron de ambientes terrestres y 10 de ambientes acuáticos. La mayoría de las especies se encontraron dentro de su rango de distribución conocida; sin embargo, se reportó un nuevo registro para el departamento de Cajamarca, el pato crestón (*Lophonetta specularoides*). El bofedal y pajonal son los hábitats que comparten especies terrestres, siendo el bofedal un hábitat frecuentado también por especies acuáticas. El roquedal es el hábitat que registró la mayor riqueza de especies terrestres, mientras que las lagunas fueron importantes para la reproducción y alimentación de las aves acuáticas.

Las zonas de ecosistemas frágiles que presentaron mayor riqueza, abundancia y diversidad se encontraron en las microcuencas Milpo, La Chorrera y Yanacocha respectivamente, debido a que estas zonas de ecosistemas frágiles albergaban la mayor diversidad de hábitats y presentaron áreas con cobertura arbustiva. La riqueza de especies es muy significativa en el área de estudio, debido a que se registraron 25 especies de interés para la conservación; de las cuales cinco especies fueron endémicas del Perú y 12 restringidas al bioma de los Andes Centrales.

En cuanto a los mamíferos, se registraron siete especies de mamíferos silvestres, cinco de ellos confirmados en la evaluación y dos especies consideradas potenciales por entrevistas con la ciudadanía. El mayor valor del índice de ocurrencia lo presentó el zorro andino (*Lycalopex culpaeus*), con 25 registros; seguido del venado de cola blanca (*Odocoileus virginianus*), con 19 registros. En cuanto a la mayor abundancia, el zorro andino presentó 20 puntos, seguido del venado de cola blanca, con 14 puntos.

De acuerdo a la legislación nacional y al Libro Rojo de la Fauna Silvestre Amenazada del Perú (Serfor, 2018), ninguna especie se encontró comprendida en alguna categoría de conservación. En cuanto a la Lista Roja de Especies Amenazadas a nivel internacional (IUCN, 2018), se determinó que todas las especies estuvieron comprendidas en la categoría de preocupación menor (LC). En la lista de Cites del 2017, el zorro andino se encontró en el Apéndice II, por lo que esta especie no está fuertemente amenazada, pero podría llegar a esa situación.

Conclusiones

La conformación geológica de las microcuencas influenció sobre las características químicas (minerales en el agua) de las quebradas y lagunas, que no tuvieron diferencia significativa temporal (2017 y 2018); no obstante, aguas más mineralizadas correspondieron a la temporada de lluvia (marzo de 2018). Las aguas de los afloramientos, las quebradas y lagunas presentaron baja cantidad de minerales (<5,4 meq/L) y en ellas predominaron los bicarbonatos de las calcitas relacionadas principalmente a la formación geológica Chulec, en la microcuenca de la quebrada La Chorrera; y a la formación (Fm.) Pulluicana, en la microcuenca de la quebrada Milpo.

En tanto, las aguas sulfatadas o aquellas sin caracterización química (baja concentración de minerales disueltos) se relacionan con las formaciones Chimú, Santa, Carhuaz e Inca, esta última relacionada al mayor porcentaje de hierro

en la laguna Lipiac. Con relación al caudal o flujo, se determinó que de los 103 afloramientos caracterizados en la temporada de lluvia (febrero y marzo del 2018) y seca (agosto del 2018), 41 registraron caudal en ambas temporadas y 23 tuvieron poco flujo o indicio de permanencia (64 afloramientos permanentes), mientras que 36 se secaron completamente en la temporada de agosto (afloramientos temporales).

La laguna Dos Colores y las quebradas Sin Nombre con códigos QD1 y QD2, ambas ubicadas en la naciente de las microcuencas de las quebradas Milpo y Kerosene, respectivamente, se encontraron en el área del afloramiento de rocas ígneas (magma o roca fundida solidificada), lo que influenciaría en la concentración de cobre que excede el ECA para agua categoría 4, subcategoría E1 en la laguna Dos Colores; la categoría 3, subcategorías D1 y D2 en la quebrada Sin Nombre (QD2); y sólo la categoría 3, subcategoría D1 en una de las quebradas Sin Nombre (QD1). Asimismo, el cuerpo de agua que interconecta las lagunas dos colores de código LDCol2 también presentó cobre que superó el ECA para agua categoría 4, subcategoría E1, debido a la influencia directa de la laguna.

La mineralización en las quebradas se incrementó de forma gradual en el sentido de la corriente de agua. Esta se dio en distinta magnitud en cada microcuenca y como consecuencia, en mayor y menor medida, de la adición de bicarbonatos y calcio provenientes de los afloramientos y los tributarios, así como de la lluvia ligeramente ácida (ácido carbónico) que se infiltra a través del sustrato carbonatado de los suelos. Estas precipitaciones, a su vez, erosionan y arrastran partículas sólidas que contienen minerales de aluminio, hierro y manganeso, incrementándose tanto la forma suspendida de estos metales como los sólidos suspendidos totales, alcanzando concentraciones que excedieron el ECA para agua categoría 1, subcategoría A1.

Asimismo, las lagunas La Rinconada, Dos Colores, Milpo, Yanacocha, Kerosene y Lipiac registraron concentraciones de metales en sedimentos por encima del valor referencial ISQG y PEL de la norma canadiense, de los cuales destacó el plomo, al registrar concentraciones que excedieron el ECA para agua, categoría 4, subcategoría E1 en las lagunas Yanacocha y Lipiac. Además, resaltaron las altas concentraciones de metales en el agua y sedimento, como el hierro registrado en el interior de la laguna Yanacocha.

Estas lagunas, además, se caracterizaron como mesotróficas con tendencia a la oligotrofia, debido a las bajas concentraciones de nutrientes, como el fósforo total y la clorofila A; a diferencia de la laguna Muyoc, que fue determinada como mesotrófica con tendencia a la eutrofia, debido principalmente a las mayores concentraciones de fósforo total. Estas condiciones abióticas favorecieron la dominancia de algunas especies de ecosistemas con baja o alta productividad primaria en todas las comunidades hidrobiológicas evaluadas. Asimismo, estas comunidades presentaron cambios en su estructura en las quebradas, conforme el cuerpo de agua descendía y se unía a otros tributarios. Respecto a los macroinvertebrados bentónicos, generalmente se presentó mayor riqueza y abundancia de organismos aguas arriba de las quebradas, por la mayor conservación de su hábitat, a diferencia del perifiton, que presentó mayor riqueza y abundancia aguas abajo, debido al incremento de estructuras duras en las que estas se establecieron y a la afluencia de tributarios.

Respecto a la flora silvestre, se evaluaron 17 ecosistemas frágiles en el área de influencia del proyecto El Galeno, registrándose un total de 261 especies de plantas vasculares, de las cuales 26 especies estuvieron al menos en alguna categoría de amenaza y protección, ya sea nacional o internacional, y 34 especies fueron endémicas para Perú (León *et al.*, 2007), sumando 60 especies importantes. Respecto a los anfibios y reptiles, cuatro de las cinco especies registradas fueron endémicas de la zona de evaluación, cuya distribución estuvo restringida al departamento de Cajamarca, y ninguna se encontró bajo alguna categoría de la Cites del 2017. En cuanto a las aves, de las 54 especies registradas, 24 especies se encontraron incluidas en alguna categoría de conservación y nivel de endemismo. Estas especies representaron el 44,44 % de la riqueza de especies total. Finalmente, en la lista de Cites del 2017, de las cinco especies de mamíferos registradas, sólo el zorro andino se encontró en el Apéndice II; donde figuran las especies que no están necesariamente amenazadas de extinción pero que podrían llegar a estarlo si no se controla estrictamente su comercio.

Bibliografía

Autoridad Nacional del Agua. (2016). *Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos*. Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA, Lima-Perú.

Boddicker, M., Rodriguez, J. J. y Amanzo, J. (2002). *Indices for assessment and monitoring of large mammals within an adaptive management framework*. *Environmental Monitoring and Assessment*, 76: 105 – 123. <https://doi.org/10.1023/A:1015225022101>

Bolfor, M. B., y Fredericksen, T. S. (2000). *Manual de Métodos Básicos de muestreo y análisis en Ecología Vegetal*. BOLFOR. Editora El País, Santa Cruz, Bolivia, 16-17.

Canadian Council of Ministers of the Environment. (2002). *Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life for Fresh Water (CEQG-SQG) - Summary tables, update 2002*. Quebec: Canada. Guía actualizada en el 2014. <http://st-ts.ccme.ca/en/index.html?lang=en>.

Carlson, R. E. (1977). *A trophic state index for lakes 1*. *Limnology and oceanography*, 22(2), 361-369.

Convención Internacional sobre el Comercio de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. (2017). *Apéndices I, II y III*. <http://www.cites.org/esp/app/appendices.shtml/>

Environmental Protection Agency. (2001). *Methods for collection, storage and manipulation of sediments for chemical and toxicological analyses: Technical manual*. EPA 823-B-01-002. US. <https://clu-in.org/download/contaminantfocus/sediments/methods-for-collection-epa-manual.pdf>

Environmental Protection Agency. (2003). *Standard Operating Procedure-SOP #2016, Sediment Sampling*. https://www.epa.gov/sites/production/files/documents/r8-src_eh-02.pdf

Flórez Martínez, A. (2005). *Manual de pastos y forrajes altoandinos* (No. F01 F4m-F). ITDG, Lima (Perú).

León, B., Roque, J., Ulloa-Ulloa, C., Pitman, N., Jorgensen-Peter M. y Cano, A. (2007). *El Libro Rojo de las especies endémicas del Perú*. Revista Peruana de Biología. Número especial vol. 13, n° 2, 971 p

Lumina Copper S. A. C. (2017). *Primer Informe Técnico Sustentatorio de la IV Modificación del Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado Categoría II de las actividades de exploración «El Galeno»*. Aprobado por Resolución Directoral N° 253-2017-MEM-DGAAM el 12 de setiembre de 2017.

Ministerio del Ambiente. (2015). *Guía de inventario de la flora y vegetación*. Resolución Ministerial N° 059-2015-MINAM. Lima, Perú.

Ministerio del Ambiente. (2015). *Guía de Inventario de Fauna Silvestre*. Resolución Ministerial N° 057-2015-MINAM. Lima, Perú.

Ministerio del Ambiente. (2017). *Estándares de Calidad Ambiental*. Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, Lima-Perú.

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. (2014). *Reglamento de participación ciudadana en las acciones de monitoreo ambiental a cargo del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental*. Resolución de Consejo Directivo N° 032-2014-OEFA/CD. Lima-Perú.

Organismo de Evaluación Ambiental. (2018). *Informe de la Evaluación ambiental temprana en el área de influencia del proyecto de exploración minera El Galeno de Lumina Copper S.A.C., durante el 2017 y 2018*. Informe N° 322-2018-OEFA/DEAM-STEC. Lima-Perú.

Organismo de Evaluación Ambiental. (2017). *Informe de la Evaluación ambiental temprana en el área de influencia del proyecto El Galeno ubicada en el departamento de Cajamarca, en los distritos de Sorochuco (provincia de Celendín) y La Encañada (provincia de Cajamarca)*. Informe N° 093-2017-OEFA-DE-SDCA-CMVA. Lima, Perú.

Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre. (2018). *Libro Rojo de la Fauna Silvestre Amenazada del Perú*. Primera edición. Lima, Perú, pp. 1- 532 páginas

International Union for Conservation of Nature. (2018). *The IUCN Red List of Threatened Species*. www.iucnredlist.org

Tobler, M. (2013). *Camera Base User guide*. Version 1.6. <http://www.atrumbiodiversity.org/tools/camerabase/files/CameraBaseDoc1.6.pdf>

Base de datos

- Portal de Datos Abiertos.
<http://datosabiertos.oefa.gob.pe/dashboards/20539/evaluaciones-ambientales-tempranas-eat/>
- Repositorio Institucional del OEFA
<https://repositorio.oefa.gob.pe/handle/20.500.12788/113>

Evaluación Ambiental Temprana en el área de influencia del proyecto minero Haquira.

Distritos de Challhuahuacho y Progreso, provincias de Cotabambas y Grau, departamento de Apurímac, Perú (2019)

Resumen

El Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA), en el marco del principio preventivo de la función de evaluación, realizó la Evaluación Ambiental Temprana (EAT) con participación ciudadana en el ámbito de influencia del proyecto de exploración minera Haquira durante el año 2019. Para ello, se realizaron estudios especializados, como caracterización geológica y determinación de niveles de fondo de suelos y evaluación de comunidades hidrobiológicas (macroinvertebrados bentónicos y perifiton), flora, fauna e hidroquímica. Además, se realizó un muestreo del agua superficial de las quebradas que conforman las microcuencas Cconchaccota y Pararani, y sus tributarios.

En ese sentido, en el ámbito de dichas microcuencas, la mayoría de los cuerpos de agua analizados presentaron facies bicarbonatadas cálcicas, los cuales cumplieron con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua del 2008 y 2017. Asimismo, las características alcalinas en ambas zonas no influyeron en el desarrollo de los macroinvertebrados bentónicos, generando una riqueza de especies similar en ambos periodos de evaluación. Durante el monitoreo de aire, en la mayoría de puntos no se registraron valores que incumplieran con los ECA para aire del 2001, 2008, 2017.

Asimismo, el estudio especializado de niveles de fondo y de referencia de suelos determinó que las concentraciones de metales pesados no fueron elevadas al ser comparadas con la normativa nacional y la norma de referencia para suelos de uso agrícola, salvo excepciones como arsénico, cobre y zinc, que se encontraron en condiciones naturales. Por otra parte, el estudio especializado de flora registró un total de 224 especies, de las cuales ocho se encontraron incluidas en alguna categoría de amenaza y seis fueron identificadas como endémicas del Perú. El estudio de avifauna, típica de ecosistemas altoandinos, encontró dos especies en la categoría Casi Amenazada y una En Peligro. En cuanto al estudio de mamíferos se registraron especies como el oscollo, el puma y la vicuña, consideradas en la lista de especies amenazadas de fauna silvestre.

Palabras clave: minería, Evaluación Ambiental Temprana, flora y fauna, niveles de fondo y referencia.

Abstract

The Environmental Assessment and Enforcement Agency (OEFA, for its acronym in Spanish), within the framework of its evaluation function, carried out the Early Environmental Assessment (EAT, for its acronym in Spanish) in the sphere of influence of the Haquira mining exploration project during 2019, which involved the social agents. For this, specialized studies were carried out, such as geological characterization and determination of bottom levels of soils and evaluation of hydrobiological communities (benthic macroinvertebrates and periphyton), flora, fauna and hydrochemistry. In addition, a sampling of the surface water of the streams that make up the Cconchaccota and Pararani micro-basins and their tributaries was carried out.

In this sense, in the scope of these micro-basins, most of the analyzed water bodies presented calcium bicarbonate facies, which met the Environmental Quality Standards (ECA, for its acronym in Spanish) for water from 2008 and 2017. Likewise, the alkaline characteristics in both zones did not influence the development of benthic macroinvertebrates, generating a similar species richness in both evaluation periods. During the air monitoring, in most points values that did not comply with the ECA for air for years 2001, 2008, 2017 were not registered.

Likewise, the specialized study of background and reference levels of soils determined that the concentrations of heavy metals were not high when compared with the national regulations and the reference standard for soils for agricultural use, except for arsenic, copper and zinc that were found in natural conditions. On the other hand, the specialized study of flora registered a total of 224 species, of which eight were included in some category of threat and six were identified as endemic to Perú. The study of avifauna, typical of high Andean ecosystems, found two species in the Near Threatened category and one Endangered. Regarding the study of mammals, species such as the oscollo, the puma and the vicuña were registered considered in the list of threatened species of wild fauna.

Keywords: *mining, Early Environmental Assessment, flora and fauna, background and reference levels.*

Equipo a cargo del estudio

Profesión	Equipo técnico
Biología	García Aragón, Francisco; Fernández Cerna, Juan; Valenzuela Reyna, Silvia; Peralta Argomeda, Jorge; Trinidad Patricio, Huber; Rivas Mogollón, Emil; Farfán Amezquita, Félix; Escobedo Torres, Mario; Cáceres Muña, Alex; y Delgado Comejo, Jackeline
Ingeniería Química	Jaimes De la O, Omar; Fajardo Vargas, Lázaro; Ancco Pichuilla, Luis
Ingeniería Agrónoma	Santa Cruz Becerra, Carlos
Ingeniería Ambiental	Fernández Najarro, Jorge
Ingeniería Geológica	Orosco Chambi, Karem

Objetivo

Evaluar la calidad ambiental de los componentes ambientales en el área de influencia del proyecto Haquira y zonas aledañas para orientar el ejercicio de la fiscalización ambiental en la prevención de impactos ambientales negativos.

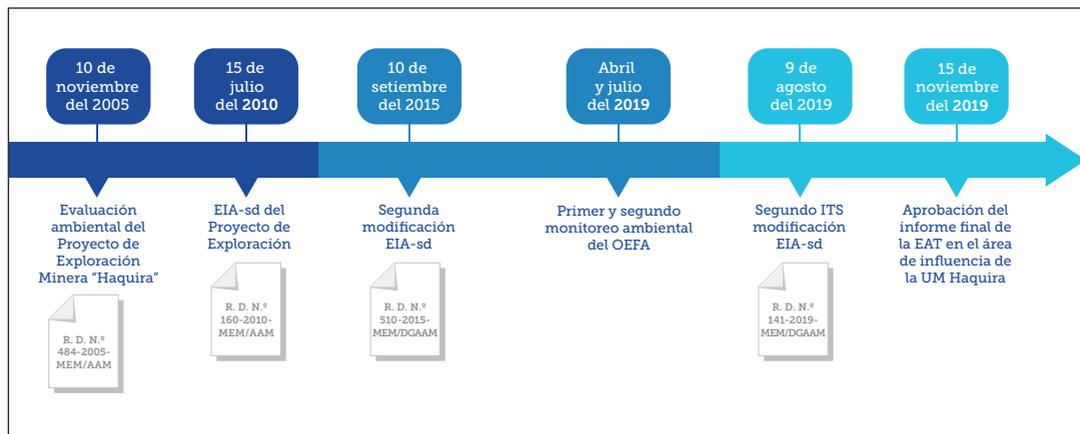
Antecedentes

La empresa minera Antares Perú S.A.C., titular del proyecto de exploración minera Haquira (en adelante, proyecto Haquira), ha presentado diversos Instrumentos de Gestión Ambiental (IGA). El primer IGA fue una Evaluación Ambiental – Categoría C, aprobada el 10 de noviembre del 2005¹ y en el 2010 presentó el Estudio de Impacto Ambiental (EIA), el cual fue modificado en el 2015. Posteriormente, el titular presentó el Segundo Informe Técnico Sustentatorio (ITS) de la segunda Modificación del Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado (MEIA-sd) en el 2019²; en el que se contemplaba la ampliación del cronograma de actividades de exploración por un año adicional, la reducción de 112 plataformas de las 418 aprobadas, y el incremento de 44 nuevas, sumando un total de 350 plataformas.

Asimismo, el 16 de diciembre del 2016 el OEFA aprobó un informe de evaluación ambiental en la intercuenca Alto Apurímac³, el mismo que contempló el ámbito de influencia del proyecto Haquira, concluyendo que los ríos Record, Cconchaccota y la quebrada Secceca presentaron características alcalinas, y que se reportaron concentraciones de plomo que superaron los ECA para agua del 2015, categoría 4 (E2: Conservación de ríos de costa y sierra).

Figura 1

Cronología de antecedentes de la EAT en el área de influencia del proyecto Haquira.



Aspectos sociales

La EAT en el ámbito de influencia del proyecto Haquira y zonas aledañas contempló la participación ciudadana considerando lo establecido en el Reglamento de

1 Mediante Resolución Directoral N° 484-2005-MEM/AAM.

2 Aprobado mediante Resolución Directoral N° 141-2019/MINEM-DGAAM, el 9 de agosto del 2019.

3 Informe de evaluación ambiental en las áreas de influencia de las unidades fiscalizables por el OEFA (minería), ubicadas en la intercuenca Alto Apurímac, durante el año 2016, aprobado mediante el Informe N° 112-2016-OEFA/DE-SDLB-CEAI.

participación ciudadana aprobado por el OEFA⁴. Seis de las siete etapas⁵ establecidas en dicho reglamento se desarrollaron desde el mes de febrero hasta agosto del 2019, e involucraron a representantes del titular del proyecto y de las autoridades de las comunidades campesinas de Huanacopampa, Ccahuanhuire, Cconchaccota, Cuchuhuacho, Lahuani, Ccasa, Pararani, Tambulla y el anexo Ccarayhuacho (C.C. Huanacopampa).

Tabla 1

Participación ciudadana en la ejecución de la EAT en el ámbito de influencia del proyecto Haqira.

Etapa	Fecha	Participantes hombres	Participantes mujeres	Total
Etapa 1: Coordinación previa con los/as agentes involucrados/as	Del 28 de febrero al 2 de marzo del 2019	22	2	24
Etapa 2: Convocatoria ^a				
Etapa 3: Inscripción en los programas de inducción	Del 19 al 21 de marzo del 2019	75	73	148
Etapa 4: Realización de la inducción	Huanacopampa: 19 de marzo del 2019	7	13	20
	Cuchuhuacho: 19 de marzo del 2019	6	28	34
	Cconchaccota: 19 de marzo del 2019	12	6	18
	Lahuani: 19 de marzo del 2019	15	4	19
	Anexo Ccarayhuacho: 20 de marzo del 2019	9	7	16
	Ccasa: 21 de marzo del 2019	11	8	19
	Ccahuanhuire: 21 de marzo del 2019	11	5	15
	Tambulla: 21 de marzo del 2019	4	2	6
Etapa 5: Taller para la presentación de la propuesta del plan ^b	Del 19 al 21 de marzo del 2019	75	73	148

4 A través de la Resolución de Consejo Directivo N.º 032-2014-OEFA/CD, y su modificatoria mediante Resolución de Consejo Directivo N.º 003-2016-OEFA/CD.

5 Etapa 1: Coordinación previa con los/as agentes involucrados/as; Etapa 2: Convocatoria; Etapa 3: Inscripción en los programas de inducción; Etapa 4: Realización de la inducción; Etapa 5: Taller para la presentación de la propuesta del plan; Etapa 6: Ejecución del monitoreo; y Etapa 7: Taller de presentación de resultados.

Etapa	Fecha	Participantes hombres	Participantes mujeres	Total
Etapa 6: Ejecución del monitoreo	Agua	6	1	7
	Primer monitoreo: del 2 al 6 de mayo del 2019			
	Segundo monitoreo: del 4 al 8 de agosto del 2019			
	Sedimento			
	Primer monitoreo: el 3, 4 y 6 de mayo del 2019			
	Segundo monitoreo: el 4, 7 y 8 de agosto del 2019			
	Hidrobiología			
	Primer monitoreo: del 2 al 6 de mayo del 2019			
	Segundo monitoreo: del 4 al 8 de agosto del 2019			
	Flora y fauna: del 29 de abril al 13 de mayo del 2019	21	9	30
	Suelo: del 29 de julio al 9 de agosto del 2019	10	4	14
	Aire: del 26 de julio al 2 de agosto del 2019	1	2	3

- a La convocatoria se realizó formalmente a través del envío de cartas y oficios a las autoridades correspondientes, así como también mediante una gigantografía en la parte exterior de los locales comunales de las comunidades campesinas.
- b Se llevó a cabo inmediatamente después de la realización de la inducción en cada comunidad.

Área de estudio

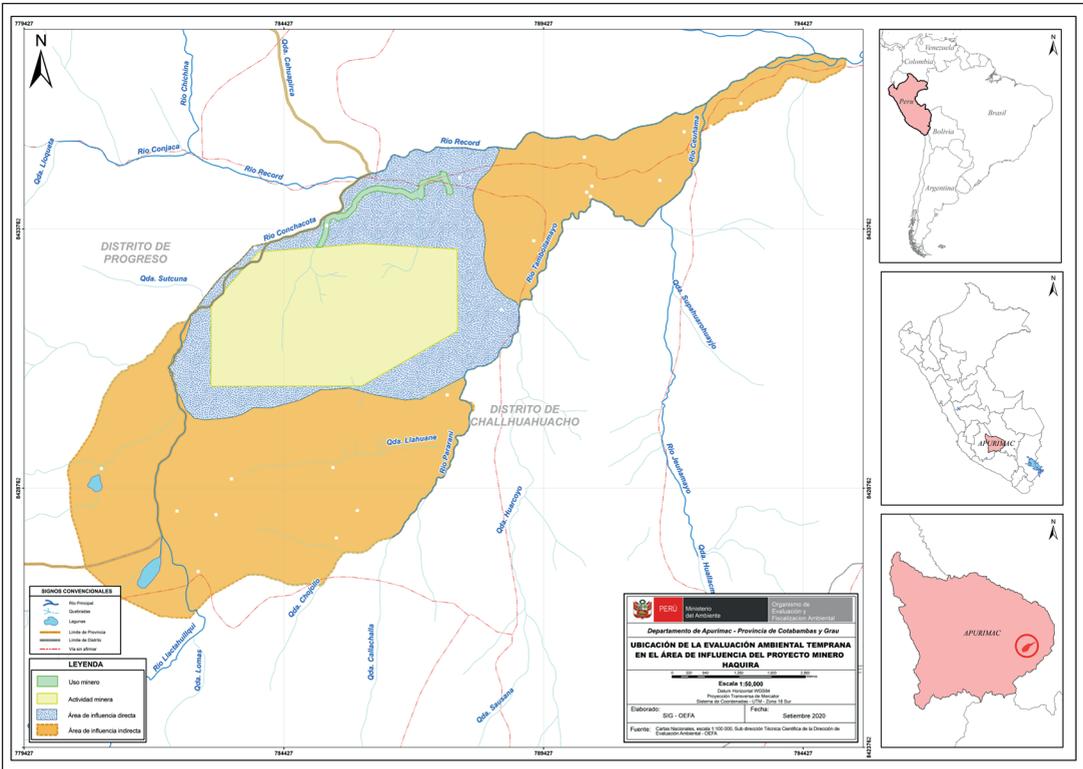
El proyecto Haquira se encuentra ubicado políticamente en el distrito de Chalhuhhuacho, provincia de Cotabambas y distrito de Progreso, provincia de Grau, ambos en el departamento de Apurímac. El área de evaluación contempla el ámbito de influencia del proyecto Haquira⁶, el cual se dividió en dos zonas: La Zona I, establecida en la Microcuenca Cconchaccota, que comprendió los ríos Conchacota, Record, las quebradas Cinca Orjo, Lomas, Sutcuna, Cuchuhuacho, Huanacopampa, quebradas Sin Nombre 1, 2, 3 y 4, y las áreas de su entorno; y la Zona II, establecida en la Microcuenca Pararani, que comprendió los ríos Pararani, Tambullamayoc, las quebradas Chojollo, Callachalla, Lahuani, y las áreas de su entorno.

6 Área de influencia extraída de la segunda MEIA-sd Categoría II del proyecto Haquira, aprobado mediante Resolución Directoral N.º 387-2014-MEM/DGAAM.

Es importante precisar que, para la determinación de niveles de fondo y de referencia de suelos, se consideraron los terrenos de las comunidades campesinas que se encontraban circunscritos en el ámbito de influencia del proyecto Haquira, para lo cual se dividieron en tres áreas denominadas Áreas de Nivel de Fondo (ANF): ANF Ccahuanhuire, ANF Huanacopampa y ANF Tambulla – Lahuani, dentro de las cuales se ubicaron las parcelas de muestreo.

Figura 2

Área de estudio de la EAT en el ámbito de influencia del proyecto Haquira.

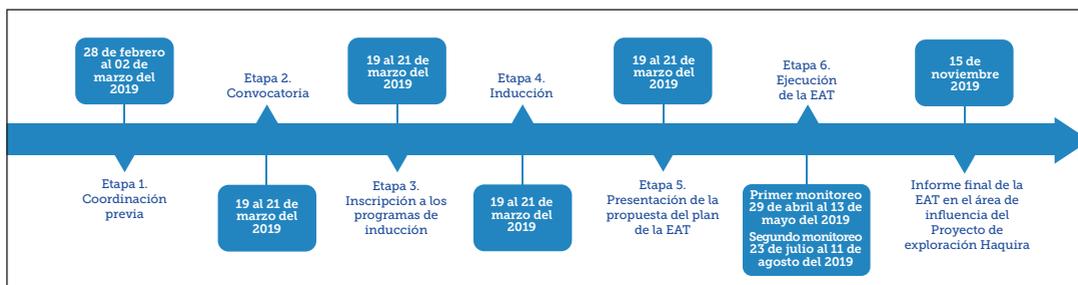


Período de estudio

La EAT inició con la etapa de coordinación previa con los/as agentes sociales el 28 de febrero del 2019. Luego se realizaron dos evaluaciones en campo, la primera del 29 de abril al 9 de mayo del 2019, y la segunda del 23 de julio al 11 de agosto del 2019. El informe final de la EAT fue aprobado el 15 de noviembre del 2019.

Figura 3

Período de estudio de la EAT en el proyecto Haquira.



Metodología

El muestreo de agua se realizó en mayo y agosto del 2019, en 15 y 20 puntos respectivamente, siguiendo los lineamientos del Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales⁷. Los resultados fueron comparados con los ECA para agua, categoría 3 del 2008⁸ correspondientes al Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado (EIA-sd) del Proyecto de Exploración Minera Haquira⁹, y de manera referencial con los ECA para agua categoría 3 del 2017¹⁰. Asimismo, se realizó la caracterización hidroquímica para determinar si las facies¹¹ de las muestras de agua superficial eran semejantes.

El muestreo de sedimento se llevó a cabo en mayo y agosto del 2019, estableciendo cuatro y tres puntos respectivamente, para lo cual se utilizaron de manera referencial los lineamientos establecidos en los manuales técnicos de la Agencia de Protección Ambiental (EPA, por sus siglas en inglés)¹² de Estados Unidos. Asimismo, los resultados fueron comparados referencialmente con la Guía ambiental de Canadá (CEQG, por sus siglas en inglés)¹³.

El muestreo de comunidades hidrobiológicas se ejecutó en mayo y agosto del 2019, considerando 61 y 70 puntos respectivamente. Se tomó como referencia lo señalado en el Manual de Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú¹⁴. Este manual establece los criterios técnicos y lineamientos generales para el establecimiento de los puntos de muestreo, la preparación de materiales, equipos e indumentaria de protección, el procedimiento para la toma de muestras, así como la preservación, almacenamiento, conservación y transporte de muestras, entre otros. Para determinar la calidad ecológica del agua, se utilizó el Índice

7 Aprobado mediante Resolución Jefatural N.º 010-2016-ANA, el 11 de enero del 2016.

8 Aprobado mediante Decreto Supremo N.º 002-2008-MINAM, el 31 de julio del 2008.

9 Aprobado mediante Decreto Supremo Resolución Directoral N.º 160-2010-MEM/AAM, el 11 de mayo del 2010.

10 Aprobado mediante Decreto Supremo N.º 004-2017 MINAM, el 7 de junio del 2017.

11 Las facies hidroquímicas son partes identificables de diferente naturaleza que pertenecen a cualquier cuerpo o sistema genéticamente relacionado.

12 Manual Técnico Métodos para Colección, Almacenamiento y Manipulación de Sedimento para Análisis Químicos y Toxicológicos, 2001.

13 *Canadian Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life, 2012.*

14 Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM). 2014.

Biótico Andino (ABI, por sus siglas en inglés) desarrollado por Acosta *et al.* (2009) para ríos altoandinos (sobre los 2000 m.s.n.m.).

La evaluación de la calidad del aire se realizó en 61 puntos de acuerdo al Protocolo de monitoreo de la calidad del aire y gestión de los datos¹⁵, y a las Normas Técnicas Peruanas (NTP) de Calidad del aire para determinar material particulado menor a 10 micras (PM10)¹⁶ y 2,5 micras (PM2,5)¹⁷ en la atmósfera. Estos protocolos fueron elaborados por instituciones nacionales y establecen los criterios para el monitoreo, equipos y aseguramiento de la calidad del muestreo. Asimismo, los resultados de PM10 y PM2,5 fueron comparados con los ECA para aire¹⁸ y los resultados de metales fueron comparados referencialmente con los Criterios de calidad de aire ambiental de Ontario¹⁹.

La determinación de niveles de fondo y de referencia de suelos en 90 parcelas se enmarcó en lo estipulado por la Guía para muestreo de suelos del Minam²⁰. Los resultados de metales en suelo fueron comparados con los ECA para suelo²¹ y de manera referencial con la Guía canadiense de calidad de suelo agrícola²².

La evaluación de flora silvestre consistió en el recorrido de 40 transectos distribuidos en cuatro zonas de evaluación: Zona I, Zona II, Zona III, y Zona IV, para lo cual se utilizó la Guía para la evaluación de Línea Base en el marco del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA)²³. Se consideraron diferentes formaciones vegetales, utilizando la metodología de puntos de intercepción establecida en dicha guía. Asimismo, se realizó un análisis multivariado de Escalamiento Multidimensional No Métrico (NMDS, por sus siglas en inglés) en base a la distancia de Moissita.

La evaluación de la fauna silvestre se realizó tomando como referencia la Guía de inventario de la fauna silvestre del Minam²⁴. La evaluación de anfibios y reptiles se realizó en 57 transectos, considerando un desplazamiento constante, revisando tanto la superficie del suelo como huecos, piedras, vegetación y cuerpos de agua que sirvan de refugio²⁵. Para la evaluación de aves se establecieron 31 transectos en áreas de las formaciones vegetales de bofedal, bosque relicto de *Escallonia*, césped de puna, pajonal, y roquedal. Los transectos tuvieron una longitud de 0,5 km con recorridos de una duración de 50 minutos por cada transecto. Para determinar el estado de las especies en estado de conservación se determinó su presencia o ausencia en tres listas de conservación: Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza

15 Aprobado mediante Resolución Directoral N.º 1404-2005-DIGESA-SA, el 9 de octubre del 2005.

16 Método de referencia para la determinación de material particulado respirable como PM10 en la atmósfera - NTP 900.030 - 2018.

17 Método de referencia para la determinación de material particulado fino como PM2.5 en la atmósfera - NTP 900.069 - 2017.

18 Aprobado mediante Decreto Supremo N.º 003-2017-MINAM, el 7 de junio del 2017.

19 Ontario's Ambient Air Quality Criteria Standards, 2012.

20 Aprobado mediante Resolución Ministerial N.º 085-2014-MINAM, el 31 de marzo del 2014.

21 Aprobado por Decreto Supremo N.º 011-2017-MINAM, el 2 de diciembre del 2017.

22 Canadian Council of Ministers of the Environment (2018). *Canadian Environmental Quality Guidelines. Soil Quality Guidelines for the Protection of Environmental and Human of use Agricultural o Industrial* (Valores guía de calidad ambiental de Canadá para la protección del medio ambiente y salud humana de uso agrícola).

23 Aprobado mediante Resolución Ministerial N.º 455-2018-MINAM, el 4 de enero del 2019.

24 Aprobado mediante Resolución Ministerial N.º 057-2015-MINAM, el 15 de marzo del 2015.

25 Según lo señalado por Crump y Scott, 1994; y la Guía de inventario de la fauna silvestre del Minam del 2015.

(IUCN, por sus siglas en inglés), Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (Cites) y las especies listadas en la Convención de Especies Migratorias (CMS, por sus siglas en inglés).

Para la evaluación de mamíferos se establecieron 12 transectos con recorridos a una velocidad promedio de 1.0 km/hora, con paradas cada 10 minutos, con la finalidad de observar el área y poder detectar algún rastro y/o percibir algún ruido que indique la presencia de mamíferos silvestres. Asimismo, para documentar de manera gráfica la diversidad y abundancia de mamíferos silvestres en el área evaluada, se instalaron 13 cámaras trampa con sensores de movimiento y calor²⁶. Los registros fueron organizados con el programa *Camera Base* (Tobler, 2013).

Parámetros de comparación

Se presentan los parámetros evaluados en agua, sedimentos, aire y suelo (niveles de fondo y de referencia) que fueron comparados con un estándar de calidad ambiental establecido en la legislación peruana y/o de manera referencial con normas internacionales. Los demás componentes evaluados no presentan ninguna norma de comparación, debido a que fueron considerados con fines de caracterización y correlación.

Tabla 2

Parámetros y estándares de comparación para los componentes ambientales evaluados.

Componente ambiental	Parámetro evaluado	Estándar de Calidad Ambiental
Agua superficial	pH, conductividad, oxígeno disuelto, bicarbonato, carbonato, sulfuros, cloruros, sulfatos, plata, aluminio, arsénico, boro, bario, berilio, calcio, cadmio, cobalto, cobre, hierro, mercurio, litio, magnesio, manganeso, sodio, níquel, plomo, selenio, zinc.	ECA para agua 2008 (categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales)
	pH, conductividad, oxígeno disuelto, bicarbonato, cloruros, sulfatos, aluminio, arsénico, boro, bario, berilio, cadmio, cobalto, cromo, cobre, hierro, mercurio, litio, magnesio, manganeso, níquel, plomo, selenio, zinc.	ECA para agua 2017 (categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales)
Sedimentos	Arsénico, cadmio, cromo, cobre, plomo, zinc y mercurio	<i>Canadian Environmental Quality Guidelines</i>

²⁶ Cámara trampa de la marca Bushnell, Trophy Cam HD modelo Aggressor.

Componente ambiental	Parámetro evaluado	Estándar de Calidad Ambiental
Aire	Material particulado menor a 10 micras (PM ₁₀)	ECA para aire 2001
	Material particulado menor a 2,5 micras (PM _{2,5})	ECA para aire 2008
	Material particulado menor a 10 micras (PM ₁₀) Material particulado menor a 2,5 micras (PM _{2,5})	ECA para aire 2017
	Plata, arsénico, berilio, boro, cadmio, cobalto, cromo, cobre, hierro, mercurio, manganeso, molibdeno, níquel, plomo, antimonio, selenio, estaño, estroncio, titanio, vanadio y zinc	<i>Ontario's Ambient Air Quality Criteria Standards, 2012</i>
Suelo	Arsénico, bario, cadmio, mercurio y plomo	ECA para suelo de uso agrícola 2017
	Cromo, cobre, zinc, vanadio y cobalto	Guía canadiense de calidad de suelos para uso agrícola

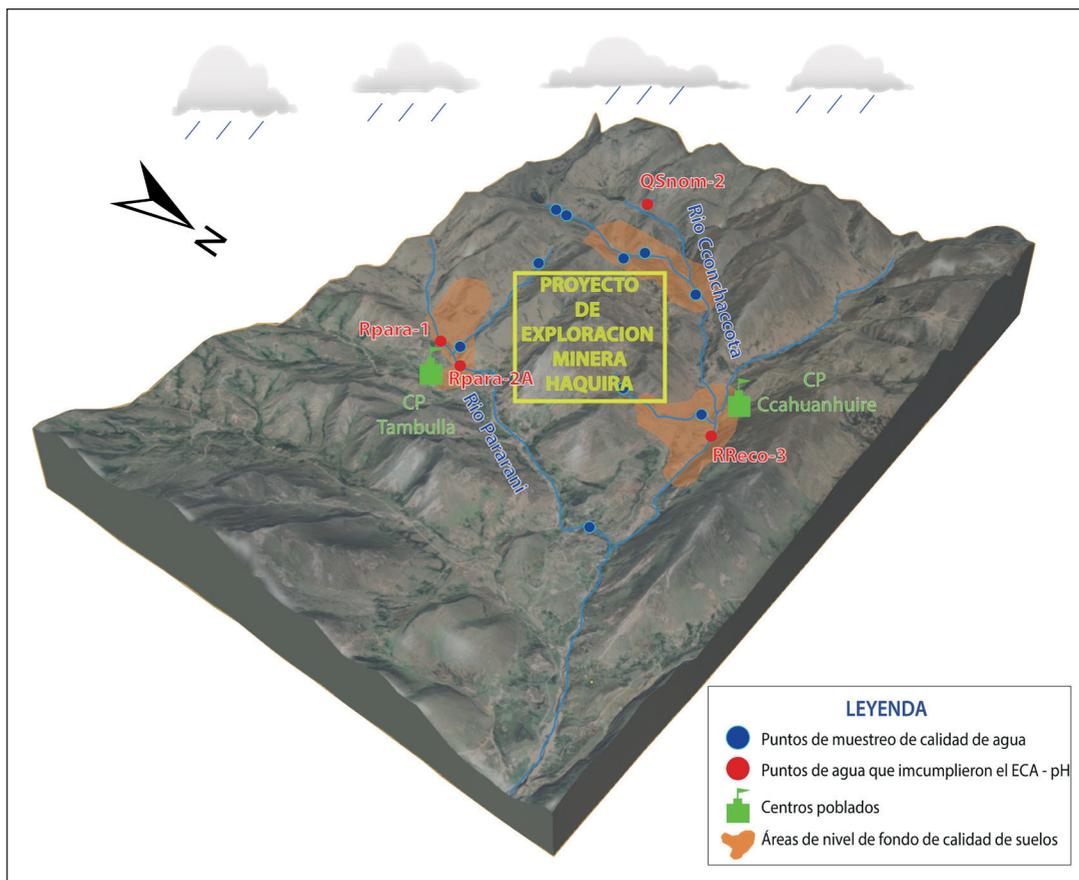
Resultados

Modelo conceptual

En la EAT desarrollada en el ámbito del proyecto Haquira se pudo verificar el estado de los componentes ambientales a través de acciones de monitoreo ambiental que permitieron evaluar el agua superficial, el sedimento y las comunidades hidrobiológicas de los ríos Cconchaccota y Pararani, y sus tributarios. Asimismo, se evaluó la calidad del aire, la calidad de suelos (nivel de fondo), la flora y fauna del lugar.

Figura 4

Modelo conceptual de la EAT realizada en el ámbito de influencia del proyecto Haqira.



Las evaluaciones de agua superficial, sedimentos y comunidades hidrobiológicas fueron realizadas en dos zonas de estudio:

- La Zona I, correspondiente a la microcuenca Cconchaccota. En esta zona, los parámetros evaluados a lo largo del río Cconchaccota y sus principales tributarios, de facies bicarbonatada cálcicas - sódicas, cumplieron los ECA para agua, categoría 3 del 2008 y 2017, a excepción del pH en la quebrada Sin Nombre 2 (QSnom-2) y el río Record (Rreco-3), los cuales presentaron características alcalinas y facies bicarbonatada cálcicas.
- La Zona II, correspondiente a la microcuenca Pararani. En esta zona, las aguas del río Pararani (RPara-1, RPara-2A y RPara-6) hasta antes de su confluencia con el río Record y su tributario, la quebrada Lahuani (QLahu-1 y QLahu-2), presentaron facies bicarbonatadas cálcicas con parámetros que se encontraron por debajo de los ECA para agua, categoría 3 del 2008 y 2017, a excepción del pH en dos puntos (RPara-1 y RPara-2A), los cuales presentaron características alcalinas sólo en agosto del 2019, lo cual está relacionado a la estacionalidad y a la presencia

de rocas sedimentarias del Jurásico de la Formación Labra constituida por secuencias de areniscas y calizas.

Tabla 3

Resultados de agua superficial comparados con los ECA del IGA y la normativa vigente.

Matriz	Cuerpo receptor	Código OEFA	Normativa ambiental en el IGA ^a		Normativa ambiental vigente ^b	
			Avenida (May-19)	Estiaje (Ago-19)	Avenida (May-19)	Estiaje (Ago-19)
Agua superficial	Río Pararani	RPara-1	pH	-	pH	-
		RPara-2A	pH	-	pH	-
	Quebrada Sin Nombre	QSnom-2	-	pH	-	pH
	Río Record	RReco-3	-	pH	-	pH

a ECA para Agua, Categoría 3, aprobado mediante Decreto Supremo N.º 002-2008-MINAM

b ECA para Agua, Categoría 3, aprobado mediante Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM

En ambas zonas estas características alcalinas no influyeron en el desarrollo de los macroinvertebrados bentónicos, debido a que la riqueza de especies se mantuvo similar en mayo y agosto del 2019. Asimismo, según el ABI, la calidad ecológica del agua en esta microcuenca fue similar, oscilando entre buena y muy buena en ambos meses. Es importante precisar que en la mayoría de los puntos evaluados se registró la presencia de especies consideradas sensibles, como las *Andesiops* sp. y *Meridialis* sp., de la orden *Ephemeroptera*; y las *Cailloma* sp. y *Metrichia* sp., de la orden *Trichoptera*. Por otro lado, la riqueza de las microalgas del perifiton tuvo una tendencia a disminuir debido a la estacionalidad (menor caudal en agosto 2019) y a su relación trófica con los macroinvertebrados bentónicos (fuente principal de alimento).

En la evaluación de la calidad del aire, el registro meteorológico del 26 julio al 2 agosto del 2019 recopilado en las comunidades campesinas Huanacopampa, Ccahuanhuire y Tambulla presentó direcciones de viento diferenciadas en dos periodos de tiempo. El primero se presentó entre las 8:00 y 17:00 horas, en el cual los vientos provinieron de dirección noreste (NE), estenoreste (ENE) y noroeste (NNE) respectivamente; lo cual podría influenciar en el transporte de material particulado hacia las comunidades campesinas Ccahuanhuire y Tambulla como consecuencia de las actividades del proyecto Haquira. En cuanto al segundo periodo, entre las 17:00 y 8:00 horas (la evaluación se hizo hasta el día siguiente), la dirección del viento cambió en sentido contrario. Esta variación podría influenciar en el transporte de material particulado hacia la comunidad campesina Huanacopampa.

A pesar de evidenciar material particulado en las comunidades Ccahuanhuire y Tambulla debido al tránsito vehicular por las vías afirmadas, las concentraciones promedio de 24 horas de material particulado con diámetro menor o igual a 10 micras (PM_{10}) y menor o igual a 2,5 micras ($PM_{2.5}$) registradas en las comunidades campesinas Huanacopampa, Ccahuanhuire y Tambulla no superaron los valores

del ECA para aire²⁷. Cabe indicar que durante el periodo de evaluación no se identificó otra fuente antrópica primaria como fuente importante de material particulado.

Las concentraciones promedio de 24 horas para metales en PM₁₀ registrados en las comunidades campesinas Huanacopampa, Ccahuanhuire y Tambulla no superaron referencialmente la norma canadiense²⁸. Además, se identificó que los elementos calcio (Ca), silicio (Si), hierro (Fe), aluminio (Al), potasio (K), magnesio (Mg), sodio (Na), fósforo (P), manganeso (Mn), boro (B), cobre (Cu), titanio (Ti), bario (Ba), estroncio (Sr), cromo (Cr) y estaño (Sn) representaron el 11,4% de toda la masa de material particulado, siendo semejantes a los elementos predominantes de la corteza continental, lo que evidenció que fueron producto del paso vehicular, quedando resuspendidos en la vía.

En la determinación de niveles de fondo y de referencia de suelos, las concentraciones de metales pesados en general no superaron a los ECA para suelo de uso agrícola y/o la guía canadiense para suelos de uso agrícola; salvo excepciones en las que el arsénico (As) y Cu en el ANF Ccahuanhuire fueron superiores al ECA para suelos de uso agrícola y a la guía canadiense respectivamente. Asimismo, los niveles de referencia para Cu y zinc (Zn) fueron superados en el ANF Huanacopampa y en el ANF Tambulla – Lahuani, respectivamente.

El nivel de referencia para plomo superó los ECA para suelos de uso agrícola en las ANF Ccahuanhuire y Tambulla – Lahuani. El incremento de las concentraciones de estos metales se debió precisamente a las mineralizaciones presentes en las partes altas de las zonas donde se ubican las áreas de nivel de fondo. Los niveles de fondo y de referencia para metales como cadmio (Cd), mercurio (Hg), molibdeno (Mo), plata (Ag), níquel (Ni), berilio (Be) y Al no pudieron ser determinados, debido a que en las tres áreas de nivel de fondo más del 70 % de los datos se encontraron por debajo del límite de cuantificación del método de análisis del laboratorio. Caso similar se registró con las concentraciones de As en las ANF Huanacopampa y Tambulla - Lahuani. El Cd y el Mo registraron concentraciones puntuales que superaron los ECA para suelos de uso agrícola y la guía canadiense respectivamente. Esto se debió a las condiciones naturales del material parental a partir del cual se formó el suelo.

El estudio de flora permitió el registro de 224 especies, agrupadas en 57 familias botánicas y 137 géneros. Las familias más diversas fueron las *Asteraceae* y *Poaceae*, y los géneros más diversos fueron *Calamagrostis* y *Lachemilla*. La vegetación de roquedal fue la formación con mayor riqueza, con 142 especies; seguida del césped de puna, con 71 especies. Las especies con mayor abundancia relativa en el área de estudio fueron el llantén (*Plantago tubulosa*) en el bofedal, crespillo (*Calamagrostis vicunarum*) en el césped de puna, *Muhlenbergia peruviana* en la vegetación de roquedal, *Calamagrostis tarmensis* en el pajonal, y rodamonte (*Escallonia myrtilloides*) en el bosque relicto de Escallonia.

27 Aprobados mediante Decreto Supremo N.º 074-2001-PCM, Decreto Supremo N.º 003-2008-MINAM, y Decreto Supremo N.º 003-2017-MINAM.

28 Ambient Air Quality Criteria Standards (2012).

Las formaciones vegetales más diversas fueron la vegetación de roquedal y el bosque relicto de *Escallonia*, con 2,32 y 2,04 nits/individuos²⁹ respectivamente. Los análisis de NMDS³⁰ y de similitud evidenciaron que las formaciones vegetales evaluadas están bien definidas, siendo las más relacionadas entre sí el césped de puna y la vegetación de roquedal. En la microcuenca Cconchaccota se registraron 135 especies en la Zona I y 126 en la Zona II, de las cuales siete se encontraban en categoría de amenaza y cinco fueron endémicas. En la microcuenca Pararani se registraron 118 especies en la Zona III y 94 en la Zona IV, de las cuales cuatro especies se encontraban en categoría de amenaza y tres fueron endémicas.

El estudio de herpetología registró un total de seis especies, de las cuales cuatro pertenecían a la clase *Amphibia* y dos a la clase *Reptilia*. En cuanto a los anfibios, se registraron cuatro especies del orden Anura, pertenecientes a las familias *Bufo*idae, *Hemiphra*ctidae, *Lepto*dactylidae y *Telma*tobiidae, con una especie de cada una. Las familias *Bufo*idae y *Lepto*dactylidae fueron las más abundantes, ambas agrupan el 77,7 % del total de individuos post-metamórficos (adultos, subadultos y juveniles). Respecto a los reptiles, se registraron dos especies pertenecientes al orden *Squamata*, diferenciadas en dos familias: *Colubridae* y *Liolaemidae*. Destacaron las lagartijas de la familia *Liolaemidae*, la más abundante con la especie *Liolaemus gr. Montanus*. La menos abundante fue la familia *Colubridae*, con la especie culebra peruana (*Tachymenis peruviana*), con tres individuos.

Las formaciones vegetales más diversas fueron el césped de puna y bofedal, con seis y cinco especies de anfibios y reptiles, respectivamente. Las formaciones de pajonal y bosque relicto de *Escallonia* registraron los menores valores de diversidad, con una especie cada una. La diversidad y composición de especies de anfibios y reptiles registradas estaban relacionadas a las formaciones vegetales, la especie Lagartija Jararanko'o (*Liolaemus gr. Signifer*) estaba asociada y fue más abundante en el césped de puna y roquedal; mientras que la rana acuática (*Telmatobius cf. Jelskii*) estaba asociada a los bofedales y césped de puna. Sin embargo, la especie dominante, el sapito (*Pleurodema marmoratum*), era la que mayor influencia tuvo en el ordenamiento en función de las formaciones vegetales, debido a que fue la especie más abundante. No se registraron especies en alguna categoría de amenaza, según la categorización de especies amenazadas del Estado peruano o listados internacionales. Sin embargo, se destacó el registro de las especies de la rana acuática (*Telmatobius cf. Jelskii*) y la lagartija montaña (*Liolaemus gr. Montanus*), debido a que podría tratarse de especies endémicas.

El estudio de herpetología registró especies típicas de ecosistemas altoandinos. Se registraron 41 especies pertenecientes a 23 familias y 13 órdenes. Los órdenes que presentaron mayor número de especies fueron los *Passeriformes* (18), *Anseriformes* (seis) y *Charadriiformes* (tres). Las familias con mayor número de especies fueron *Anatidae* (seis), *Tyrannidae* (cinco), *Thraupidae* (cuatro) y *Furnariidae* (tres).

29 Unidad para la determinación de la diversidad para el índice de Shannon-Wiener.

30 Este análisis se realizó con el programa de *Past*, *Palaeontological Statistics* 3.25.

Del total de especies de avifauna registrada, seis no fueron reportadas en estudios previos (1era MEIA-sd 2012³¹, 2da MEIA-sd 2015³² y Monitoreo 2016³³). El bofedal fue la formación vegetal con mayor riqueza, abundancia y diversidad de aves; y la Zona I presentó mayor riqueza, abundancia y diversidad de aves. Existieron diferencias significativas en la composición de la avifauna entre formaciones vegetales. Se registraron dos especies de aves en la categoría Casi Amenazada y una En Peligro³⁴, una especie Casi Amenazada y una Vulnerable, según la IUCN; así como una especie en el Apéndice I y seis en el Apéndice II de la Cites³⁵. Se registraron 10 especies listadas en la CMS a nivel de familia y siete endémicas al bioma de los Andes Centrales.

El estudio de mastozoología registró 10 especies de mamíferos, nueve mamíferos mayores y una especie de mamífero menor, distribuidos en cuatro órdenes y nueve familias. Por medio de censos se registraron 30 observaciones, de las cuales 22 fueron indirectas y ocho directas, las que correspondieron a cuatro familias, cuatro géneros y cuatro especies de mamíferos mayores. Mediante cámaras trampa se obtuvieron 288 registros independientes, pertenecientes a cinco familias, cinco géneros y cinco especies.

La diversidad de mamíferos silvestres registrados por tipo de hábitats en cámaras trampa fue de 72 registros independientes en bofedal, de los cuales 70 pertenecían a la vicuña (*Vicugna vicugna*). En el pajonal se realizaron 74 registros independientes, de los cuales 35 pertenecían a la vizcacha (*Lagidium viscacia*); mientras que en el roquedal se realizaron 169 registros independientes, de los cuales 135 pertenecían a la vizcacha. La curva de acumulación de especies registradas en las cámaras trampa representó el 100% de todas las especies de mamíferos mayores que habitan en la zona de evaluación. Se registraron bajos índices de abundancia de zorro andino (*Lycalopex culpaeus*), y se registró a la liebre europea (*Lepus europaeus*), especie considerada como invasora.

De acuerdo con el Decreto Supremo N.º 004-2014-AG, cuatro especies se encontraban comprendidas en alguna categoría de conservación: el oscollo (*Leopardus cocolo*), que se encontraba comprendido en la categoría de Datos Insuficientes (DD); el puma (*Puma concolor*) y la vicuña, en la categoría de Casi Amenazado (NT); y la taruca (*Hippocamelus antisensis*), en la categoría de Vulnerable (VU). En la lista de la IUCN, el oscollo se encontraba comprendido en la categoría de Casi Amenazado, y la taruca (*Hippocamelus antisensis*) en la categoría de Vulnerable.

Conclusiones

En la microcuenca Cconchacota, a lo largo del río Conchaccota y sus tributarios, se presentaron valores que cumplieron con los ECA para agua, a excepción de la quebrada Sin nombre 2, que presentó características alcalinas que incumplían dicha norma. Asimismo, en la microcuenca Pararani, las aguas del río Pararani hasta

31 Aprobado por Resolución Directoral N.º 298-2012-MEM/AAM.

32 Aprobado por Resolución Directoral N.º 510-2015-MEM/DGAAM.

33 AJF Consultores (2017). Monitoreo biológico del proyecto Haquira 2017 – I.

34 Mediante Decreto Supremo N.º 004-2014-MINAGRI, que aprueba la actualización de la lista de clasificación y categorización de las especies amenazadas de fauna silvestre legalmente protegidas, el 8 de abril del 2014.

35 Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres.

antes de su confluencia con el río Record y su tributario en la quebrada Lahuani presentaron valores que cumplieron los ECA para agua; sin embargo, dos puntos en el río Pararani presentaron características alcalinas que incumplieron dichos estándares. Estos comportamientos alcalinos estarían relacionados a la estacionalidad y a la presencia de rocas sedimentarias del Jurásico de la Formación Labra constituida por secuencias de areniscas intercaladas con niveles delgados de lutitas carbonosas y estratos delgados de calizas. Asimismo, las aguas de esta zona fueron casi neutras y con baja concentración de metales.

Las características alcalinas en ambas zonas no influyeron en el desarrollo de los macroinvertebrados bentónicos, debido a que la riqueza de especies se mantuvo similar en mayo y agosto del 2019; asimismo, según el índice Biótico Andino (ABI), la calidad ecológica del agua en esta microcuenca fue similar, oscilando entre Buena y Muy buena en ambos meses. Es importante precisar que en la mayoría de los puntos evaluados se registró la presencia de especies consideradas sensibles.

La evaluación de calidad de aire se realizó en las comunidades campesinas Huanacopampa, Ccahuanhuire y Tambulla. Las direcciones del viento fueron diferenciadas en dos periodos de tiempo, en las que se verificó que las comunidades campesinas, de acuerdo a la dirección del viento, podrían ser influenciadas por el proyecto Haquira.

A partir de los resultados obtenidos del estudio de suelos en las Áreas de Nivel de Fondo (ANF) se podría considerar que las concentraciones de metales pesados, en general, al ser comparados con los ECA para suelos y/o la guía canadiense para suelos de uso agrícola, no fueron elevadas; salvo excepciones en las que los incrementos ocurrieron debido a condiciones naturales. Estos incrementos han causado que los niveles de fondo y de referencia para arsénico, plomo, cobre y zinc fueran superiores al ser comparadas con las normas mencionadas. Se podría decir que estos suelos han logrado un equilibrio entre parámetros edáficos y metales a través de los miles de años de formación. Sin embargo, este equilibrio podría romperse si estos suelos sufren alteraciones antrópicas.

El estudio de flora permitió el registro de 224 especies. Las familias más diversas fueron *Asteraceae* y *Poaceae*, y los géneros más diversos fueron *Calamagrostis* y *Lachemilla*. Los análisis de Escalonamiento Multidimensional No Métrico (NMDS) y de similitud evidenciaron que las formaciones vegetales evaluadas están bien definidas. En la microcuenca Cconchaccota se registraron 135 especies en la Zona I y 126 en la Zona II, de las cuales siete están en categoría de Amenazada y cinco son endémicas. En la microcuenca Pararani se registraron 118 especies en la Zona III y 94 en la Zona IV, de las cuales cuatro especies estaban en categoría de amenaza y tres fueron endémicas.

En cuanto a los anfibios, se registraron cuatro especies del orden Anura, pertenecientes a las familias *Bufo*idae, *Hemiphractidae*, *Leptodactylidae* y *Telmatobiidae*, con una especie de cada una. Respecto a los reptiles, se registraron dos especies pertenecientes al orden *Squamata*, diferenciadas en dos familias: *Colubridae* y *Liolaemidae*.

El estudio de avifauna registrada es típico de ecosistemas altoandinos, y en él se identificaron 41 especies. Los órdenes que presentaron mayor número de especies fueron los *Passeriformes*, *Anseriformes* y *Charadriiformes*. Se registraron dos especies

en la categoría Casi Amenazada y una En Peligro, según el Decreto Supremo N.º 004-2014-MINAGRI; una especie Casi Amenazada y una Vulnerable según la IUCN; y una especie en el Apéndice I y seis en el Apéndice II de la Cites. Se registraron 10 especies listadas en la CMS a nivel de familia y siete endémicas al bioma de los Andes Centrales.

En el estudio de mastozoología se registraron 10 especies de mamíferos, nueve mamíferos mayores y una especie de mamífero menor. Por medio de censos se registraron 30 observaciones, y mediante cámaras trampa se obtuvieron 288 registros. Entre la diversidad de mamíferos silvestres registrados por tipo de hábitats en cámaras trampa resaltaron la vicuña en el bofedal y en el pajonal; y la vizcacha en el pajonal y en el roquedal. Se registró también a la liebre europea (especie considerada como invasora). De acuerdo con el Decreto Supremo N.º 004-2014-AG, el oscollo se encontró comprendido en la categoría de Datos Insuficientes, el puma y la vicuña en la categoría de Casi Amenazado, y la taruca en la categoría de Vulnerable. En la lista de la IUCN, el oscollo se encontró comprendido en la categoría de Casi Amenazado y la taruca en la categoría de Vulnerable.

Bibliografía

Acosta, R., Ríos, B., Rieradevall, M. & Prat, N. (2009). *Propuesta de un Protocolo de Evaluación de la Calidad Ecológica de Ríos Andinos (C.E.R.A) y su Aplicación a dos Cuencas en Ecuador y Perú*. *Limnetica*, 28(1), 35-64.

Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos de América. (2001). *Métodos de recolección, almacenamiento y manipulación de sedimentos para análisis químicos y toxicológicos*. Washington DC, Estados Unidos.

Autoridad Nacional del Agua. (2016). *Protocolo Nacional para el Monitoreo de Calidad de Recursos Hídricos Superficiales*. Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA. Lima, Perú. <https://www.ana.gob.pe/publicaciones/protocolo-nacional-para-el-monitoreo-de-la-calidad-de-los-recursos-hidricos-0>

Cano, A., Mendoza, W., Castillo, S., Morales, M. La Torre, M.I., Aponte, H., Delgado, A., Valencia N. y Vega, N. (2010). *Flora y vegetación de suelos crioturbados y hábitats asociados en la Cordillera Blanca, Ancash, Perú*. *Rev per biol*. 17(1): 095 – 0103.

Convención de Especies Migratorias. (2015). *Appendices I and II*. http://www.cms.int/pdf/en/CMS_Species_6lmg.pdf.

Convención Internacional sobre el Comercio de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. (2017). *Apéndices I, II y III*. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. <http://www.cites.org/esp/app/appendices.shtml/>

Crump, M.L. & N.J. Scott. (1994). *Visual Encounter Surveys*. En: W.M. Heyer, A. Donnelly, R.A. McDiarmid, L.C. Hayec & M.C. Foster (eds). *Measuring and Monitoring Biological*.

Hammer, Ø., Harper, D.A.T., & P. D. Ryan. (2005). *PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis*. *Paleontologia Electronica* 4(1): 9pp. <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-guia-elaboracion-linea-base-guia-identificacion-caracterizacion>

Instituto Nacional de Calidad. (2017). *Método de referencia para la determinación de material particulado respirable como PM_{2,5} en la atmósfera*. NTP 900.069:2017

Instituto Nacional de Calidad. (2018). *Método de referencia para la determinación de material particulado respirable como PM₁₀ en la atmósfera*. NTP 900.030:2018

Ministerio de Agricultura y Riego. (2014). *Lista de clasificación y categorización de las especies amenazadas de fauna silvestre legalmente protegidas*. Decreto Supremo N° 004-2014-MINAGRI. Lima, Perú. <http://minagri.gob.pe/portal/decreto-supremo/ds-2014/10837-decreto-supremo-n-004-2014-minagri>

Ministerio de Salud. (2005). *Protocolo de Monitoreo de la Calidad de Aire y Gestión de los Datos*. Resolución Directoral N° 1424-2005-DIGESA-SA. Lima, Perú. <https://www.gob.pe/institucion/minsa/normas-legales/252225-1424-2005-digesa-sa>

Ministerio del Ambiente. (2014). *Guía para muestreo de suelos*. Resolución Ministerial N° 085-2014-MINAM. Lima, Perú. <http://www.minam.gob.pe/disposiciones/resolucion-ministerial-n-085-2014-minam/>

Ministerio del Ambiente. (2015a). *Guía de inventario de la fauna silvestre*. Resolución Ministerial N° 057-2015-MINAM. Lima, Perú. <http://www.minam.gob.pe/disposiciones/resolucion-ministerial-n-057-2015-minam-2/>

Ministerio del Ambiente. (2015b). *Guía de inventario de la flora y vegetación*. Resolución Ministerial N° 059-2015-MINAM. Lima, Perú. <http://www.minam.gob.pe/disposiciones/resolucion-ministerial-n-059-2015-minam/>

Ministerio del Ambiente. (2008a). *Estándares de Calidad Ambiental para Agua*. Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM. Lima, Perú. <https://www.minam.gob.pe/disposiciones/decreto-supremo-n-002-2008-minam/>

Ministerio del Ambiente. (2008b). *Estándares de Calidad Ambiental para Aire*. Decreto Supremo N° 003-2008-MINAM. Lima, Perú. <http://www.minam.gob.pe/disposiciones/decreto-supremo-n-003-2008-minam/>

Ministerio del Ambiente. (2017a). *Estándares de Calidad Ambiental para Agua*. Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. Lima, Perú. <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-estandares-calidad-ambiental-eca-agua-establecen-disposiciones>

Ministerio del Ambiente. (2017b). *Estándares de Calidad Ambiental para Aire*. Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM. Lima, Perú. <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/DS-003-2017-MINAM.pdf>

Ministerio del Ambiente. (2018). *Guía para la Elaboración de la Línea Base y la Guía para la identificación y caracterización de impactos ambientales, en el marco del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental – SEIA*. Resolución Ministerial N° 455-2018-MINAM. Lima, Perú.

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. (2014). *Reglamento de participación ciudadana en las acciones de monitoreo ambiental a cargo del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental*. Resolución de Consejo Directivo N° 032-2014-OEFA/CD. OEFA. Lima-Perú.

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. (2016). *Evaluación ambiental en las áreas de influencia de las unidades fiscalizables por el OEFA (minería), ubicadas en la intercuenca Alto Apurímac, durante el año 2016*. Informe N° 112-2016-OEFA/DE-SDLB-CEAI.

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. (2019a). *Determinación de niveles de fondo y de referencia para metales y caracterización de parámetros edáficos en áreas de posible afectación de las comunidades campesinas Ccahuanhuire, Huanacopampa, Tambulla y Lahuani dentro del área de influencia del proyecto de exploración Haqira, ubicado en el distrito Challhuahuacho, provincia Cotabambas, y distrito Progreso, provincia Grau, departamento Apurímac*. Informe N° 279-2019-OEFA/DEAM-STEC.

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. (2019b). *Diagnóstico de la situación comunitaria de las localidades ubicadas en el ámbito del proyecto de exploración Haqira*. Informe N° 294-2019-OEFA/DEAM-STEC.

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. (2019c). *Estudio especializado: Caracterización geológica en el ámbito de la Evaluación ambiental temprana en el proyecto de exploración Haqira en el 2019*. Informe N° 271-2019-OEFA/DEAM-STEC.

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. (2019d). *Evaluación ambiental temprana en el área de influencia del proyecto de exploración Haqira de Minera Antares Perú SAC, distritos Challhuahuacho y Progreso, provincias Cotabambas y Grau, departamento Apurímac 2019*. Informe N° 295-2019-OEFA/DEAM-STEC.

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. (2019e). *Evaluación de flora y fauna silvestre en el área de influencia del proyecto de exploración Haqira, distrito Challhuahuacho, provincia Cotabambas y distrito Progreso, provincia Grau, departamento Apurímac*. Informe N° 280-2019-OEFA/DEAM-STEC.

Presidencia del Consejo de Ministros. (2001). *Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire*. Decreto Supremo N° 074-2001-PCM. Lima, Perú. <http://www.minam.gob.pe/disposiciones/decreto-supremo-n-003-2008-minam/>

Tobler, M. (2013). *Camera Base User guide*. Version 1.6. <http://www.atrumbiodiversity.org/tools/camerabase/files/CameraBaseDoc1.6.pdf>

Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. (2019). *The IUCN Red List of Threatened Species Version 2019.1*. <http://www.iucnredlist.org>

Universidad Nacional Mayor de San Marcos. (2014). *Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú*. Ministerio del Ambiente. Lima, Perú.

Base de datos

- Portal Interactivo de Fiscalización Ambiental (PIFA)
<http://datosabiertos.oefa.gob.pe/dashboards/20539/evaluaciones-ambientales-tempranas-eat/>
- Repositorio Institucional del OEFA
<https://repositorio.oefa.gob.pe/handle/20.500.12788/134>

Evaluación Ambiental Temprana en el área de influencia del proyecto minero La Granja.

Distrito de Querecoto, provincia de Chota, departamento de Cajamarca, Perú (2017 - 2018)

Resumen

El Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA), en el marco del principio preventivo de la función de evaluación, realizó entre los años 2017 y 2018 la Evaluación Ambiental Temprana (EAT) en el ámbito de influencia del proyecto de exploración minera La Granja. Esta evaluación contó con la participación ciudadana de los habitantes de los centros poblados Paraguay y La Granja, y de los/as integrantes de la federación de rondas campesinas del distrito de Querocoto, provincia de Chota. El estudio tuvo como objetivo evaluar la calidad ambiental, por lo que se realizaron monitoreos de agua superficial, sedimento, comunidades hidrobiológicas, suelo, aire, flora y fauna. El ámbito de estudio se dividió en cinco zonas: a) microcuenca La Laja, b) microcuenca La Ayraca, c) microcuenca Checos, d) microcuenca Honda y e) subcuenca Paltic.

Los resultados fueron comparados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) vigentes y referencialmente con guías internacionales. Los resultados revelaron que en tres microcuencas y una subcuenca se reportaron valores que superaron los ECA para agua. En el caso de suelos y sedimentos, las cuatro microcuencas y una subcuenca presentaron valores que superaron los ECA y la guía internacional, respectivamente. Entre los factores naturales o antropogénicos que influyeron en los resultados, podrían considerarse la geomorfología, zonas mineralizadas, la presencia de pasivos mineros, entre otros. Durante el monitoreo de aire no se registraron valores de incumplimiento de los ECA de aire. En cuanto a la diversidad de flora y fauna, se registraron 130 especies de flora, tres especies de anfibios, cuatro especies de reptiles, 107 especies de aves y 12 especies de mamíferos.

Palabras clave: minería, Evaluación Ambiental Temprana, agua, sedimento, comunidades hidrobiológicas.

Abstract

The Environmental Assessment and Enforcement Agency (OEFA, for its acronym in Spanish), within the framework of its evaluation function, carried out the Early Environmental Assessment (EAT, for its acronym in Spanish) in the area of influence of the La Granja mining project, which is in the exploration phase, between 2017 and 2018. This evaluation counted with the citizen participation of the residents located in the populated centers of Paraguay and La Granja and members of the federation of rounds of the Querocoto district. The objective of the study was to evaluate the environmental quality in the area of influence of the La Granja mining project; and included the surface water, sediment, hydrobiological communities, soil, air, flora and fauna monitoring. The study scope was divided into five zones: a) La Laja micro-basin, b) La Ayraca micro-basin, c) Checos micro-basin, d) Honda micro-basin and e) Paltic sub-basin.

The results were compared with current environmental quality standards (ECA, for its acronym in Spanish) or referentially with international guidelines. The water results revealed that in three micro-basins and one sub-basin values exceeded the ECA for water. In the case of soil and sediment, the four micro-basins and one sub-basin presented values that exceeded the ECA and international guide, respectively. Among

the natural or anthropogenic factors that influence the results, the geomorphology, mineralized zones, the presence of mining liabilities, among others, could be considered. During air monitoring, no values were recorded that did not comply with the quality standard. Regarding the diversity of flora and fauna, 130 species of flora, three species of amphibians, four species of reptiles, 107 species of birds and 12 species of mammals were recorded.

Keywords: mining, Early Environmental Assessment, water, sediment, hydrobiological communities.

Equipo a cargo del estudio

Profesión	Equipo técnico
Biología	García Aragón, Francisco; Luna Campos, Kilmenia; Chama Moscoso, Víctor; Cáceres Muña, Alex; Guzmán Caldas, Alfredo; Crespo More, Segundo; Chunga Benavides, Dany; Escobedo Torres, Mario
Ingeniería Química	Fajardo Vargas, Lázaro; Ancco Pichuilla, Luis; Julca Cruz, Richard
Ingeniería Ambiental	Pancca Chino, José; Pinto Cieza, Lucila
Ingeniería Geológica	Pechuga Melgar, Jacqueline

Objetivo

Evaluar la calidad ambiental en el área de influencia del proyecto minero La Granja, en los años 2017 y 2018, a fin de orientar el ejercicio de la fiscalización ambiental para la prevención de impactos ambientales negativos.

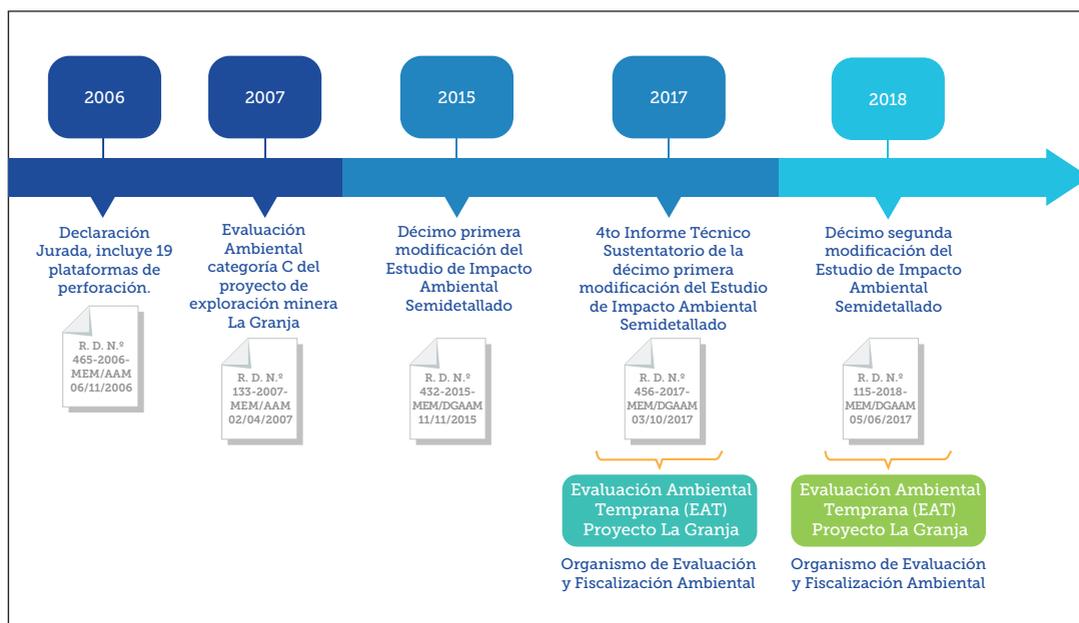
Antecedentes

El proyecto de exploración minera La Granja (en adelante, proyecto minero La Granja), administrado por la empresa Rio Tinto Minera Perú Limitada S.A.C. (en adelante Rio Tinto), inició sus actividades con el fin de explotar cobre en el año 2006, a través del desarrollo de un estudio del yacimiento por etapas, obteniendo diversos permisos ambientales para la ejecución de las actividades de exploración, el cual comprende una Declaración Jurada y su modificatoria aprobada en el 2006, y una Evaluación Ambiental aprobada en el 2007 y sus 12 modificatorias. En la Figura 1 se pueden apreciar los principales instrumentos ambientales.

Para la planificación de la evaluación ambiental se revisaron los informes de monitoreo ambiental e Instrumentos de Gestión Ambiental (IGA) del proyecto minero La Granja que sirvieron de insumo para identificar a los/as agentes sociales involucrados/as, la problemática socioambiental, los objetivos y el área de estudio, así como a la red de muestreo ambiental, los parámetros de muestreo y las herramientas de análisis necesarias. Además, se revisó el informe del monitoreo de calidad de agua superficial en la cuenca del río Chamaya en el 2016, realizado por la Autoridad Administrativa del Agua IV Marañón, de la Autoridad Nacional del Agua (ANA).

Figura 1

Cronología de antecedentes de la EAT en el área de influencia del proyecto minero La Granja.



Aspectos sociales

La EAT en el área de influencia del proyecto minero La Granja se desarrolló considerando lo establecido en el Reglamento de participación ciudadana aprobado por el OEFA¹, realizando seis de las siete etapas² del reglamento, a excepción de la presentación de resultados³. Estas etapas se llevaron a cabo entre julio del año 2017 a diciembre del 2018 e involucró a los actores sociales del ámbito de influencia del proyecto minero La Granja.

1 Aprobado mediante Resolución de Consejo Directivo N° 032-2014-OEFA/CD y su modificatoria mediante Resolución de Consejo Directivo N° 003-2016-OEFA/CD.

2 Etapa 1: Coordinación previa con los actores involucrados; Etapa 2: Convocatoria; Etapa 3: Inscripción en los programas de inducción; Etapa 4: Realización de la inducción; Etapa 5: Taller para la presentación de la propuesta del plan; Etapa 6: Ejecución del monitoreo, Etapa 7: Presentación de resultados.

3 La presentación de resultados, planeada para marzo de 2020, no se realizó debido a la crisis sanitaria, confirmada mediante declaración de "Estado de Emergencia Nacional por las graves circunstancias que afectan la vida de la Nación a consecuencia del brote del COVID-19", aprobado por Decreto Supremo N° 044-2020-PCM

Tabla 1

Etapas de la participación ciudadana en las acciones del muestreo ambiental a cargo del OEFA

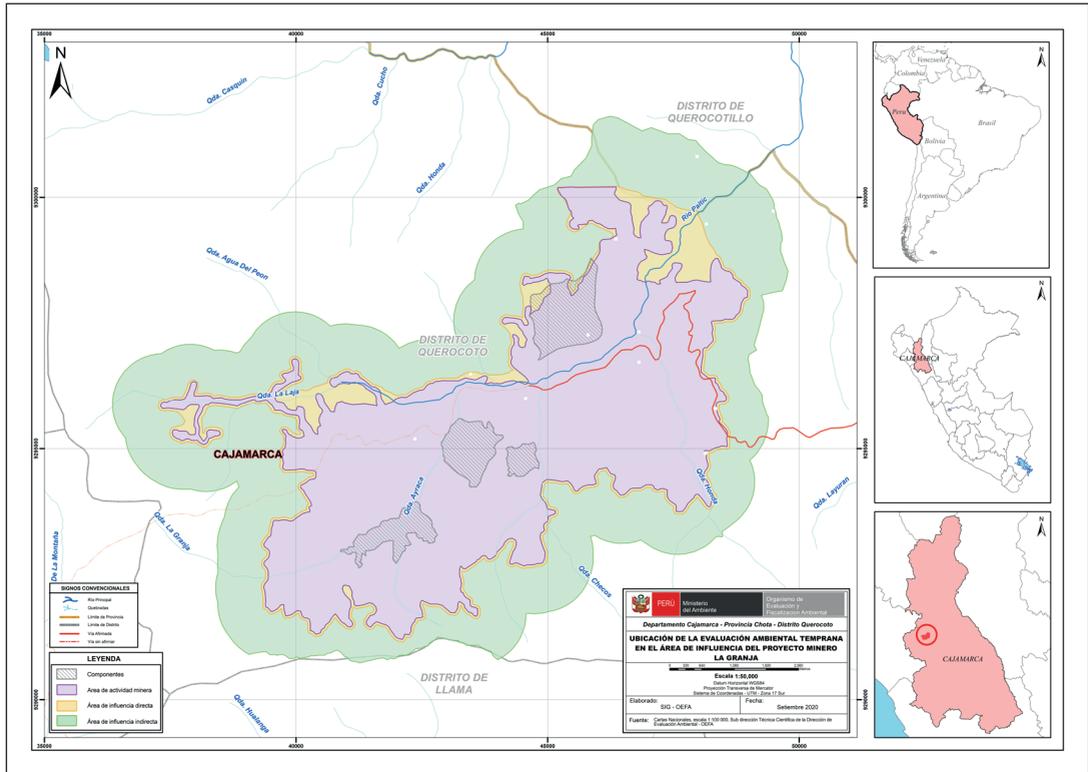
Etapa	Actividad
Visita de reconocimiento	<ul style="list-style-type: none"> Se realizó del 4 al 9 de junio de 2017. Su objetivo fue establecer un primer contacto con la ciudadanía y autoridades del área de estudio a evaluar.
Etapa 1 Coordinación con los/as agentes involucrados/as Etapa 2 Convocatoria Etapa 3 Inscripción a los programas de inducción.	<ul style="list-style-type: none"> Las etapas mencionadas se desarrollaron del 4 al 14 de julio de 2017, y en ellas se realizaron reuniones de coordinación previa con los representantes de la empresa Rio Tinto Minera Perú S.A.C., Municipalidad Distrital de Querocoto, caseríos Santa Isabel, La Palma, El Verde, Cundín, Nuevo Amanecer, La Fila del centro poblado Paraguay, caseríos Checos, La Iraca, La Lima, La Uñiga, La Pampa y el Sauce del centro poblado La Granja, Federación de rondas campesinas del distrito de Querocoto, Comité de vigilancia ambiental de los centros poblados Paraguay y La Granja.
Etapa 4 Realización de la inducción Etapa 5 Taller para la presentación de la propuesta de la EAT	<ul style="list-style-type: none"> Los talleres de inducción y presentación de la propuesta del plan de trabajo se desarrollaron del 20 al 26 de julio de 2017, con representantes de los centros poblados de Paraguay y La Granja.
Etapa 6 Ejecución de la EAT	<ul style="list-style-type: none"> El primer muestreo se realizó del 2 al 14 de septiembre de 2017, el segundo muestreo del 7 al 21 de febrero de 2018 y el tercer muestreo del 3 al 14 de setiembre de 2018.

Área de estudio

El área de estudio comprendió el ámbito de influencia ambiental directa e indirecta del proyecto minero La Granja, que se encuentra en el distrito de Querocoto, provincia de Chota, departamento de Cajamarca. Esta área se ubica dentro de los bosques montanos sudamericanos que se inician en las primeras estribaciones andinas y llegan a considerables altitudes (Young y Valencia, 1992). La zona de estudio está enmarcada en la cuenca Chamaya y la hidrografía está definida por el área geográfica que comprende los ríos Paltic, La Ayraca y La Lima, y las quebradas Checos, Honda y otros afluentes del río Paltic.

Figura 2

Ubicación de la EAT desarrollada en el ámbito de influencia del proyecto minero La Granja.



Período de estudio

La evaluación se realizó en el 2017 y 2018, y comprendió las siguientes etapas:

- Visita de reconocimiento del 4 al 9 de julio del 2017.
- Coordinación previa, convocatoria e inscripción a programas de inducción del 4 al 14 de julio del 2017.
- Inducción y taller para la presentación de la propuesta de la EAT del 20 al 26 de julio del 2017.
- Ejecución del monitoreo ambiental que contempló la realización de tres monitoreos: del 2 al 14 de septiembre del 2017 (época seca) se tomaron muestras de los componentes ambientales de agua superficial, sedimento, comunidades hidrobiológicas, suelo y aire; y se realizó la evaluación de fauna (aves y mamíferos); del 7 al 21 de febrero del 2018 (época de lluvia) se tomaron muestras de los componentes ambientales de agua superficial, sedimento, comunidades hidrobiológicas y suelo; y del 3 al 14 de setiembre del 2018 se realizó la evaluación de flora y fauna (anfibios, reptiles, aves y mamíferos).

Figura 3

Cronología de las etapas comprendidas en la EAT en el ámbito de influencia del proyecto minero La Granja.



Metodología

El muestreo de agua se realizó en 41 puntos en época seca y 48 puntos en época de lluvia. En ambos casos se emplearon como referencia los lineamientos del Protocolo nacional para el monitoreo de calidad de recursos hídricos superficiales (ANA, 2016). Asimismo, se realizó la clasificación hidroquímica mediante el diagrama de Ficklin, basada en el pH versus metales combinados (pesados), donde las aguas pudieron ser clasificadas de acuerdo con el pH y el contenido total de metales disueltos.

Debido a que no se cuenta con un protocolo nacional aprobado para la toma de muestras de sedimentos, se utilizó a modo referencial el manual técnico de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA, por sus siglas en inglés), denominado Métodos para colección, almacenamiento y manipulación de sedimentos para análisis químicos y toxicológicos (EPA, 2001). El muestreo de sedimentos comprendió 16 puntos en época seca y ocho puntos en época de lluvia. Además, se realizó la evaluación de metales solubles a través del método de extracción secuencial según la metodología de Tessier en dos muestras, para determinar la potencial movilidad y biodisponibilidad de ciertos elementos presentes en los sedimentos y su relación con los puntos de monitoreo de agua.

El muestreo de suelos consideró la evaluación de 25 puntos en época seca para la caracterización edafológica, y 80 puntos en época de lluvia para calidad de suelos, y consideró las recomendaciones de la Guía para muestreo de suelos (Minam, 2014).

Con respecto a los métodos y criterios utilizados para la evaluación ambiental de la calidad del aire, se consideró lo señalado en el Protocolo de monitoreo de la calidad del aire y gestión de los datos (Digesa, 2005), el mismo que consideró dos puntos de muestreo en los centros poblados La Granja y Paraguay.

La colecta de comunidades hidrobiológicas tuvo como base metodológica las técnicas de muestreo descritas en el manual de Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú (Unmsm, 2014), el cual consideró 20 puntos de colecta de perifiton y macroinvertebrados bentónicos en época seca; y 41 puntos de colecta de perifiton, 28 puntos de macroinvertebrados bentónicos y 17 puntos de peces en época de lluvia. El análisis de las comunidades hidrobiológicas se basó en el cálculo de diferentes atributos de la comunidad; tales como composición, riqueza, abundancia e índices de diversidad alfa y beta. Asimismo, se determinó la calidad biológica del agua que se estimó a través del Índice Biótico Andino (ABI, por sus siglas en inglés) planteado por Ríos-Touma (Ríos-Touma, *et al.* 2014), el cual suma los valores de sensibilidad de cada familia de macroinvertebrados bentónicos.

Para el caso de la flora silvestre se consideró la evaluación de seis Parcelas Permanentes de Muestreo (PPM), cuya metodología está establecida en el Manual de campo para el establecimiento y remediación de parcelas (Phillips *et al.*, 2009) y en la Guía de inventario de la flora y vegetación (Minam, 2015). El material botánico colectado fue procesado en las instalaciones del Herbario HOXA⁴ y la determinación taxonómica se realizó de acuerdo con el sistema del Grupo Filogenético de las Angiospermas (APG III) (Chase y Reveal, 2009). Para definir el estado de las especies en estado de conservación registradas en el área de estudio, se determinó su presencia o ausencia en listas de conservación como la Lista Roja de especies amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, por sus siglas en inglés, 2018) y los apéndices de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (Cites, 2017) en donde el Apéndice I de la convención determina cuáles son las especies en peligro y los Apéndices II y III señalan las especies que están más relacionadas con la extracción y comercio.

Para la evaluación de fauna se consideraron los lineamientos de la Guía de inventario de la fauna silvestre (Minam, 2015), y consideró la realización de 39 Búsquedas por Encuentro Visual (VES, por sus siglas en inglés) para el registro de los anfibios y reptiles; nueve estaciones de búsqueda intensiva y cinco redes de niebla para el registro de aves; y el recorrido de ocho transectos lineales y la instalación de 13 cámaras trampa para el registro de mamíferos.

Parámetros de comparación

Se presentan los parámetros evaluados en agua, aire, sedimentos y suelo que fueron comparados con un ECA establecido en la legislación peruana y/o norma internacional. Los demás componentes evaluados no presentan ninguna norma de comparación.

4 Ubicado en la provincia de Oxapampa, región de Pasco, Perú.

Tabla 2

Resumen de los parámetros evaluados por matriz y estándar de comparación.

Matriz	Parámetro evaluado		Estándar de comparación
Agua superficial (ríos, quebradas y afloramientos)	<ul style="list-style-type: none"> • pH • Oxígeno disuelto • Conductividad • Cloruros • Sulfatos • Nitratos + Nitritos • Bicarbonatos • Demanda Química de oxígeno • Aluminio total • Arsénico total • Bario total • Berilio total 	<ul style="list-style-type: none"> • Boro total • Cadmio total • Cobalto total • Cromo total • Cobre total • Hierro total • Litio total • Manganeseo total • Mercurio total • Níquel total • Plomo total • Selenio total • Zinc total 	ECA para agua categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales (2017) ^a .
Agua superficial (Manantiales)	<ul style="list-style-type: none"> • pH • Oxígeno disuelto • Conductividad • Cloruros • Sólidos disueltos totales • Sulfatos • Aluminio total • Antimonio total • Arsénico total • Bario total • Berilio total • Boro total 	<ul style="list-style-type: none"> • Cadmio total • Cromo total • Cobre total • Mercurio total • Manganeseo total • Molibdeno total • Níquel total • Plomo total • Selenio total • Uranio total • Zinc total 	ECA para agua categoría 1: Poblacional y Recreacional (2017) ^b .
Aire	<ul style="list-style-type: none"> • Material particulado menor a 10 micras (PM¹⁰) 		ECA para aire (2017) ^c
	<ul style="list-style-type: none"> • Metales totales en PM¹⁰ 		ECA de Canadá (2012) ^d
Sedimentos	<ul style="list-style-type: none"> • Arsénico, Cadmio, Cromo, Cobre, Mercurio, Plomo, Zinc 		Guía de Calidad Ambiental de Canadá (CEQG – SQG) ^e
Suelo	<ul style="list-style-type: none"> • Mercurio, Arsénico, Bario, Cadmio, Cromo, Plomo 		ECA para suelos (2017) ^f

a Estándares de calidad ambiental para agua categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales, en las Subcategorías D1: Riego de vegetales y D2: Bebida de animales, aprobados mediante Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM.

b Estándares de calidad ambiental para agua categoría 1: Poblacional y Recreacional en la Subcategoría A: Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable aprobado mediante Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM

c Estándares Nacionales de Calidad del Aire aprobados mediante Decreto Supremo N.º 003-2017-MINAM.

d Estándares de calidad ambiental del Ministerio de Ambiente de Canadá (Ontario's Ambient Air Quality Criteria-AAQC), 2012

e Guías de Calidad Ambiental de Canadá (CEQG, por sus siglas en inglés); Guías de calidad para sedimentos (SQG por sus siglas en inglés) actualizado al 2014; Guías para calidad de sedimentos interinos: ISQG por sus siglas en inglés y Nivel de Efecto Probable (PEL, por sus siglas en inglés).

f Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Suelos. Suelo de uso agrícola y suelo industrial aprobados mediante Decreto Supremo N.º 002-2013-MINAM.

Resultados

Modelo conceptual

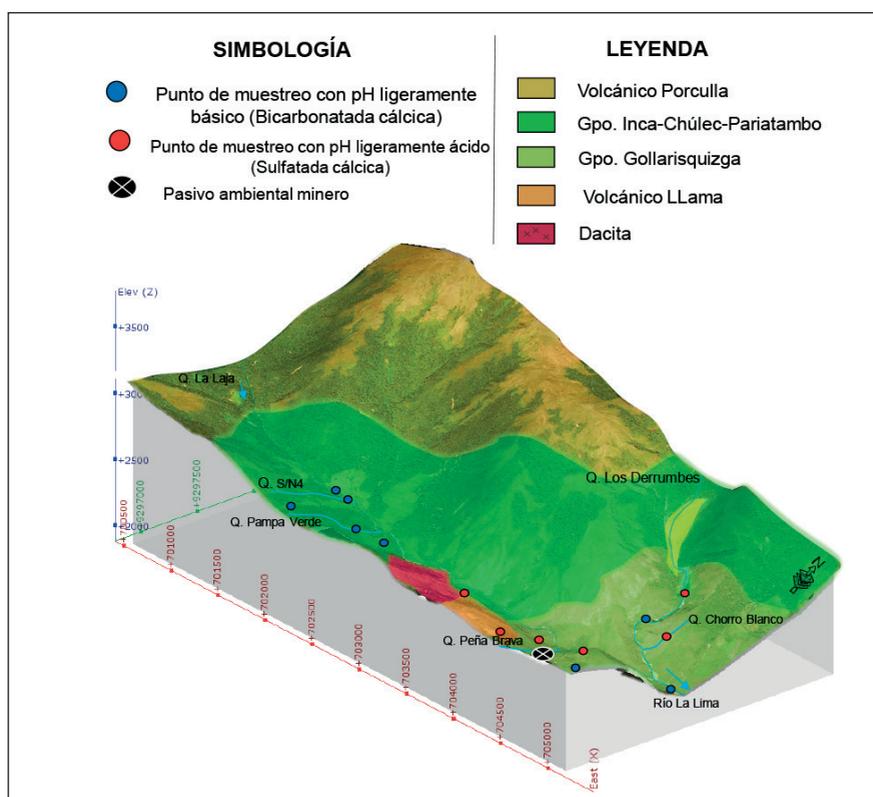
Para un mejor análisis, se dividió el estudio en cinco zonas, cuatro corresponden a las microcuencas La Laja, La Ayraca, Checos y Honda, y una a la subcuenca Paltic.

Microcuenca La Laja

Los parámetros evaluados en el agua de la quebrada La Laja y sus tributarios Pampa Verde y Sin Nombre 4 cumplieron los ECA categoría 3, cuyas aguas se clasificaron como bicarbonatadas cálcicas, que podrían estar relacionadas a las características geológicas. Además, se evidenció la presencia de arsénico, cadmio, cobre, plomo y zinc en el sedimento de las quebradas Pampa Verde y Sin Nombre 4 que superaron los valores de la norma de referencia canadiense⁵, los mismos que no influyeron en la calidad del agua ni el desarrollo de las comunidades hidrobiológicas, debido a que presentaron una distribución homogénea de la riqueza, abundancia y diversidad del perifiton y los macroinvertebrados bentónicos.

Figura 4

Modelo conceptual de la Microcuenca La Laja.



Los parámetros analizados en el río La Lima, ubicado en la parte baja de la microcuenca, cumplieron los ECA para agua categoría 3, a excepción del valor de pH (6,36), que fue ligeramente ácido sólo en la temporada seca. Sin embargo, presentó los menores valores de riqueza, abundancia y diversidad de comunidades hidrobiológicas en comparación con los demás puntos.

Se debe considerar que la parte baja del río La Lima recibió el aporte de las quebradas de Los Derrumbes y Chorro blanco, afectadas por procesos de geodinámica externa; y la quebrada Agua del Peón cumplió con el estándar de comparación con facie bicarbonatada cálcica y presentó el mejor desarrollo de las comunidades hidrobiológicas, las que por sus características no estarían afectando la calidad biológica del agua en la parte baja. Sin embargo, la calidad biológica de la quebrada Peña Brava, que es mala según el ABI, podría tener influencia sobre la parte baja. Además, se debe considerar la cercanía de esta zona a plataformas de perforación y pasivos mineros.

En la quebrada Peña Brava, aportante al río La Lima por la margen derecha, se evidenció la presencia de sólidos suspendidos totales en el agua y concentraciones de cadmio, cobre, manganeso y zinc que superaron el ECA para agua, los cuales, según el análisis de Tessier, se encontraron biodisponibles en los sedimentos. Estas características tuvieron influencia sobre la riqueza, abundancia y diversidad de comunidades hidrobiológicas, las cuales fueron menores en comparación con las demás quebradas, no encontrándose especies de macroinvertebrados calificadas como sensibles. Se debe considerar que en su parte media existieron plataformas ejecutadas, y que en esta zona se presentaron las mayores concentraciones de metales en suelo.

De los 16 puntos evaluados para suelos en la microcuenca La Laja, las concentraciones de arsénico (ocho puntos), cadmio (cinco puntos), plomo (nueve puntos) incumplieron los ECA para suelo de uso agrícola, en tanto que para arsénico (seis puntos) y plomo (dos puntos) superaron el ECA para suelo de uso industrial. Sin embargo, el bario, el cromo y el mercurio no superaron los estándares mencionados. Además, para caracterización edáfica se evaluaron cuatro puntos que presentaron una textura franco arcillosa, buen intercambio catiónico, ligera acidez y nivel de medio a alto de contenido de materia orgánica.

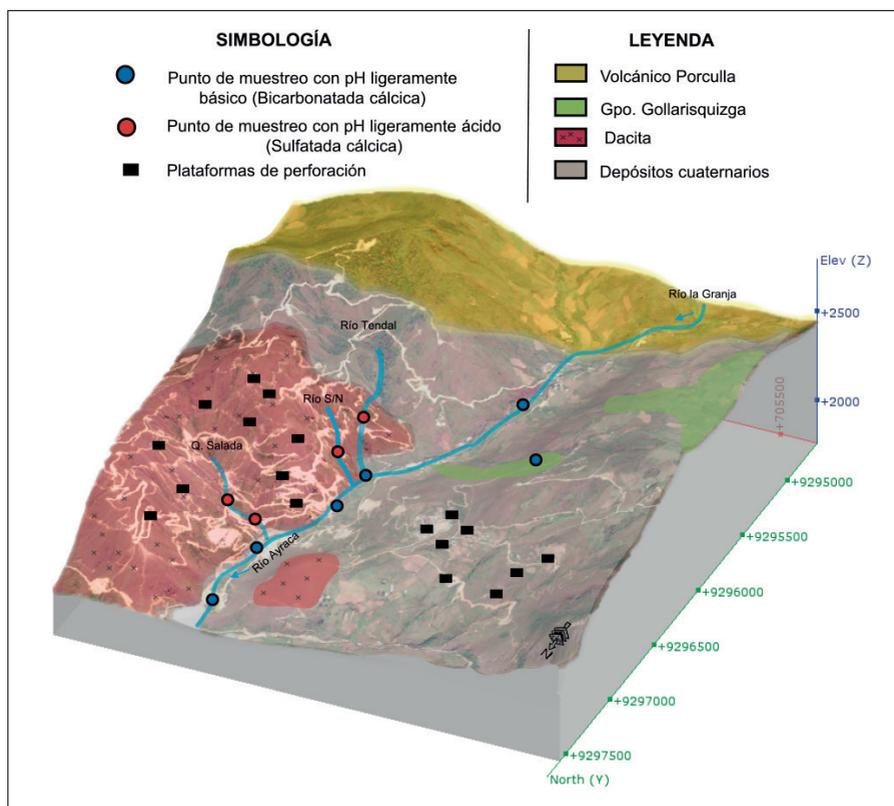
Se evaluaron dos parcelas permanentes, ubicadas en fragmentos de bosque en recuperación (post incendio ocurrido el 2016). La primera parcela presentó 76 individuos arbóreos, distribuidos en 10 familias, 14 géneros y 19 especies. Es importante recalcar que en esta parcela se registró la mayor cantidad de individuos muertos en pie (34 individuos) debido al incendio del 2016, siendo la menos rica en especies. Asimismo, la segunda parcela ubicada en bosque en recuperación (post incendio), presentó 58 individuos arbóreos, distribuidos en 10 familias, 15 géneros y 19 especies. De las especies registradas, una especie se encuentra protegida por la legislación peruana, dos por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN, 2018), tres especies en los listados de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (Cites, 2017); asimismo, dos especies son endémicas.

Las evaluaciones de fauna silvestre se restringieron a los fragmentos de bosque montano ubicados en la parte alta del centro poblado La Lima y algunas áreas para agricultura y ganadería. Los bosques montanos, considerados ecosistemas frágiles, presentaron una diversidad de fauna particular; registrándose 60 especies de aves, siete de mamíferos, un anfibio y un reptil.

Microcuenca La Ayraca

Los parámetros evaluados en el río La Granja, quebrada Tendal, el río La Ayraca y la quebrada Sin nombre 1, ubicados en la parte alta de la microcuenca, no superaron los valores establecidos en los ECA para agua, categoría 3, a excepción de valores de pH con carácter ligeramente ácido para la época seca en la quebrada Tendal y Sin nombre 1, presentando una buena calidad biológica (ABI) y los mayores valores de riqueza, abundancia y diversidad de las comunidades hidrobiológicas (perifiton, macroinvertebrados bentónicos y peces). Además, la presencia de arsénico, cadmio, cobre, plomo y zinc en sedimento que superaron los valores de la norma de referencia canadiense (CEQG, 2014) no influyeron en la calidad del agua ni en el desarrollo de las comunidades hidrobiológicas.

Figura 5
Modelo conceptual de la microcuenca La Ayraca.



La quebrada Salada presentó valores de pH ácido y concentraciones de aluminio, cadmio, cobre y manganeso que incumplen con los ECA para agua categoría 3, clasificada como sulfatada cálcica y ácida con alta carga de metales de acuerdo con el diagrama de Ficklin. Además se evidenció la presencia de arsénico, cobre y plomo en sedimento que incumplieron la norma de referencia canadiense, los cuales se encontraban biodisponibles según el análisis de Tessier. Asimismo, según el Índice ABI, presentaron una calidad mala, siendo la especie más abundante el *Lopescladius* sp. (insecto del orden *Diptera*), cuya presencia indicó afectación hídrica.

Los parámetros analizados en los puntos de muestreo del río La Ayraca, ubicados en la parte baja de la microcuenca, no superaron los valores establecidos en el ECA para agua categoría 3, a excepción del pH que sólo superó en una época en un punto. Además, la presencia de arsénico, cadmio, cobre, plomo y zinc en sedimento que superaron los valores de la norma de referencia canadiense no influyó en la calidad del agua ni en el desarrollo de las comunidades hidrobiológicas.

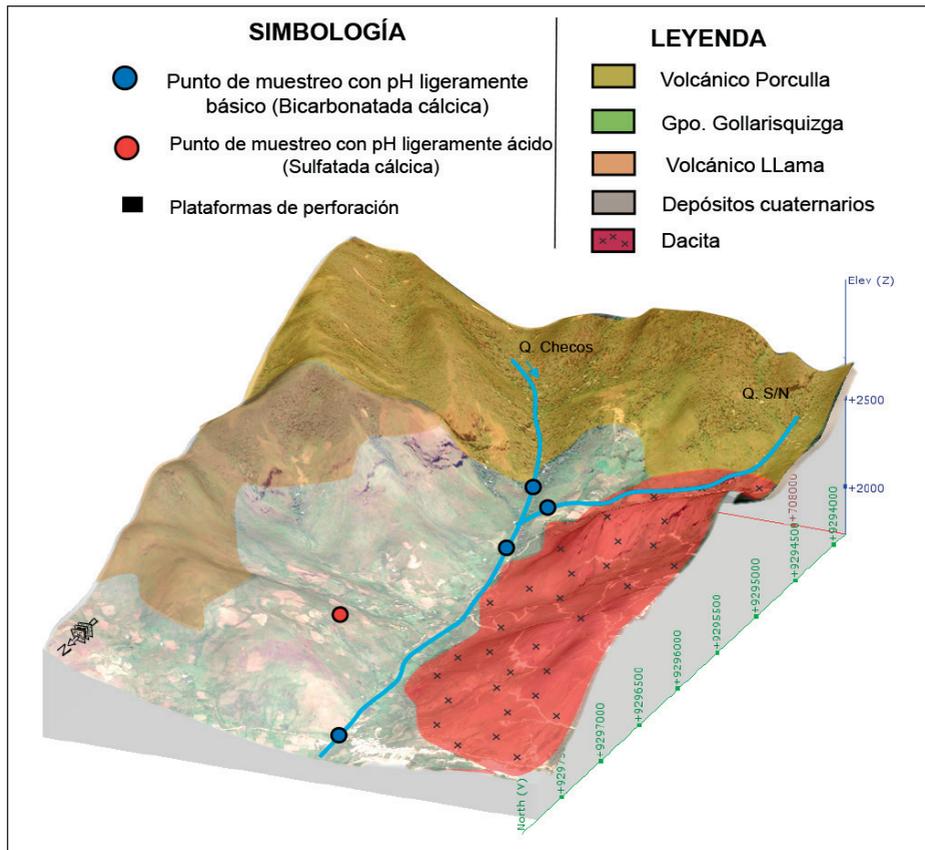
De los ocho puntos evaluados para suelos en la microcuenca La Ayraca, las concentraciones de arsénico (tres puntos), cadmio (tres puntos), plomo (dos puntos) incumplieron los ECA para suelo de uso agrícola; en tanto que sólo las concentraciones de arsénico (un punto) y plomo (un punto) superaron los ECA para suelo de uso industrial. Cabe señalar que el bario, cromo y mercurio no superaron los estándares mencionados.

En flora se evaluó una parcela permanente a la margen derecha de la quebrada Cayalti, que presentó 112 individuos arbóreos, distribuidos en 22 familias, 29 géneros y 37 especies; mientras que en fauna se registraron un total de 33 especies de aves, seis de mamíferos, un anfibio y un reptil. Respecto a las especies incluidas en categorías de amenaza, se registraron tres especies de fauna silvestre.

Microcuenca Checos

Los parámetros evaluados en la quebrada Checos y en su tributario (quebrada Sin nombre 3) no superaron los valores establecidos en los ECA para agua, categoría 3, presentando un comportamiento similar en cuanto a la riqueza, abundancia y diversidad de las comunidades hidrobiológicas, y una calidad biológica moderada, según el índice ABI. Además, se debe destacar que las concentraciones de arsénico y cobre en sedimentos que superaron los valores de la norma de referencia canadiense no influyeron en la calidad del agua ni en el desarrollo de las comunidades hidrobiológicas.

Figura 6
Modelo conceptual de la Microcuenca Checos.



Los parámetros evaluados en el manantial del caserío Checos cumplieron con el ECA para agua, categoría 1, subcategoría A1 del 2017; a excepción de los parámetros pH (época seca: 6,26 y época de lluvia: 6,22), oxígeno disuelto y hierro, que lo incumplieron. Según el análisis hidroquímico, se clasificó como sulfatada cálcica y cercana a la neutralidad con baja carga de metales, de acuerdo con el diagrama de Ficklin.

De los 15 puntos evaluados para suelos en la microcuenca Checos, las concentraciones de arsénico (cinco puntos) y plomo (dos puntos) incumplieron los ECA para suelo de uso agrícola; en tanto que el arsénico (dos puntos) y plomo (un punto) superaron los ECA para suelo de uso industrial. Sin embargo, el bario, cromo, cadmio y mercurio no superaron los estándares mencionados. Además, sólo para la caracterización edáfica se evaluaron dos puntos que presentaron textura franca, no salino, materia orgánica de medio a alto y ligera acidez.

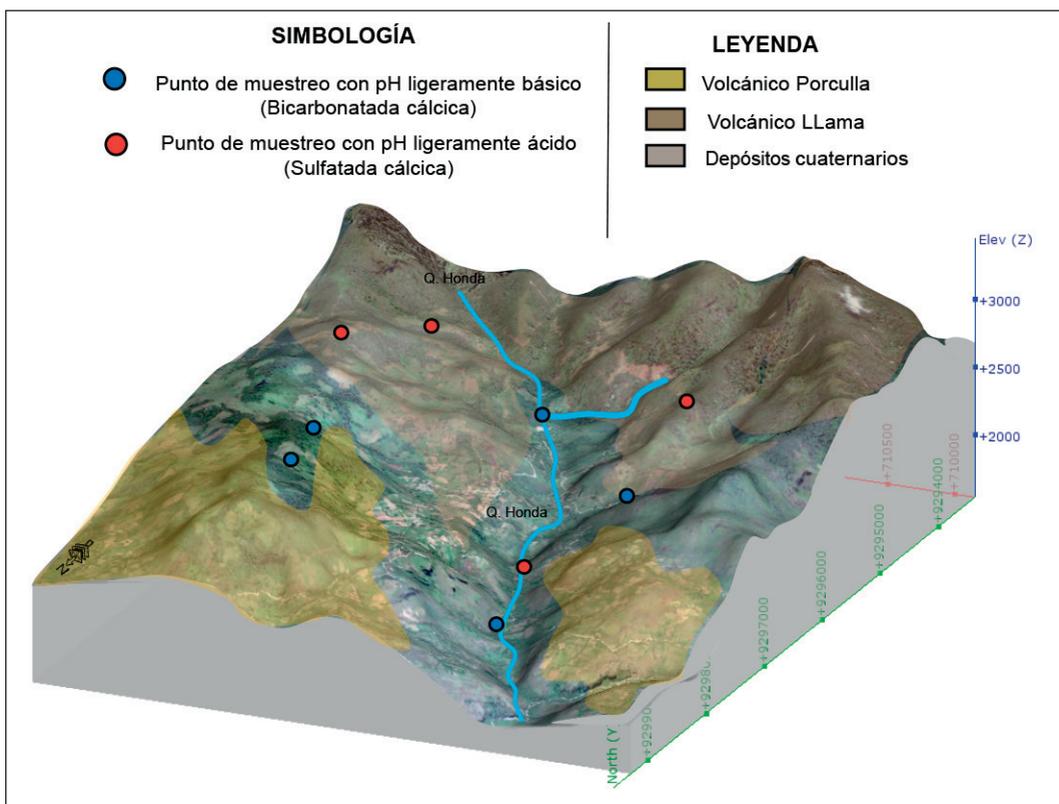
Se evaluó una parcela permanente que presentó 88 individuos arbóreos, distribuidos en 18 familias, 24 géneros y 32 especies, en la que la abundancia de individuos por familia fue más equitativa. Mientras que en fauna se registraron un total de 55 especies de aves, nueve de mamíferos, un anfibio y dos reptiles. Se registraron tres especies dentro de alguna categoría de protección de fauna silvestre.

Microcuenca Honda

Los parámetros evaluados en la parte alta de la quebrada Honda no superaron los valores establecidos en los ECA para agua, categoría 3 y se encontró clasificada como bicarbonatada cálcica; sin embargo presentó una baja riqueza, abundancia y diversidad de comunidades hidrobiológicas en ambas épocas, y calidad biológica mala, según el índice ABI, provocada por las características geomorfológicas (ladera de montañas con pendientes de moderada a alta) y por el tipo de sustrato del cauce (grava y arena).

Figura 7

Modelo conceptual de la Microcuenca Honda.



La parte baja de la quebrada Honda, clasificada como bicarbonatada cálcica, superó los valores de manganeso, hierro y aluminio establecidos en los ECA para agua, categoría 3, sólo en época de lluvia. Cabe resaltar que el punto presentó calidad biológica mala, según el índice ABI, al igual que la parte alta de la quebrada, al presentar las mismas características geomorfológicas.

Los parámetros evaluados en los manantiales ubicados en los caseríos Paraguay, Santa Isabel y La Palma cumplieron con los ECA para agua, categoría 1, subcategoría A1; a excepción del pH en todos los puntos (ligeramente ácido 5,96 a 6,28) que incumplió en al menos una época. Asimismo, según el análisis hidroquímico, las aguas de los manantiales se clasificaron como bicarbonatadas cálcicas. Por otro lado, los manantiales fueron clasificados con pH cercano a la neutralidad y baja carga de metales, de acuerdo con el diagrama de Ficklin.

De los cinco puntos evaluados para suelos en la microcuenca Honda, las concentraciones de arsénico (dos puntos) superaron el ECA para suelo de uso agrícola e industrial; sin embargo, el bario, el cromo, el cadmio, el mercurio y el plomo cumplieron con el estándar mencionado. Además, sólo para la caracterización edáfica se evaluaron ocho puntos que presentaron textura franco arcilloso principalmente, pH ácido, buena capacidad de intercambio catiónico y un nivel medio a alto de materia orgánica.

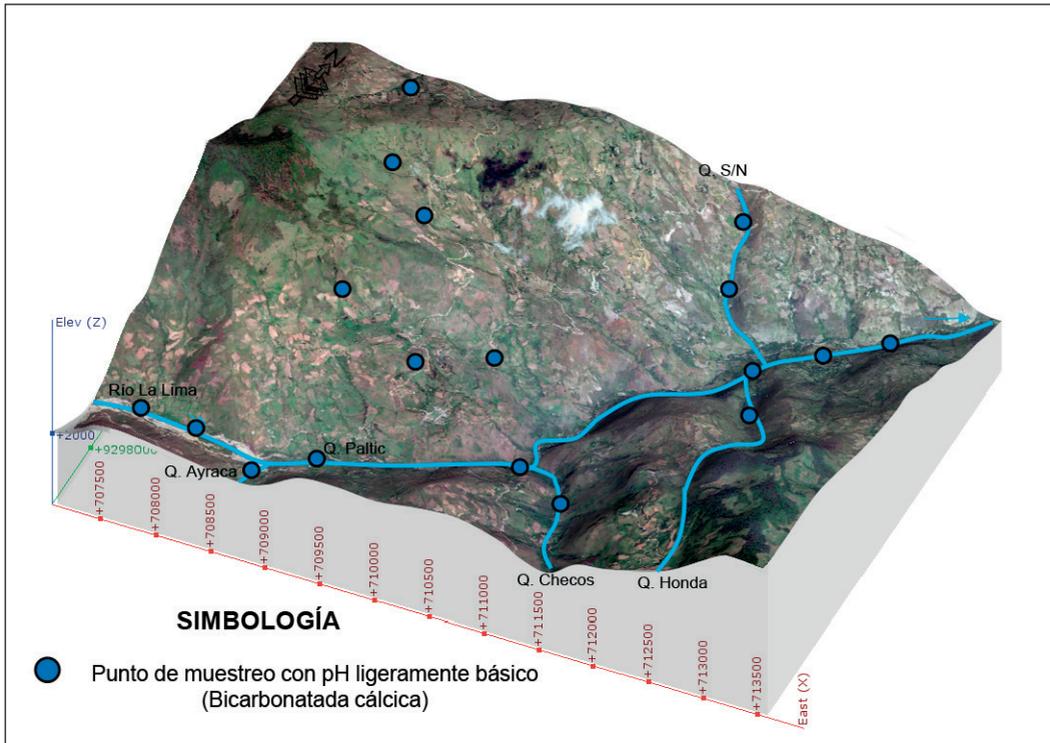
En flora se evaluaron dos parcelas permanentes: la primera parcela presentó 71 individuos arbóreos, distribuidos en 16 familias, 20 géneros y 27 especies; y la segunda parcela presentó 95 individuos arbóreos, distribuidos en 24 familias, 32 géneros y 48 especies. En cuanto a fauna, se registraron 45 especies de aves, cuatro mamíferos, un anfibio y dos reptiles. Las especies incluidas en categorías de amenaza fueron tres especies de fauna silvestre.

Subcuenca Paltic

En la parte alta del río Paltic no se observó una alteración sobre la calidad del agua, presentando una facie sulfatada cálcica y cumpliendo con los valores establecidos en los ECA para agua, categoría 3 en ambas épocas. Además, se determinó que existía un buen desarrollo de las comunidades hidrobiológicas, a pesar de presentar concentraciones de plomo, zinc, arsénico y cobre en sedimentos.

Figura 8

Modelo conceptual de la Subcuenca Paltic.



En la parte medio-alta del río Paltic los parámetros evaluados no superaron los ECA categoría 3, a excepción de pH (6,46) que sólo incumplió en época seca; asimismo, las aguas se clasificaron como sulfatadas cálcicas.

Otro aporte al río Paltic es la quebrada Checos, que estaría influenciando en la reducción de la concentración de sólidos suspendidos totales, lo que se vio reflejado en la recuperación del río Paltic en puntos aguas abajo. Por otro lado, los parámetros evaluados en el río Paltic (dos puntos) no superaron los valores establecidos en los ECA para agua, categoría 3, y se presentó una mejora en la calidad biológica de moderada (época seca) a buena (época de lluvia) en uno de los puntos; mientras que en el otro punto se presentó una calidad biológica de moderada (época seca) a mala (época de lluvia), según el índice ABI. Además, la presencia de arsénico, cobre, plomo y zinc en sedimentos no influenció en la calidad del agua ni en el desarrollo de las comunidades hidrobiológicas.

Asimismo, los parámetros evaluados en la quebrada Mal Paso, aportante del río Paltic (margen izquierda) no superaron los ECA para agua, categoría 3, clasificada como bicarbonatada cálcica según el diagrama de Piper; y con la más alta riqueza, abundancia y diversidad, así como la mejor calidad biológica, según el índice ABI, en comparación con las demás quebradas.

En la parte baja del río Paltic todos los parámetros evaluados cumplieron con los ECA para agua, categoría 3, a excepción del aluminio, hierro y manganeso, que incumplieron sólo en época seca, posiblemente debido al desarrollo de actividades de remoción de cauce. En toda esta zona la calidad biológica fue buena, debido a la influencia de la quebrada Mal Paso, que contribuyó a la recuperación de la calidad en este tramo del río.

De los 36 puntos evaluados para suelos en la subcuenca Paltic, las concentraciones de arsénico (11 puntos), cadmio (siete puntos) y plomo (12 puntos) superaron los ECA para suelo de uso agrícola, en tanto que sólo el arsénico (un punto) superó los ECA para suelo de uso industrial; sin embargo, el bario, cromo y mercurio no superaron los estándares en mención. Además, sólo para la caracterización edáfica se evaluaron ocho puntos que presentaron textura franco arcillosa, acidez, buena cantidad de materia orgánica, no salinos y presentaron de moderada a buena capacidad de intercambio catiónico.

De la comparación referencial de los resultados de metales en sedimento y suelo (todos los puntos evaluados) con los valores de la corteza terrestre se obtuvo la misma tendencia; a excepción del cobre, molibdeno, plomo, zinc y arsénico, que fueron mayores a los valores de la corteza, lo que estaría relacionado a la mineralización que presenta el yacimiento La Granja, el mismo que se encuentra en la franja Metalogenética XX de pórfidos Cu-Mo del cretácico superior⁶. La mayor concentración de los metales en mención se encontraba en los cerros Paja Blanca y El Mirador.

Las concentraciones de material particulado menores a 10 micras en los centros poblados La Granja y Paraguay cumplieron con los ECA para aire; además, las concentraciones de los metales totales evaluados en los dos puntos cumplieron la normativa canadiense comparada referencialmente (AAQC, 2012). Sin embargo, las mayores concentraciones de material particulado y metales en el aire se encontraron en el centro poblado La Granja, lo que estaría asociado a su cercanía con la zona mineralizada, y la resuspensión del material particulado de los suelos posiblemente ocasionados por el tránsito vehicular en las zonas de acceso y áreas sin cobertura vegetal.

En la evaluación de fauna se registraron un total de 53 especies de aves, dos de anfibios y dos de reptiles. Respecto a las especies incluidas en categorías de amenaza, se registró una especie de fauna silvestre.

6 Acosta, J.; Rivera, R.; Valencia, M.; Chirif, H.; Huanacuni, D.; Rodríguez, I.; Villarreal, E.; Paico, D.; & Santisteban, A. (2009). *Memoria: Mapa Metalogenético del Perú 2009*. Lima, Perú: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (Ingemmet).

Conclusiones

Microcuenca La Laja

Los parámetros evaluados en el manantial del caserío La Iraca, en la quebrada La Laja y sus tributarios Pampa Verde, Sin nombre, Agua del Peón y Chorro Blanco, cumplieron con los ECA para agua del 2017. Asimismo, presentaron condiciones adecuadas para el desarrollo de las comunidades hidrobiológicas, debido a que tienen a que tienen una distribución homogénea de la riqueza, abundancia y diversidad en las dos épocas evaluadas (lluvia y seca), mientras que el pH ligeramente ácido de la parte baja del río La Lima se debió al aporte de las quebradas De Los Derrumbes y Peña Brava, que también fueron ligeramente ácidas debido a la geología de la zona.

En esta microcuenca, la quebrada Peña Brava evidenció la presencia de sólidos suspendidos totales y concentraciones de metales de cadmio, cobre, manganeso y zinc que superaron el ECA para agua del 2017, los cuales se encontraron biodisponibles en los sedimentos. Estas características influenciaron sobre la riqueza, abundancia y diversidad de comunidades hidrobiológicas, que fueron menores en comparación con las demás quebradas. En suelo, las concentraciones de metales no superaron los estándares, a excepción del arsénico, cadmio y plomo.

Microcuenca La Ayraca

Los parámetros evaluados en las quebradas Tendal, río La Granja y en el río La Ayraca y su tributario la quebrada Sin nombre 1, no superaron los valores establecidos en los ECA para agua, a excepción del pH con carácter ligeramente ácido para la época seca en tres puntos, presentando una buena calidad biológica y los mayores valores de riqueza, abundancia y diversidad de las comunidades hidrobiológicas. Además, la presencia de arsénico, cadmio, cobre, plomo y zinc en sedimento que superaron los valores de la norma de referencia (CEQG) no influyeron en la calidad del agua, ni en el desarrollo de las comunidades hidrobiológicas.

En esta microcuenca destaca la quebrada Salada, por registrar pH ácido y concentraciones de aluminio, cadmio, cobre y manganeso que incumplieron con los ECA para agua. Además, se evidenció la presencia de arsénico, cobre y plomo en sedimentos que incumplieron la norma de referencia (CEQG), los cuales se encontraron biodisponibles, características que influyeron en las comunidades hidrobiológicas debido a que presentaron una calidad mala, según el índice ABI. Cabe precisar que ésta quebrada recibe la influencia de un pasivo ambiental que genera drenaje ácido. En suelo, los metales no superaron los estándares, a excepción del arsénico, cadmio y plomo.

Microcuenca Checos

Los parámetros evaluados en la quebrada Checos y su tributario, la quebrada Sin nombre, no superaron los valores de los ECA para agua, mientras que las concentraciones de arsénico y cobre en sedimentos que superaron los valores de

la norma de referencia canadiense no influyeron en la calidad ni en el desarrollo de las comunidades hidrobiológicas.

Los parámetros evaluados en el manantial del caserío Checos cumplieron con los ECA para agua, a excepción del pH, oxígeno disuelto y hierro. La ligera acidez del manantial y las concentraciones de hierro estarían relacionadas a los diferentes mecanismos de transporte (escorrentía e infiltración) que a través de la interacción agua-roca aportarían hierro al manantial.

Microcuenca Honda

Los manantiales ubicados en los caseríos Paraguay, Santa Isabel y La Palma, Nuevo Amanecer y El Verde, cumplieron con los ECA para agua, a excepción del pH, que los incumplió en al menos una época. Los parámetros evaluados en la quebrada Honda no superaron los valores establecidos en los ECA para agua, excepto en la parte baja, en la que superaron los valores de manganeso, hierro y aluminio en época de lluvia.

Las comunidades hidrobiológicas presentaron una baja riqueza, abundancia y diversidad y una calidad biológica mala (según el índice ABI) en ambas épocas, provocadas por las características geomorfológicas (ladera de montañas con pendientes de moderada a alta) y por el tipo de sustrato del cauce (grava y arena). En suelo, las concentraciones de metales no superaron los estándares, a excepción del arsénico (dos puntos).

Subcuenca Paltic

Los parámetros evaluados en el río Paltic cumplieron con los ECA para agua, excepto dos puntos que presentaron un pH ligeramente ácido en época seca; y un punto que presentó aluminio, hierro y manganeso en concentraciones que incumplieron con los estándares en época seca. Los manantiales ubicados en los caseríos La Fila, La Uñiga, La Pampa y El Sauce cumplieron con los ECA para agua.

Las comunidades hidrobiológicas presentaron una distribución homogénea de la riqueza, diversidad y abundancia, excepto en un punto, luego de la zona donde se extrae material. En suelo, las concentraciones de metales superaron los ECA, a excepción del arsénico, cadmio y plomo.

Bibliografía

Acosta, R., Ríos, B., Rieradevall, M., y Prat, N. (2009). *Propuesta de un Protocolo de Evaluación de la Calidad Ecológica de Ríos Andinos (CERA) y su Aplicación a dos Cuencas en Ecuador y Perú*. *Limnética*, 28(1): 34-79.

Agencia de Protección Ambiental. (2001). *Métodos de recolección, almacenamiento y manipulación de sedimentos para análisis químicos y toxicológicos*. Washington DC, Estados Unidos.

Autoridad Nacional del Agua. (2016). *Protocolo Nacional para el Monitoreo de Calidad de Recursos Hídricos Superficiales*, aprobado mediante la Resolución Jefatural N.º 010-2016-ANA. Lima-Perú. <https://www.ana.gob.pe/publicaciones/protocolo-nacional-para-el-monitoreo-de-la-calidad-de-los-recursos-hidricos-0>

Canadian Council of Ministers of the Environment. (2009). *Canadian water quality guidelines for the protection of aquatic life: Boron*. Winnipeg. <http://ceqg-rcqe.ccme.ca/download/en/221>

Chase, M. W., y Reveal, J. L. (2009). *A phylogenetic classification of the land plants to accompany APG III*. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 161(2), 122-127.

Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. (2018). *Apéndice I, II y III*. UNEP.

Dirección General de Salud Ambiental. (2005). *Protocolo de Monitoreo de Calidad del Aire y Gestión de Datos*. Resolución Directoral N° 1404/2005/DIGESA/SA. Lima, Perú. <https://www.gob.pe/institucion/minsa/normas-legales/252225-1424-2005-digesa-sa>

Ficklin W.H., Plumlee G.S., Smith K.S., & McHugh J, B. (1992). *Geochemical classification of mine drainages and natural drainages in mineralized areas*. En: Y. Kharaka, A. Maest (Eds.), *Proceedings of water-rock interaction* (pp 381–384). Rotterdam: Balkema.

Ministerio del Ambiente. (2008). *Implementación Estándares de Calidad Ambiental para Agua*. Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM. 30 de julio de 2008.

Ministerio del Ambiente. (2017). *Estándares de Calidad Ambiental para Agua y establecen Disposiciones Complementarias*. Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. 06 de junio de 2017.

Ministerio del Ambiente. (2017). *Estándares de Calidad Ambiental para Aire y establecen Disposiciones Complementarias*. Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM. 06 de junio de 2017.

Ministerio del Ambiente. (2014). *Guía para muestreo de suelos*. Resolución Ministerial N°085-2014-MINAM. Lima, Perú. <http://www.minam.gob.pe/disposiciones/resolucion-ministerial-n-085-2014-minam/>

Ministerio del Ambiente. (2015). *Guía de inventario de la flora y vegetación*. Resolución Ministerial N°059-2015-MINAM. Lima, Perú. <http://www.minam.gob.pe/disposiciones/resolucion-ministerial-n-059-2015-minam/>

Ministerio del Ambiente. (2015). *Guía de inventario de la fauna silvestre*. Resolución Ministerial N°057-2015-MINAM. Lima, Perú. <http://www.minam.gob.pe/disposiciones/resolucion-ministerial-n-057-2015-minam-2/>

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. (2018). *Informe de la Evaluación Ambiental de flora y fauna como parte de la Evaluación ambiental temprana en el área de influencia del proyecto minero La Granja – durante el 2017 y 2018*. Informe N° 377-2018-OEFA-DEAM-STEC.

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. (2018). *Evaluación ambiental temprana en el área de influencia del proyecto minero La Granja durante el 2017 y 2018*. Informe N°0272-2018-OEFA/DEAM-STEC.

Phillips, O.L., Baker, T.R, Feldpausch, T.R. y Brienen, R. (2009). *Manual de campo para la remediación y establecimiento de parcelas*. RAINFOR. Edición 2016. <http://www.rainfor.org/es/manuales>.

Ríos-Touma, B., Acosta, R.; Prat, N. (2014). *The Andean Biotic Index (ABI): revised tolerance to pollution values for macroinvertebrate families and index performance evaluation*. Revista de Biología Tropical, Abril, 249-273 pp.

Universidad Nacional Mayor de San Marcos. (2014). *Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú* / Departamento de Limnología, Departamento de Ictiología, Lima: Ministerio del Ambiente. 75 p. <http://www.minam.gob.pe/diversidadbiologica/wp-content/uploads/sites/21/2014/02/M%C3%A9todos-de-Colecta-identificaci%C3%B3n-y-an%C3%A1lisis-de-comunidades-biol%C3%B3gicas.compressed.pdf>

Young, K. R. y N. Valencia. (1992). *Los Bosques Montanos del Perú*. En: Young, K R. y N. Valencia (Eds). Biogeografía, Ecología y Conservación del Bosque Montano en el Perú. Memorias del Museo de Historia Natural, UNMSM (Lima), 21: 5-9.

Base de datos

- Portal de Datos Abiertos
<http://datosabiertos.oefa.gob.pe/dashboards/20539/evaluaciones-ambientales-tempranas-eat/>
- Repositorio Institucional del OEFA
<https://repositorio.oefa.gob.pe/handle/20.500.12788/137>

Evaluación Ambiental Temprana en el área de del proyecto minero Los Chancas.

Distritos de Tapairihua y Pochuanca, provincia de Aymaraes, departamento de Apurímac, Perú (2018)

Resumen

El Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA), en el marco del principio preventivo de la función de evaluación, realizó la Evaluación Ambiental Temprana (EAT) en el ámbito de influencia del proyecto de exploración minera Los Chancas durante el año 2018, involucrando a los/as agentes sociales para generar información sobre la calidad ambiental que oriente al ejercicio de la fiscalización ambiental para la prevención de impactos ambientales negativos. La zona de estudio está ubicada en la cabecera de la Quebrada Pacchantay, tributaria de la margen derecha del río Antabamba. Se realizó el estudio especializado de evaluación de los aspectos químicos del agua y los tipos de reacciones que ocurren en este medio, así como también el muestreo del agua superficial y subterránea en el área de estudio ubicada en el flanco este de la cordillera occidental de los Andes, en las vertientes de la margen derecha del río Antabamba.

Se evaluaron 36 puntos de muestreo de agua superficial (quebradas y lagunas) y 79 puntos de afloramientos de agua subterránea divididos en cinco zonas de estudio. Los resultados de agua superficial (ríos, quebradas y lagunas) y los afloramientos de agua subterránea fueron comparados con la Ley General de Aguas, debido a que el Instrumento de Gestión Ambiental (IGA) fue aprobado con esta ley, y de forma referencial también se compararon con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua del 2017.

Los resultados de agua superficial comparados con la Ley General de Aguas indicaron que en la Zona II se incumplieron los valores de pH, cobre, hierro y níquel, mientras que en la Zona V incumplieron los valores de hierro y níquel. Se incumplieron los ECA para agua en los parámetros de pH para las cinco zonas; mientras que el cobre incumplió parámetros en la Zona II, y el manganeso en las zonas I, II y V.

Por otro lado, los resultados de agua subterránea de la Zona II incumplieron la Ley General de Aguas en los parámetros pH, cobre, hierro y níquel. Mientras que los resultados de agua subterránea de la Zona I comparados con los ECA para agua incumplieron sólo el pH, a diferencia de la Zona II en donde, además del pH, se incumplieron los valores para cobre y manganeso; mientras que en la Zona III, los parámetros pH, hierro, manganeso y aluminio; y en la Zona IV se incumplieron los valores de pH y hierro.

Finalmente, se realizó la caracterización hidroquímica, la cual se enfocó en los puntos de muestro ubicados en las cinco zonas de evaluación de ríos, quebradas, lagunas y afloramientos de agua subterránea. En la Zona I se presentaron facies sulfatadas cálcicas, facies sulfatadas mixtas y facies bicarbonatadas cálcicas; en la Zona II se presentaron facies sulfatadas cálcicas, facies sulfatadas mixtas y bicarbonatadas mixtas; en la Zona III los afloramientos presentaron facies bicarbonatadas cálcicas y/o magnésicas y facies sulfatadas cálcicas y/o magnésicas; en la Zona IV se presentaron facies sulfatadas cálcicas y facies sulfatadas; y por último, en la Zona V se presentaron facies bicarbonatadas cálcicas.

Palabras clave: minería, Evaluación Ambiental Temprana, hidroquímica, agua.

Abstract

The Environmental Assessment and Enforcement Agency (OEFA, by its aronym in Spanish), within the framework of its evaluation function, carried out an Early Environmental Assessment (EAT, by its acronym in Spanish) in the area of influence of the Los Chancas mining exploration project during 2018, involving social agents, to generate information on environmental quality to guide the exercise of environmental inspection for the prevention of negative environmental impacts. The study area is located in the headwaters of the Pacchantay creek, a tributary of the right bank of the Antabamba river. A specialized study was carried out to evaluate the chemical aspects of the water and the types of reactions that occur in this environment, as well as to sample the surface and underground water in the study area located on the eastern flank of the western Andean mountain range, on the right bank of the Antabamba river.

Thirty-six surface water sampling points (streams and lakes) and 79 groundwater outcrops divided into five study areas were evaluated. The results for surface water (rivers, streams, and lakes) and groundwater outcrops were compared with the General Water Law because the Environmental Management Instrument (IGA, for its acronym in Spanish) was approved under this law, and it was also compared with the (ECA, for its acronym in Spanish) for water for 2017 for reference purposes.

The results for surface water compared to the General Water Law indicated non-compliance with pH, copper, iron and nickel values in Zone II, and non-compliance with iron and nickel values in Zone V. The ECA for water were not met for the pH parameters for all five zones; while copper was not met in Zone II, and manganese in zones I, II, and V.

On the other hand, the results for ground water in Zone II were not in compliance with the General Water Law for pH, copper, iron and nickel. The groundwater results for Zone I compared to the ECA for water failed to meet only the pH, unlike Zone II, where in addition to the pH, values for copper and manganese dis not met; while in Zone III the parameters pH, iron, manganese and aluminum were not met; and in Zone IV pH and iron values were not met.

In addition, hydrochemical characterization was performed, which focused on sampling points located in the five evaluation zones of rivers, streams, lagoons and groundwater outcrops. In Zone I there were calcium sulfate facies, mixed sulfate facies and calcium bicarbonate facies; in Zone II there were calcium sulfated, mixed sulfated and mixed bicarbonate facies; in Zone III outcrops presented calcium and/or magnesium bicarbonate facies and calcium and/or magnesium sulfate facies; in Zone IV there were calcium sulfated and sulfated facies; and finally in Zone V there were calcium bicarbonate facies.

Keywords: *mining, Early Environmental Assessment, hydrochemistry, water.*

Equipo a cargo del estudio

Profesión	Equipo técnico
Biología	García Aragón, Francisco; Saldaña Alfaro, Diber
Ingeniería Química	Fajardo Vargas, Lázaro Walther; Ancco Pichuilla, Luis
Química	Chuquisengo Picón, Llojan
Ingeniería Ambiental	Fernández Najarro, Jorge
Ingeniería Geológica	Tejada Cano, Óscar

Objetivo

Evaluar la calidad ambiental del agua superficial y subterránea (afloramientos) en el ámbito del proyecto Los Chancas, a fin de orientar el ejercicio de la fiscalización ambiental para la prevención de impactos ambientales negativos.

Antecedentes

La empresa minera Southern Perú Copper Corporation, Sucursal del Perú, realiza actividades en el proyecto de exploración minera Los Chancas (en adelante, proyecto Los Chancas) desde el año 1998, en un área aproximada de 2,200 hectáreas, entre los distritos de Tapairihua y Pochuanca, en la provincia de Aymaraes, departamento de Apurímac, entre altitudes de 2,800 a 4,075 m s.n.m., a una distancia aproximada de 80 km de la ciudad de Abancay. Este proyecto de exploración minera se desarrolla en un pórfido de cobre, oro y molibdeno localizado en roca volcánica hipoabisal de la composición dacítica¹ que presenta argilización² fuerte y silicificación³ en grado leve a moderado, relacionado directamente con la presencia de mineralización en la zona.

Para conocer el estado de la calidad del agua relacionado al ámbito del proyecto Los Chancas se procedió a identificar las actividades extractivas o productivas de dicho proyecto. Asimismo, se realizó una recopilación, revisión y síntesis de la información ambiental existente en el ámbito del estudio y se revisaron los IGA aprobados por el Ministerio de Energía y Minas (Minem): Evaluación Ambiental del proyecto Los Chancas⁴, Modificación de la Evaluación Ambiental del proyecto Los Chancas⁵ y la modificación del cronograma de ejecución del proyecto Los Chancas⁶. En la Figura 1 se presenta la cronología de los antecedentes de la EAT en el ámbito de dicho proyecto minero.

1 Roca ígnea volcánica, ácida, equivalente de la granodiorita, tiene textura afanítica.

2 Proceso de transformación de los feldespatos y otros silicatos aluminicos en arcilla.

3 Sustitución parcial o total del carbonato de calcio o de los elementos orgánicos por sílice, bajo la forma de ópalo o calcedonia.

4 Aprobado mediante Resolución Directoral N° 220-2001-EM/DGAA, el 11 de julio del 2011.

5 Aprobado mediante Resolución Directoral N° 170-2008-MEM-AAM, el 15 de julio del 2008.

6 Aprobado mediante Resolución Directoral N° 344-2010-MEM-AAM, el 20 de octubre del 2010.

De acuerdo con la información descrita en los IGA aprobados, los cuerpos de agua ubicados en el ámbito del proyecto presentaron parámetros que incumplieron la normativa nacional establecida en el año 1969⁷.

Figura 1

Cronología de antecedentes de la EAT en el ámbito del proyecto Los Chancas.



Aspectos sociales

La participación de la ciudadanía en el proceso de la fiscalización ambiental es de vital importancia. En consecuencia, la Dirección de Evaluación Ambiental del OEFA vio por conveniente desarrollar la EAT en el ámbito del proyecto Los Chancas sobre la base de lo establecido en el Reglamento de participación ciudadana en las acciones de monitoreo ambiental, aprobado en el 2014⁸ y modificado en el 2016⁹.

Tabla 1

Etapas de la participación ciudadana en las acciones del monitoreo ambiental a cargo del OEFA.

Etapa	Actividad
Etapa 0: Visita de reconocimiento	<ul style="list-style-type: none"> Del 12 al 16 de agosto y del 14 al 19 de septiembre del 2018: primer contacto con la ciudadanía y reconocimiento general del área de estudio.
Etapa 1: Coordinación previa con los/as agentes involucrados/as	<ul style="list-style-type: none"> Del 12 al 16 de agosto del 2018: se realizaron reuniones de coordinación previa con los/as representantes de las siguientes comunidades campesinas, anexos y municipalidades distritales: Municipalidad Distrital de Tapairihua, Anexo Quishque, Anexo Chocccamarca, Anexo Huayao, Anexo Socco, Anexo Ccoriray Anexo Layme, Anexo Pallccora, JAS Sojjo, JAS Chocccamarca, Frente de Defensa Tapairihua, Frente de Defensa Chocccamarca, Asociación de Agricultores Pallccora, Municipalidad distrital de Poconuanca, Frente de Defensa Tiaparo, Comité de Lucha Tiaparo, Frente de Defensa Anexo Huancaquito y Tambo Sarayca.

7 Aprobado mediante Decreto Supremo N° 261 – 69 – AP, el 12 de diciembre de 1969.

8 Aprobado mediante Resolución de Consejo Directivo N° 032-2014-OEFA/CD, el 2 de setiembre del 2014.

9 Modificado mediante Resolución de Consejo Directivo N° 003-2016-OEFA-CD, el 24 de febrero del 2016.

Etapa	Actividad
<p>Etapa 2: Realización de convocatoria</p> <p>Etapa 3: Inscripción a los programas de inducción</p> <p>Etapa 4: Inducción</p> <p>Etapa 5: Taller para la presentación de la propuesta de la EAT</p>	<ul style="list-style-type: none"> Las etapas mencionadas se realizaron del 15 al 16 de septiembre y el 12 de octubre del 2018, y contaron con la participación de 76 hombres y 66 mujeres.
<p>Etapa 6: Ejecución de la EAT</p>	<ul style="list-style-type: none"> El muestreo se realizó del 9 al 19 de octubre del 2018

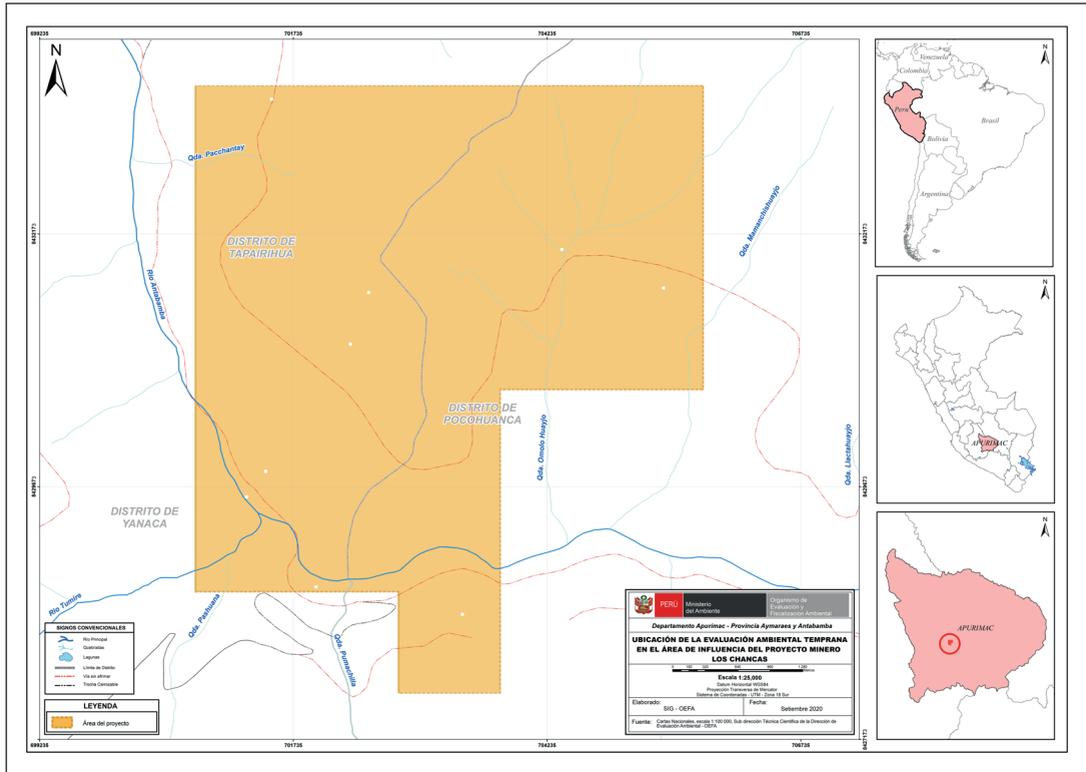
Área de estudio

El área de estudio pertenece a la intercuenca Alto Apurímac; ubicándose en la microcuenca de las quebradas Pacchantay, Omolo Huayjo, Mamanchusihuayjo y Sillancay, y del río Suichu, los cuales son tributarios del río Antabamba. El área de estudio se ilustra en la Figura 4, y fue dividida en cinco zonas:

- **Zona I:** comprende las quebradas Accoñose, Omolo Huayjo, Chacahuaycco, Mamachahuayco y las lagunas Tirane y Tampacocha.
- **Zona II:** comprende las quebradas Pacchapata, Negro Puquio, Huaccamolle, Luychu Puquio, Ccello Puquio y Qocha Wayjo.
- **Zona III:** comprende las quebradas Mujiña, Luychani, Asnomoqo, Qairacorrall, Qochapampa, Lloqllasqa y Chuqawampa wayqo.
- **Zona IV:** comprende las quebradas Sillancay, Lambrashuaico, Chuqawampa wayqo, Uchuy Uncani y el río Chiucho.
- **Zona V:** comprende la quebrada Huascuya y el río Antabamba

Figura 5

Mapa de ubicación de la zona de estudio.



Período de estudio

El periodo de estudio de la EAT en el ámbito del proyecto Los Chancas inició con la etapa de coordinación previa con los/as agentes sociales, del 12 al 16 de agosto y del 14 al 19 de setiembre del 2018; la ejecución del muestreo se realizó entre el 9 y el 19 de octubre del 2018, y la etapa de gabinete se realizó hasta la emisión del informe final¹⁰, el 30 de noviembre del 2018.

Metodología

La metodología aplicada para la evaluación del agua de ríos, quebradas, lagunas, y afloramientos (agua subterránea) se enmarcó en tres referencias: el Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales¹¹, el Manual de campo nacional para la recopilación de datos sobre la calidad del agua¹² y el Manual de buenas prácticas en la investigación de sitios contaminados: muestreo de aguas subterráneas¹³.

10 Aprobado mediante informe N° 347-2018-OEFA/DEAM-STEAC.

11 Aprobado mediante Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA, el 11 de enero del 2016.

12 National Field Manual for the Collection of Water-Quality Data de la U.S. Geological Survey TWRI book 9 (2015)

13 Sección 2 del Manual de buenas prácticas en la investigación de sitios contaminados muestreo de aguas subterráneas, Ministerio del Ambiente (2016)

La evaluación hidroquímica comprendió la elaboración de diagramas hidroquímicos que permitieron caracterizar las aguas en función a su concentración de sales, predominancia catiónica y aniones (tipo de agua) e interacción con la parte orgánica y roca. Asimismo, se realizó la clasificación del agua superficial (quebradas, ríos y lagunas) y afloramientos con el diagrama de Ficklin, el cual se basó en la suma de los metales disueltos (zinc, cobre, cadmio, plomo, cobalto y níquel) en relación con los valores de pH. Es importante señalar que el diagrama de Ficklin no consideró las concentraciones de manganeso, aluminio y hierro, debido a que estos elementos presentaron un comportamiento geoquímico muy diferente (Favas et al., 2016).

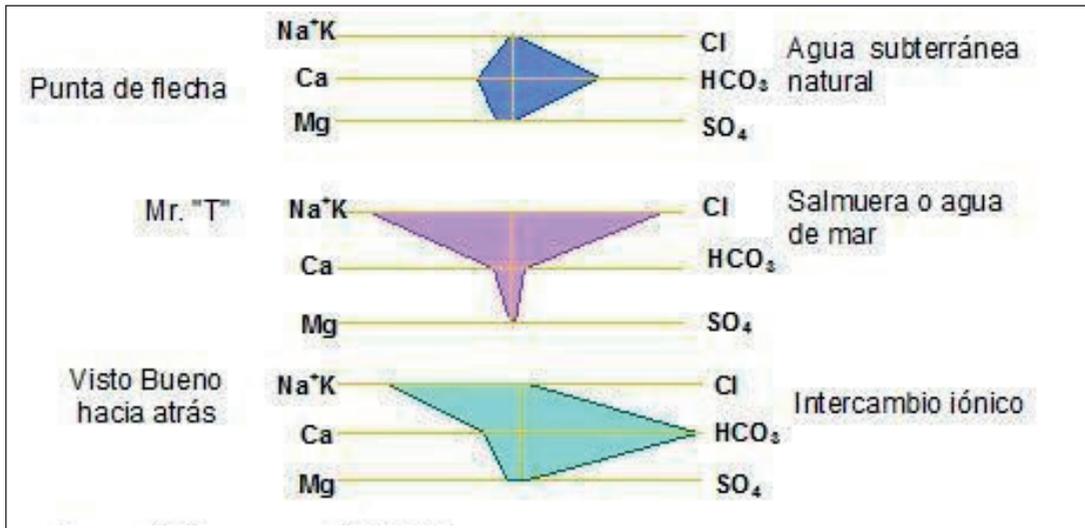
Para la obtención de los diagramas hidroquímicos (facies¹⁴ e índices) se utilizaron *softwares* libres¹⁵ y se empleó el Diagrama de Stiff (Figura 2), el cual está compuesto por tres ejes horizontales, cada uno de ellos une un catión y un anión. Los cationes se disponen al costado izquierdo del diagrama, y los aniones al derecho. Siempre el sodio (Na^+) se confronta con el cloro (Cl^-), el calcio (Ca^{+2}) con el bicarbonato (HCO_3^-) y el magnesio (Mg^{+2}) con el sulfato (SO_4^{-2}), y a veces también se pueden mostrar otros dos iones, como el hierro (Fe^{+2}) contra el nitrato (NO_3). Todos los ejes horizontales están a la misma escala (lineal) y las concentraciones están dadas en miliequivalentes por litro (meq/L).

Dos características sobresalen en este tipo de diagrama: por un lado, permite visualizar claramente diferentes tipos de agua (cada una con una configuración particular); por otro lado, y en forma simultánea, permite tener idea del grado de mineralización (ancho de la gráfica). En la Figura 2 se muestran algunas apreciaciones de este diagrama que caracteriza varios tipos de aguas. Por último, los diagramas de Stiff también se presentan en un mapa, denominado mapa hidroquímico, en el que se visualiza la variación espacial de la mineralización del agua en el ámbito del proyecto Los Chancas.

14 Conjunto de caracteres que definen una roca, grupo de rocas o un depósito.

15 *Software* libre Aqion versión 6.2.6 y software Diagrammes (2017)

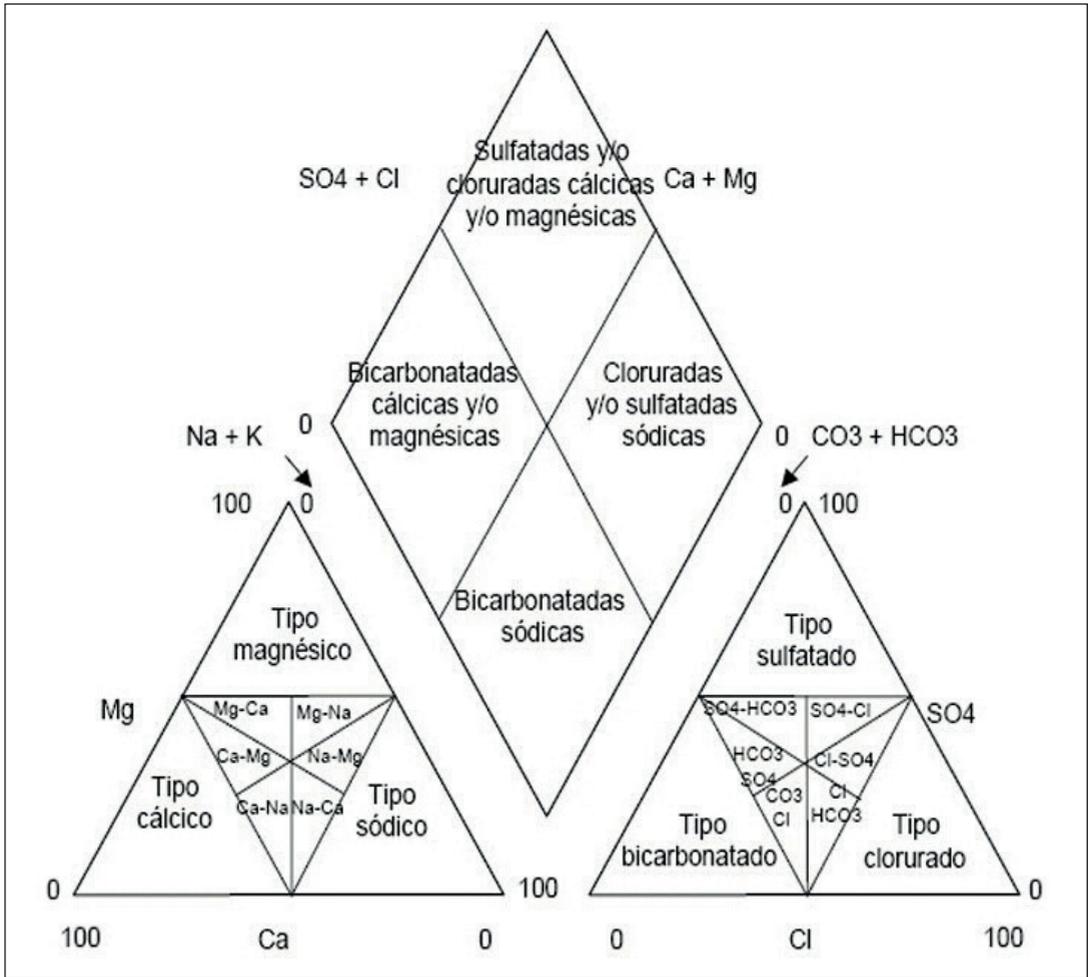
Figura 2
Diagrama de Stiff.



Fuente: Stiff, H.A. (1951)

El Diagrama de Piper es una de las gráficas más utilizadas en la evaluación de los aspectos químicos del agua, en ella se incluyen aniones y cationes en forma simultánea. Las aguas geoquímicamente similares quedan agrupadas en áreas bien definidas (Custodio, 1976). El diagrama está formado por dos triángulos equiláteros, donde se representan los cationes y aniones mayoritarios. Los vértices del triángulo de cationes son calcio (Ca^{+2}), magnesio (Mg^{+2}), y sodio (Na^+) + potasio (K^+). Los vértices del triángulo de aniones son sulfato (SO_4^{-2}), cloro (Cl^-), y carbonato (CO_3^-) + bicarbonato (HCO_3^-). Los datos de los diagramas triangulares se proyectan en un rombo central en el que se representa la composición del agua deducida a partir de aniones y cationes. Las concentraciones de los iones dadas en meq/L se expresan como porcentaje con respecto a la suma de aniones y cationes respectivamente. En cada triángulo se reúnen solo tres aniones y tres cationes. A cada vértice le corresponde el 100 % de un anión o catión.

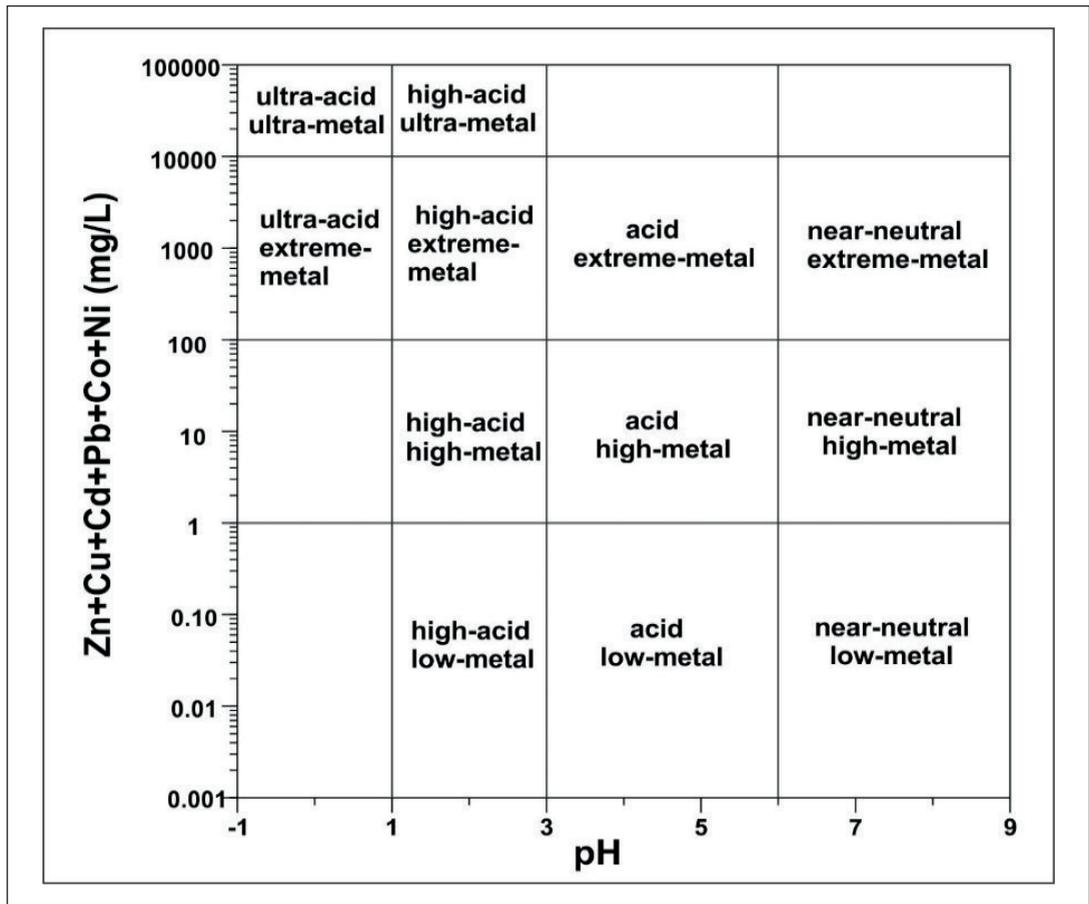
Figura 3
Diagrama de Piper.



Fuente: Piper, A.M. (1944)

En el estudio se realizó la clasificación geoquímica del agua superficial (lagunas, quebradas y ríos) y agua subterránea mediante un diagrama conocido como Ficklin (Ficklin, 1992), el cual relaciona el pH con la suma de los metales disueltos zinc (Zn), cobre (Cu), cadmio (Cd), plomo (Pb), cobalto (Co) y níquel (Ni) en mg/L, tal como se muestra en la Figura 4.

Figura 4
Diagrama de Ficklin.



Fuente: Adaptado de Ficklin *et al.* (1992) y Plumlee *et al.* (1999)

Parámetros de comparación

Los resultados de agua superficial (quebradas y lagunas) y los afloramientos de agua subterránea fueron comparados con los valores establecidos en el Reglamento de los Títulos I, II y III de la Ley General de Aguas, Uso III: Riego de vegetales de consumo crudo y bebida de animales¹⁶, empleados en la modificación de la evaluación ambiental del proyecto Los Chancas¹⁷. Asimismo, estos resultados fueron comparados referencialmente con los ECA para agua del 2017¹⁸. Es necesario señalar que el río Antabamba, que recorre la zona evaluada (río

16 Aprobado mediante Decreto Ley N° 17752.

17 Aprobado mediante Resolución Directoral N° 170-2008-MEM-AAM, el 15 de julio del 2017.

18 Aprobado mediante Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, el 7 de junio del 2017.

principal) no se encuentra en la Clasificación de cuerpos de agua continentales superficiales¹⁹; sin embargo, este río y sus tributarios asumirán la categoría del río Pachacacha, al cual tributan, y está clasificado como categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales, subcategoría D1: Riego de vegetales y D2: Bebida de animales, (Cat3D1 y Cat3D2, respectivamente).

Por otro lado, los resultados de los afloramientos²⁰ de agua subterránea fueron comparados referencialmente con la categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales, subcategoría D1: Riego de vegetales y D2: Bebida de animales de los ECA para agua del 2017²¹. De forma similar, las lagunas fueron comparadas con la categoría 4, Conservación del ambiente acuático, subcategoría E1: lagunas y lagos (Cat4E1), la cual comprende a los cuerpos de agua lénticos de origen natural que no presentan corriente continua²².

Tabla 2

Normativa de comparación del componente ambiental evaluado.

Componente	Parámetro evaluado	Normativa aprobada en el IGA del administrado	Norma referencial
Agua superficial y agua subterránea	<ul style="list-style-type: none"> pH, temperatura, Oxígeno disuelto (OD), Conductividad eléctrica, Potencial óxido-reducción (ORP), Cloruros, Sulfatos, Sólidos suspendidos totales (STD), Sólidos suspendidos totales (STS), Metales totales (incluido Hg), Metales disueltos (incluido Hg), Carbonatos, Bicarbonatos 	<p>Agua superficial: lénticos (ríos y quebradas y afloramientos) y lénticos (lagunas)</p> <ul style="list-style-type: none"> Reglamento de los Títulos I, II y III del Decreto Ley N° 17752 "Ley General de Agua", Uso III: Riego de vegetales de consumo crudo y Bebida de animales 	<p>Agua superficial: lénticos ECA para agua 2017</p> <ul style="list-style-type: none"> Eca para agua 2017 categoría 3 "Riego de vegetales y Bebida de animales", subcategorías Cat3D1 y Cat3D2 <p>Agua superficial: lénticos ECA para agua 2017</p> <ul style="list-style-type: none"> ECA para agua 2017 categoría 4 "Conservación del ambiente acuático- Ríos de la Sierra" (Cat4E2),

19 Aprobado mediante Resolución Jefatural N° 056-2018-ANA, el 13 de febrero del 2018.

20 Considerados como agua superficial en amparo del artículo 226° del Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos, la cual indica que: "...Los manantiales como puntos o áreas aflorantes de las aguas subterráneas serán considerados como aguas superficiales para los efectos de evaluación y otorgamientos de derechos de uso de agua, toda vez que para su utilización no se requiere la realización de mecanismos ni obras específicas de extracción."

21 Aprobado mediante Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, el 7 de junio del 2017.

22 Tipificado en el literal a) del inciso 3.4 del artículo 3 del Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.

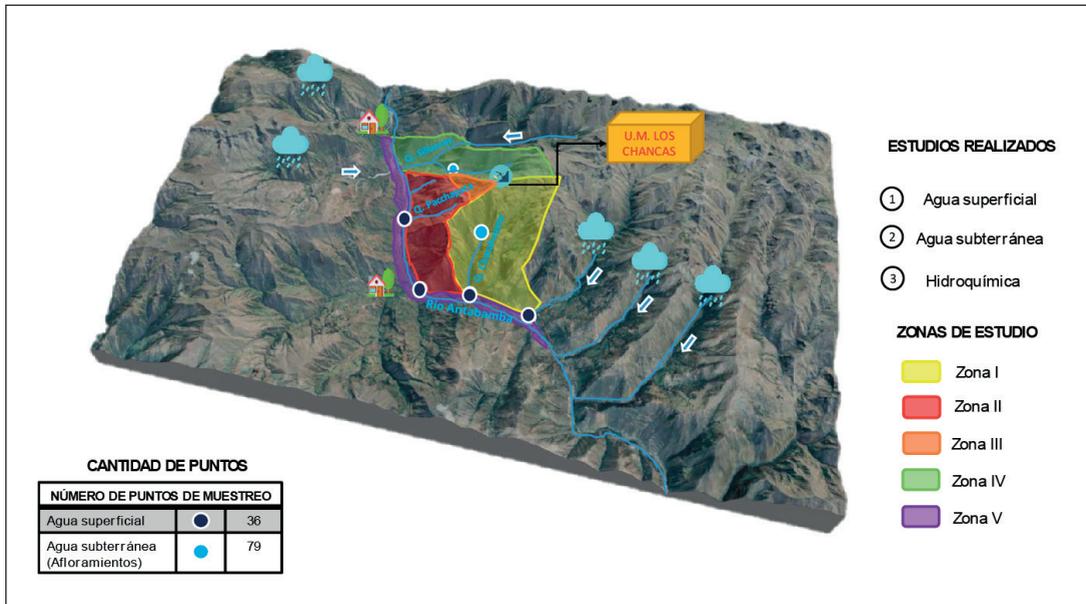
Resultados

Modelo conceptual

Con la finalidad de evidenciar la ubicación de los componentes ambientales evaluados en el ámbito del proyecto Los Chancas, se elaboró un modelo conceptual de la zona de estudio.

Figura 6

Modelo conceptual de la EAT en el ámbito del proyecto Los Chancas.



Comparación de los estándares aprobados en el IGA con estándares nacionales e internacionales

En la Tabla 3 se presenta el resumen de los resultados que incumplieron los estándares aprobados en el IGA y los estándares referenciales.

Tabla 3

Resultados de la EAT en el ámbito del proyecto Los Chancas.

Matriz	Parámetro y unidad de medida	Puntos de monitoreo que incumplieron la Ley General de Aguas	Puntos de monitoreo que incumplieron los ECA para agua (Cat3)
Agua superficial	pH Unidad de pH	Zona II Quebrada Huaccamolle: (QHua-01) Quebrada Negro Puquio: (QNPuq-01)	Zona I Quebrada Accoñose: (QAcco-01), Quebrada Mamachahuayco: (QMama-01) Zona II Quebrada Huaccamolle: (QHua-01), Quebrada Negro Puquio: (QNPuq-01), Quebrada Pacchapata: (QPac-01). Zona III Quebrada Mujiña: (QMuji-01), Quebrada Qochapampa: (QQPam-01) Zona IV Quebrada Sillancay: (QSill-02), Río Chiuchoi: (RChiu-01) Zona V Río Antabamba: (RAnta-04, RAnta-05, RAnta-06)
	Cobre mg/L	Zona II Quebrada Huaccamolle: (QHua-01), Quebrada Negro Puquio: (QNPuq-01), Quebrada Pacchapata: (QPac-01)	Zona II Quebrada Huaccamolle: (QHua-01), Quebrada Negro Puquio: (QNPuq-01), Quebrada Pacchapata: (QPac-01)
	Hierro mg/L	Zona II Quebrada Qocha Wayjo: (QQOWa-03) Zona V Río Antabamba: (RAnta-01, RAnta-03)	Ninguno
	Manganeso mg/L	Ninguno	Zona I Quebrada Omolo Huayjo: (QOmol-01) Zona II Quebrada Huaccamolle: (QHua-01), Quebrada Negro Puquio: (QNPuq-01), Quebrada Pacchapata: (QPac-01) Zona V Río Antabamba: (RAnta-03)

Matriz	Parámetro y unidad de medida	Puntos de monitoreo que incumplieron la Ley General de Aguas	Puntos de monitoreo que incumplieron los ECA para agua (Cat3)
Agua subterránea	pH Unidad de pH	Zona II Afloramiento Negro Puquio: (MNPuq-01), Afloramiento Chaupiorcco: (MCha-04)	Zona I Afloramiento Markmachay: (MMarc-01), Afloramiento Huañaccota: (MHuañ-01), Afloramiento Chuñollani: (MChuñ-01), Afloramiento Cachijarana: (MCach-01) Zona II Afloramiento Negro Puquio: (MNPuq-01), Afloramiento Chaupiorcco: (MCha-04), Afloramiento Tastayoq Puquio: (MTas-01), Afloramiento Chellcahuayco: (MChel-01) Zona III Afloramiento Condor Hapina: (MCha-02), Afloramiento Ichu Pampa: (MIPa-01), Afloramiento Puca Pucquio: (MPPu-01, MPPu-02, MPPu-03), Afloramiento Mujiñi: (MMuj-01, MMuj-02, MMuj-03, MMuj-04, MMuj-05, MMuj-06), Afloramiento Luichani Pampa: (MLPa-02), Afloramiento Hanaytiyana: (MHan-01), Afloramiento Hanaytiyana: (MHan-01), Afloramiento Qairacorral: (MQCo-01, MQCo-02, MQCo-03, MQCo-04, MQCo-05), Afloramiento Chaqllawasi: (MCha-01, MCha-02, MCha-03), Afloramiento Uchuy Parqapucquio: (MUPa-01, MUPa-02), Afloramiento Lloqllasqa: (MLloc-01), Afloramiento Lambrashuaico: (MLamb-01), Afloramiento Qaqa Cucho: (MQCu-02), Afloramiento Toqarwaniyo: (MToca-02), Afloramiento Tanqar Pata: (MTPa-06) Zona IV Afloramiento Yana Paccha: (MYPa-01, MYPa-02)
	Cobre mg/L	Zona II Afloramiento Negro Puquio: (MNPuq-01), Afloramiento Chaupiorcco: (MCha-04), Afloramiento Chellcahuayco: (MChel-01)	Zona II Afloramiento Negro Puquio: (MNPuq-01), Afloramiento Chaupiorcco: (MCha-04), Afloramiento Chellcahuayco: (MChel-01), Afloramiento Tastayoq Puquio: (MTas-01)

Matriz	Parámetro y unidad de medida	Puntos de monitoreo que incumplieron la Ley General de Aguas	Puntos de monitoreo que incumplieron los ECA para agua (Cat3)
Agua subterránea	Hierro mg/L	Zona II Afloramiento Occoroyocc: (MOcc-01), Afloramiento Tastayoc Puquio: (MTas-01), Afloramiento Lambrasniyoq Puquio: (MLam-01)	Zona III Afloramiento Ichu Marka: (MIMa-01), Afloramiento Puca Orqopata: (MPUOr-02), Afloramiento Kuychiyopukio: (MKuy-02) Zona IV Afloramiento Yana Paccha: (MYPa-01)
	Níquel mg/L	Zona II Afloramiento Negro Puquio: (MNPuq-01), Afloramiento Chaupiorcco: (MCha-04), Afloramiento Chelcahuayco: (MChel-01), Afloramiento Tastayoc Puquio: (MTas-01), Afloramiento Lambrasniyoq Puquio: (MLam-01)	Ninguno
	Manganeso mg/L	Ninguno	Zona II Afloramiento Negro Puquio: (MNPuq-01) Zona III Afloramiento Ichu Marka: (MIMa-01), Afloramiento Luichani Pampa: (MLPa-02), Afloramiento Puca Orqopata: (MUPOr-02), Afloramiento Kuychiyopukio: (MKuy-02)
	Aluminio mg/L	Ninguno	Zona III Afloramiento Ichu Marka: (MIMa-01)

Evaluación hidroquímica

La caracterización hidroquímica se enfocó en los puntos de muestro ubicados en las cinco zonas de evaluación de ríos, quebradas, lagunas y afloramientos de agua subterránea.

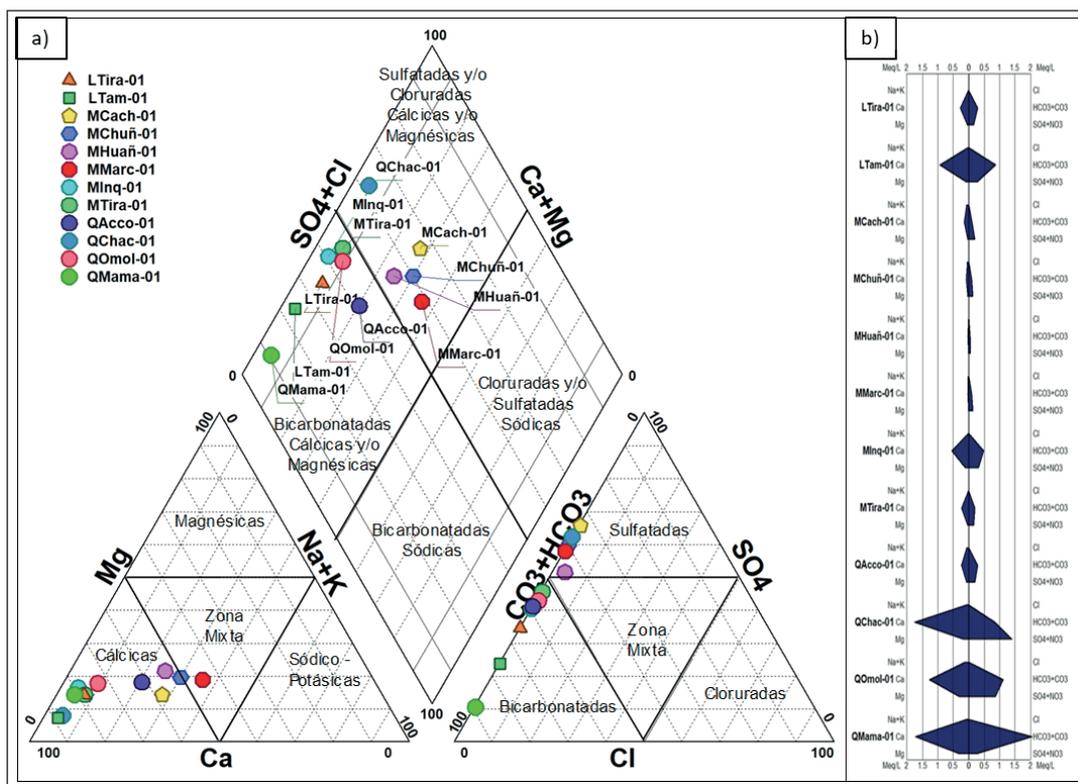
Se elaboraron diagramas hidroquímicos de Piper y Stiff utilizando las concentraciones de los componentes iónicos mayoritarios del agua (cationes: Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ y K^+ ; y aniones: HCO_3^- , SO_4^{2-} y Cl^-). Asimismo, se realizó la clasificación del agua superficial (quebradas, ríos y lagunas) y afloramientos con el diagrama de Ficklin.

El Error de Balance Iónico (EBI) se calculó en base a los aniones sulfatos (SO_4^{2-}), cloruros (Cl^-) y bicarbonatos (HCO_3^-); y los cationes: hidronio (H_3O^+), calcio (Ca^{2+}), magnesio (Mg^{2+}), potasio (K^+), sodio (Na^+), aluminio (Al^{3+}), litio (Li^+), bario (Ba^{2+}), hierro (Fe^{2+}), manganeso (Mn^{2+}), estroncio (Sr^{2+}) y magnesio (Mg^{2+}).

Zona I: con respecto al diagrama de Piper, cuatro puntos presentaron facies sulfatadas cálcicas, y un punto presentó facies sulfatadas mixtas (cálcico sódicas); por otro lado, siete puntos presentaron facies bicarbonatadas cálcicas. Con respecto al diagrama de Stiff, cuatro puntos presentaron facies sulfatadas cálcicas, y un punto sulfatadas mixtas (cálcicas sódicas). En estos puntos la concentración de sulfatos fue menor a 0,5 meq/L. De los siete puntos de facies bicarbonatadas cálcicas, cuatro puntos registraron concentraciones de bicarbonatos menores a 0,5 meq/L; mientras que en tres puntos la concentración de bicarbonatos varió entre 0,5 y 2 meq/L. Por último, de acuerdo al diagrama de Ficklin, en la zona I, dos puntos fueron clasificados como aguas ácidas con alta concentración de metales. Los demás puntos de muestreo fueron clasificados como cercanos a la neutralidad con alta concentración de metales.

Figura 7

a) Diagramas de Piper y b) Stiff en la Zona I.

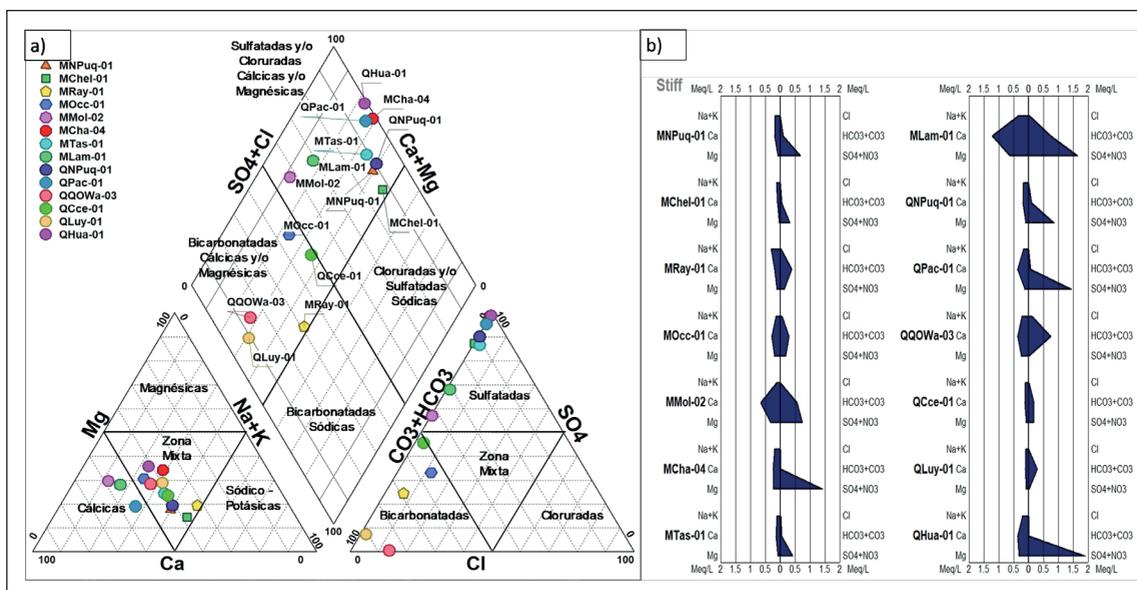


Zona II: con respecto al diagrama de Piper, dos puntos presentaron facies sulfatadas cálcicas; mientras que facies sulfatadas mixtas se presentaron en seis puntos y bicarbonatadas mixtas en cinco puntos. Con respecto al diagrama de Stiff, en los nueve puntos (seis afloramientos y tres quebradas) de facies sulfatadas (cálcicas y mixtas), la concentración de sulfatos fue mayor a 0,5 meq/L, excepto en dos puntos, donde fue menor a 0,5 meq/L. Además, dos puntos tuvieron concentraciones de sulfatos mayores a 1,5 meq/L. En los cinco puntos (dos

afloramientos y tres quebradas) de facies bicarbonatadas mixtas, la concentración fue menor a 0,5 meq/L en cuatro puntos; mientras que en un punto fue mayor a 0,5 meq/L. Por último, de acuerdo al diagrama de Ficklin, los tres puntos de muestreo en las quebradas y tres puntos en los afloramientos fueron clasificados como aguas ácidas con extrema concentración de metales; y un punto como cercano a la neutralidad con extrema concentración de metales. Los demás puntos en la mencionada zona fueron clasificados como cercanos a la neutralidad con alta concentración de metales.

Figura 8

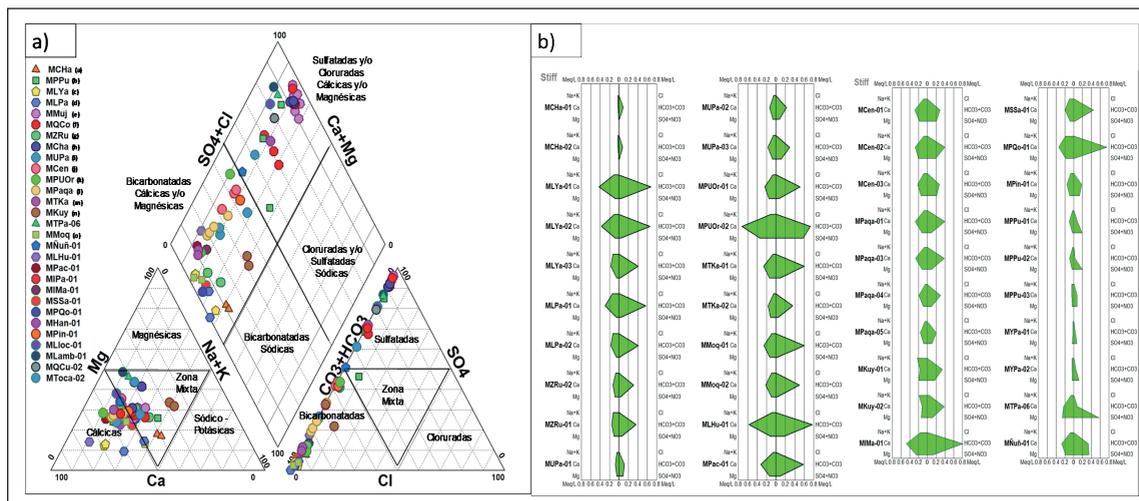
a) Diagramas de Piper y b) Stiff en la Zona II.



Zona III: con respecto al diagrama de Piper, los afloramientos evaluados presentaron facies bicarbonatadas cálcicas y/o magnésicas en 33 puntos; y facies sulfatadas cálcicas y/o magnésicas en 25 puntos. Las quebradas presentaron facies sulfatadas cálcicas y/o magnésicas en tres puntos; y bicarbonatadas cálcicas en seis puntos. De acuerdo al diagrama de Ficklin, en los 33 puntos de afloramientos de facies bicarbonatadas cálcicas y/o magnésicas la concentración de bicarbonatos fue menor a 0,8 meq/L. Asimismo, los 25 puntos de facies sulfatadas cálcicas y/o magnésicas presentaron una concentración de sulfatos menor a 1 meq/L. En tanto, en tres puntos de facies sulfatadas cálcicas en quebradas la concentración de sulfatos se encontró en el rango de 0,2 a 0,4 meq/L; mientras que en los seis puntos de facies bicarbonatadas cálcicas varió en el rango de 0,2 a 0,8 meq/L.

Figura 9

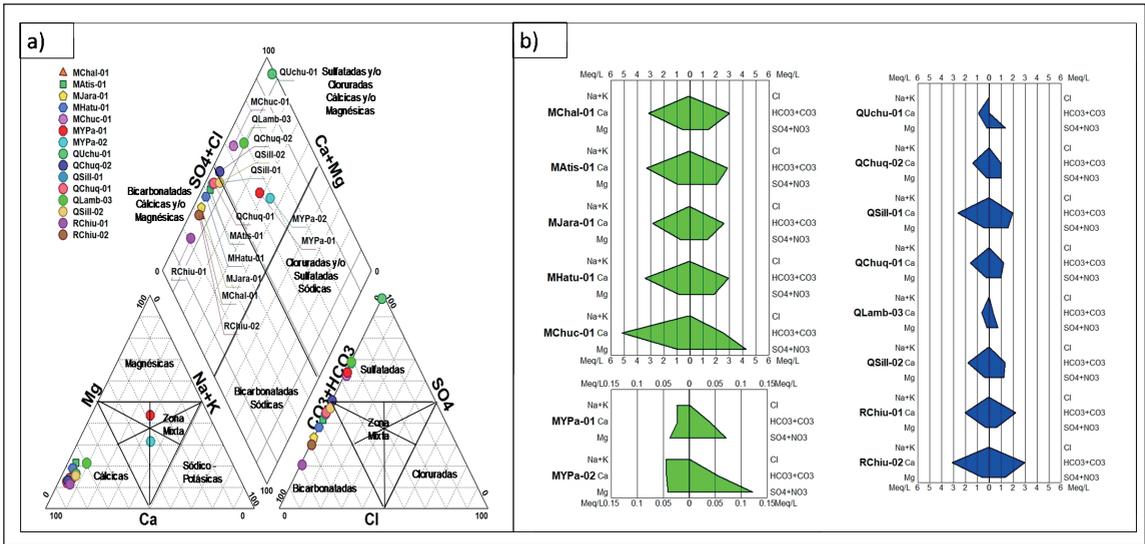
a) Diagramas de Piper de afloramientos y b) diagrama de Stiff de afloramientos en la Zona III.



Zona IV: de acuerdo al diagrama de Piper, cuatro puntos presentaron facies sulfatadas cálcicas y 11 puntos presentaron facies sulfatadas. De acuerdo al diagrama de Stiff, cuatro puntos presentaron facies sulfatadas cálcicas, y la concentración de sulfatos en las tres quebradas estuvo en el rango de 1 a 2 meq/L, excepto en un afloramiento que presentó concentraciones de sulfatos en el rango de 4 a 5 meq/L; en dos puntos de afloramientos con facies sulfatadas mixtas la concentración de sulfatos se encontró en el rango de 0,05 a 0,15 meq/L, y en los nueve puntos (cuatro afloramientos, dos ríos y tres quebradas) de facies bicarbonatadas cálcicas la concentración de bicarbonatadas se encontró en el rango de 1 a 3 meq/L. Por último, de acuerdo al diagrama de Ficklin, todos los puntos ubicados en la Zona IV fueron clasificados como cercanos a la neutralidad con alta concentración de metales, a excepción de dos puntos que se clasificaron como aguas ácidas con alta concentración de metales.

Figura 10

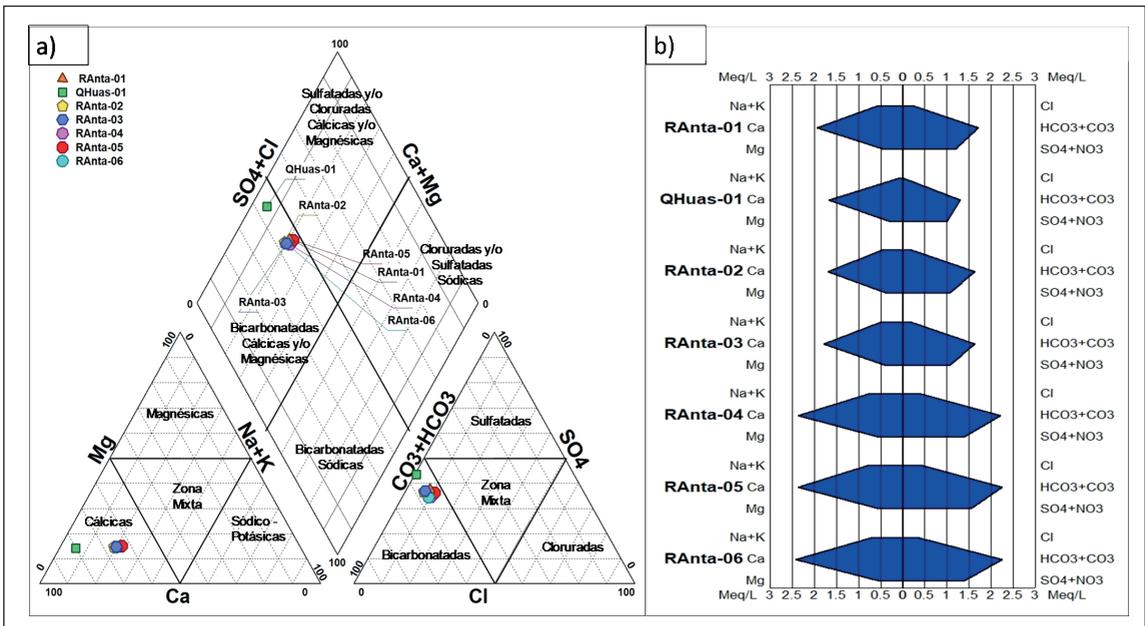
a) Diagramas de Piper y b) Stiff en la Zona IV.



Zona V: Con respecto al diagrama de Piper, todos los puntos presentaron facies bicarbonatadas cálcicas. Respecto al diagrama de Stiff, en todos los puntos en el río Antabamba la concentración de bicarbonatos varió entre 1,5 y 2,5 meq/L; mientras que un punto de la quebrada Huascuya se encontró en el rango de 1 a 1,5 meq/L. Por último, de acuerdo al diagrama de Ficklin, los puntos ubicados en la Zona V fueron clasificados como cercanos a la neutralidad con baja alta de metales.

Figura 11

a) Diagramas de Piper y b) Stiff en la Zona V.



Conclusiones

Zona I: la calidad del agua se evaluó en seis puntos en afloramientos, dos puntos en lagunas y dos puntos en quebradas. En las quebradas Accoñose, Omolo Huayjo, Chacahuaycco y Mamachahuayco y en los afloramientos el pH varió entre 4,65 y 9,2 unidades. Los valores de pH incumplieron los ECA para agua, categoría 3, en dos puntos de las quebradas y cuatro puntos de los afloramientos. Además, el manganeso total incumplió el ECA en un punto de una quebrada. El análisis hidroquímico con el diagrama de Piper indicó que se presentaron facies heterogéneas, siendo estas sulfatadas cálcicas, sulfatadas mixtas (cálcicas sódicas) y bicarbonatadas cálcicas. Por otro lado, el análisis hidroquímico con el diagrama de Ficklin clasificó al agua en todos los puntos de muestreo como cercana a la neutralidad con alta concentración de metales.

Zona II: se evaluaron ocho puntos de afloramientos y seis puntos en quebradas, en los cuales los valores de pH variaron entre 3,44 y 7,32 unidades. Las concentraciones de cobre (en seis puntos), hierro (cuatro puntos) y manganeso (siete puntos) excedieron el valor establecido en la Ley General de Aguas de uso III. Asimismo, las concentraciones de pH (en tres puntos de agua superficial y cuatro afloramientos), cobre total y manganeso total (en tres puntos de agua superficial) incumplieron los ECA para agua, categoría 3. El análisis hidroquímico realizado con el diagrama de Piper dio como resultado la presencia de facies heterogéneas, siendo estas sulfatadas cálcicas, sulfatadas mixtas (cálcicas magnésicas, sódicas cálcicas) y bicarbonatadas mixtas (sódicas cálcicas, cálcicas sódicas). El análisis hidroquímico con el diagrama de Ficklin indicó que las aguas se encontraban clasificadas como ácidas con extrema concentración de metales; a excepción de un punto, que se clasificó como cercano a la neutralidad con extrema concentración de metales.

Zona III: se evaluaron 58 puntos en afloramientos y nueve puntos en quebradas. En estos los valores de pH variaron entre 3,75 y 7,55 unidades; mientras que las concentraciones de pH (dos puntos en quebradas y 28 en afloramientos), aluminio (un punto en afloramientos), hierro (tres puntos en afloramientos) y manganeso (cuatro puntos en afloramientos), incumplieron los ECA para agua, categoría 3. Por otro lado, el análisis hidroquímico realizado con el diagrama de Piper indicó que los afloramientos evaluados presentaron facies heterogéneas, siendo estas bicarbonatadas cálcicas, bicarbonatadas magnésicas, sulfatadas cálcicas y sulfatadas magnésicas; y las quebradas presentaron facies sulfatadas cálcicas y bicarbonatadas cálcicas. El análisis hidroquímico realizado con el diagrama de Ficklin indicó que todos los puntos evaluados se clasificaron como aguas ácidas con extrema concentración de metales o cercanas a la neutralidad con alta concentración de metales.

Zona IV: se evaluaron cinco puntos de afloramientos y ocho puntos en quebradas. En estos los valores de pH variaron entre 7,23 y 8,89 unidades. Dos puntos en quebradas y dos puntos en afloramientos incumplieron los valores de pH de los ECA para agua, categoría 3; del mismo modo para el parámetro hierro total, un punto (en afloramiento) incumplió dicho estándar. El análisis hidroquímico realizado con el diagrama de Piper indicó que se presentaron facies sulfatadas cálcicas y sulfatadas mixtas (cálcico magnésico, sódico cálcicas, cálcicas sódicas). Por otro lado, el análisis hidroquímico realizado aplicando el diagrama de Ficklin indicó que todos los puntos se encontraban cercanos a la neutralidad, con baja concentración de metales.

Zona V: se evaluaron seis puntos en el río Antabamba y un punto en la quebrada Huascuya, donde los valores de pH variaron entre 7,87 y 8,61 unidades; mientras que las concentraciones de hierro y níquel total registradas en dos puntos en ríos excedieron el valor establecido en la Ley General de Aguas, Uso III. Asimismo, la concentración de manganeso en un punto del río incumplió los ECA para agua, categoría 3. El análisis hidroquímico realizado con el diagrama de Piper indicó que todos los puntos presentaron facies bicarbonatadas cálcicas; mientras que el análisis hidroquímico realizado con el diagrama de Ficklin indicó que todos los puntos se encontraban cercanos a la neutralidad con alta concentración de metales.

Bibliografía

Amórsson S. (2000), *Isotopic and Chemical Techniques in Geothermal Exploration, Development and Use*. x+351 pp. Vienna: International Atomic Energy Agency. Volume 139.

Aquilla R. y Astorga Y. (2006). *Influencia del uso de suelo en la calidad del agua en la subcuenca del río Sabonal, Costa Rica*. Recursos Naturales y Medio ambiente. 81-82 pp.

Autoridad Nacional del Agua. (2016). *Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos*. Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA, Lima-Perú.

Ministerio del Ambiente. (2017). *Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua y establecen Disposiciones Complementarias*. Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, Lima-Perú.

Custodio, E. y Llamas, M. R. (1976). *Hidrología Subterránea*. Tomo I y II. Ed. Omega, Barcelona España.

Ficklin W.H., Plumlee G.S., Smith K.S., & McHugh J. B. (1992). *Geochemical classification of mine drainages and natural drainages in mineralized areas*. En: Y. Kharaka, A. Maest (Eds.), *Proceedings of water-rock interaction* (pp 381-384). Rotterdam: Balkema.

Gibbs, R. J. (1970). *Mechanisms Controlling Word Water Chemistry*. Science, 170, 1088-1090.

Ministerio del Ambiente. (2016). *Manual de buenas prácticas en la investigación de sitios contaminados muestreo de aguas subterráneas (Parte 2)*. Lima, Perú

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. (2014). *Reglamento de participación ciudadana en las acciones de monitoreo ambiental a cargo del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental*. Resolución de Consejo Directivo N° 032-2014-OEFA/CD; modificado mediante Resolución de Consejo Directivo N° 003-2016-OEFA-CD. Lima, Perú.

Piper, A.M. (1944). *A graphic procedure in the geochemical interpretation of water analyses*. Transactions - American Geophysical Union 25. 914-923.

Pulido A. (2014). *Principios de hidrogeología kárstica*. Editorial Universidad de Almería. 409 pp.

Stiff, H. A. (1951). *The Interpretation of Chemical Water Analysis by Means of Patterns*. Society of Petroleum Engineers.

Base de datos

- Portal de Datos Abiertos
<http://datosabiertos.oefa.gob.pe/dashboards/20539/evaluaciones-ambientales-tempranas-eat/>
- Repositorio Institucional del OEFA:
<https://repositorio.oefa.gob.pe/handle/20.500.12788/132>

Evaluación Ambiental Temprana en el área de de influencia del proyecto minero Quellaveco.

**Distritos de Torata, Moquegua y Carumas, provincia de
Mariscal Nieto, departamento de Moquegua, Perú (2017-
2018)**

Resumen

El Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA), en el marco del principio preventivo de la función de evaluación, realizó la Evaluación Ambiental Temprana (EAT) en el ámbito de influencia del proyecto minero Quellaveco, el cual se encuentra en fase de exploración, entre los años 2017 y 2018. Esta evaluación contó con la participación de la ciudadanía ubicada en los distritos de Moquegua y Torata, así como de integrantes de la junta vecinal del anexo Aronday, agricultores/as de la parte baja, El Molino, Torata, Buena Vista Pulpitoyo y el Comité de monitoreo ambiental participativo del proyecto Quellaveco.

Los componentes ambientales evaluados fueron agua superficial, sedimento y aire. Además, se realizaron estudios especializados de caracterización geológica, hidrogeoquímica, comunidades hidrobiológicas, así como flora y fauna silvestre. El análisis e interpretación de resultados fue dividido en dos áreas: el área de operaciones, constituida por la cuenca Ilo-Moquegua y la cuenca Locumba, donde se ubican el mayor número de componentes mineros proyectados como el tajo, el depósito de desmonte y el depósito de relaves; y el área de abastecimiento de agua, que comprende la cuenca del río Tambo, donde se ubica el sistema de captación del río Titire y el embalse Vizcachas.

En el área de operaciones se determinó que el agua superficial cumplió con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y los valores de referencia en los ríos Altarani y Coscori; en tanto que en el área de abastecimiento de agua se cumplió con los ECA para agua y los valores de referencia utilizados para la comparación en los ríos Calasaya y Chincune.

Palabras clave: minería, Evaluación Ambiental Temprana, geología, fauna y flora.

Abstract

The Environmental Assessment and Enforcement Agency (OEFA, for its acronym in Spanish), within the framework of the preventive principle of the evaluative function, carried out an Early Environmental Assessment (EAT, for its acronym in Spanish) in the area of influence of the Quellaveco mining project of Anglo American Quellaveco S.A. which is in the phase of exploration, between 2017 and 2018. This evaluation had citizen participation of the residents located in the districts of Moquegua and Torata and members of the neighborhood council of the Aronday annex, farmers in the lower part, El Molino, Torata, Buena Vista Pulpitoyo and the Participatory environmental monitoring committee of the Quellaveco Project.

The components evaluated were surface water, sediment and air. In addition, specialized studies of geological characterization, hydrogeochemical, hydrobiological communities, as well as wild flora and fauna, were carried out. The analysis and interpretation of the results was divided into two areas: the operations area, made up of the Ilo-Moquegua basin and the Locumba basin, where the largest number of projected mining components are located, such as the pit, waste dump and tailings

dump; and the water supply area, which includes the Tambo River Basin, where the Titire River catchment system and the Vizcachas reservoir are located.

In the operations area it was determined that the surface water complied with the (ECA, for its acronym in Spanish) and the reference values in the Altarani and Coscori rivers; while in the water supply area, the ECA for water and the reference values used for comparison in the Calasaya and Chincune rivers were met.

Key words: mining, Early Environmental Assessment, geology, fauna and flora.

Equipo a cargo del estudio

Profesión	Equipo técnico
Biología	García Aragón, Francisco; Óros Guzmán, Darwin; Huaraca Quispe, Lidia; Valcárcel Rojas, Darwin; Chama Moscoso, Víctor; Crespo More, Segundo; Escobedo Torres, Mario; Cáceres Muña, Alex; Guzmán Caldas, Alfredo
Ingeniería Ambiental	Martínez Ozejo, Karen; Amaya Rojas, Carlos
Ingeniería Química	Fajardo Vargas, Lázaro; Ancco Pichuilla, Luis; Reategui Valle, César
Ingeniería Geológica	Pechuga Melgar, Jacqueline; Yanapa Huaquisto, Fray

Objetivo

Evaluar la calidad ambiental e identificar las posibles fuentes de alteración en torno a las áreas de influencia del proyecto minero Quellaveco para orientar el ejercicio de la fiscalización ambiental y la prevención de impactos ambientales negativos.

Antecedentes

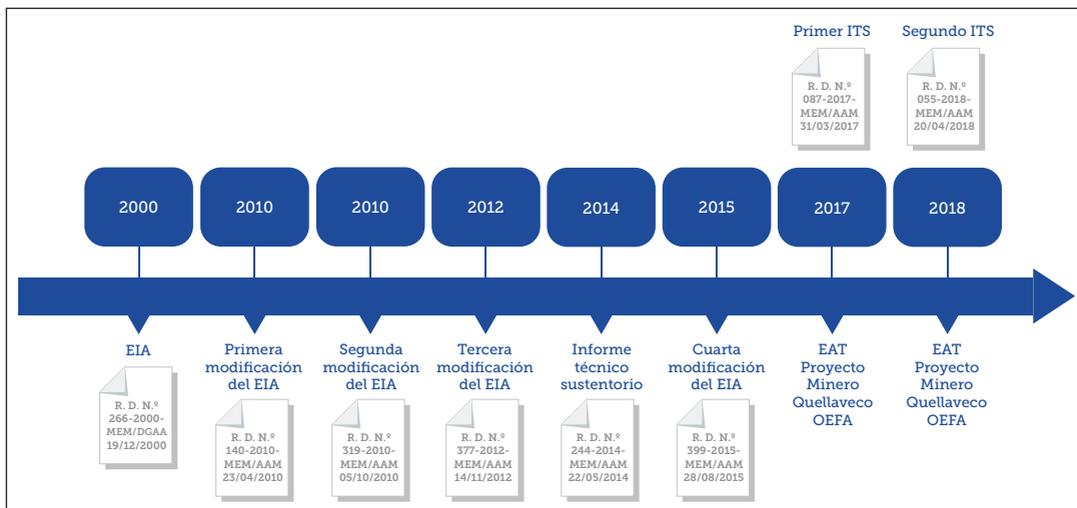
El proyecto minero Quellaveco es uno de los yacimientos de cobre más grandes del mundo y es desarrollado por la empresa minera Anglo American Quellaveco, en sociedad con la Corporación Mitsubishi. Tiene una vida de reservas de 30 años y desarrollará un proceso minero de tajo abierto y flotación para producir concentrados de cobre, molibdeno, plata y subproductos. Se espera una producción promedio de 300 mil toneladas de cobre por año en sus primeros 10 años de operación. Desde el mes de julio del 2018 se encuentra en fase de construcción.

El titular del proyecto minero presentó un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) en el 2000 y tuvo como objetivo el monitoreo de la calidad del aire, encontrándose que las concentraciones de partículas y de dióxido de azufre (SO₂) registradas no excedieron lo establecido en la legislación peruana. Asimismo, entre la primera y la cuarta Modificación del Estudio de Impacto Ambiental (MEIA) se priorizó realizar estudios para el cambio de ubicación de la planta concentradora, transporte de concentrados desde Moquegua a Ilo, habilitación de infraestructura de almacenamiento, embarque

de concentrados, operación de la presa Vizcachas y la ampliación de la capacidad de la planta concentradora. El primer y segundo Informe Técnico Sustentatorio (ITS) fueron realizados para la optimización de componentes auxiliares del área de mina y actualización de la línea base.

Figura 1

Línea de tiempo de los Instrumentos de Gestión Ambiental (IGA) del proyecto minero Quellaveco.



Aspectos sociales

La EAT se llevó a cabo considerando el proceso de participación ciudadana en el marco de lo establecido por el Reglamento de participación ciudadana en las acciones de monitoreo ambiental aprobado el 2014¹ y modificado en el 2016². Las etapas llevadas a cabo³ se precisan en la siguiente tabla:

1 Aprobado mediante Resolución de Consejo Directivo N° 032-2014-OEFA-CD, el 2 de setiembre del 2014.
 2 Aprobado mediante Resolución de Consejo Directivo N° 003-2016-OEFA-CD, el 24 de febrero del 2016.
 3 Excepto la etapa 7, referida a la difusión de resultados, que aún no se ha concretado.

Tabla 1

Etapas de la participación ciudadana en las acciones del muestreo ambiental a cargo del OEFA

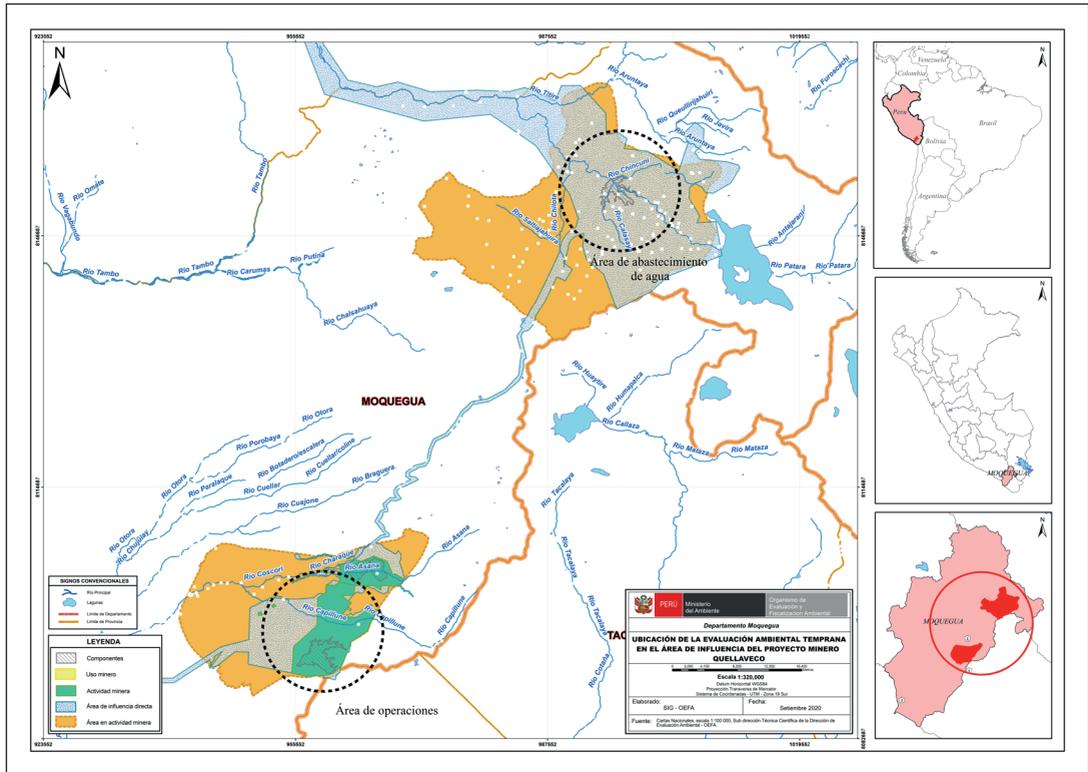
Etapa	Actividad
Visita de reconocimiento	<ul style="list-style-type: none">Se realizó del 14 al 18 de junio del 2017. Su objetivo fue establecer un primer contacto con la ciudadanía y autoridades del área de estudio a evaluar.
Etapa 1: Coordinación previa con los/as agentes involucrados/as Etapa 2: Convocatoria Etapa 3: Inscripción a los programas de inducción	<ul style="list-style-type: none">Las etapas mencionadas se desarrollaron del 14 al 18 de junio del 2017, y en ellas se realizaron reuniones de coordinación previa con los/as representantes del Comité de monitoreo ambiental participativo del proyecto Quellaveco, Municipalidad Distrital de Mariscal Nieto, Gerencia Regional de Agricultura de Moquegua y Municipalidad Distrital de Torata.
Etapa 4: Realización de la inducción Etapa 5: Taller para la presentación de la propuesta de la EAT	<ul style="list-style-type: none">Los talleres de inducción y presentación de la propuesta del plan de trabajo se desarrollaron el 14 de julio del 2017, con la junta vecinal de agricultores de la parte baja El Molino, anexo Arundaya, la junta vecinal Buena Vista Pulpitoyo y la junta de usuarios de Torata.
Etapa 6: Ejecución de la EAT	<ul style="list-style-type: none">El primer muestreo se realizó del 4 al 15 de setiembre del 2017, el segundo muestreo del 28 de febrero al 15 de marzo del 2018, el tercer muestreo del 25 de abril al 7 de mayo del 2018, y el cuarto muestreo del 9 al 19 de junio del 2018.

Área de estudio

La EAT se desarrolló en el ámbito del proyecto minero Quellaveco, ubicado en la zona sur del Perú, en la vertiente occidental de la Cordillera de los Andes, a 37 km aproximadamente al noreste de la ciudad de Moquegua. Dicho proyecto minero involucra dos áreas, en función de la ubicación de las instalaciones y los cuerpos de agua involucrados: i) Área de operaciones y ii) Área de abastecimiento de agua. El área de influencia ambiental directa e indirecta de este proyecto minero se extiende a los distritos de Torata, Moquegua, Samegua, Carumas y San Cristóbal, en la provincia Mariscal Nieto del departamento de Moquegua.

Figura 2

Áreas de estudio de la EAT en el ámbito de influencia del proyecto minero Quellaveco.



Período de estudio

La evaluación desarrollada en el área de influencia del proyecto minero Quellaveco contempló la realización de dos evaluaciones ambientales correspondientes a los años 2017 y 2018. Los resultados del 2017 constituyeron un avance preliminar que fue complementado con los resultados obtenidos de las acciones de monitoreo del 2018. De esta manera, la información contenida en ambos informes servirá para brindar soporte técnico consistente para futuras acciones de supervisión y fiscalización ambiental a cargo del OEFA. El periodo de estudio de la EAT inició con la visita de reconocimiento, del 14 al 18 de junio del 2017, hasta la aprobación del Informe N° 324-2018/DEAM-STEAC, el 30 de octubre del 2018.

Figura 3

Período de la EAT en el ámbito de influencia del proyecto minero Quellaveco.



Metodología

Para la evaluación del agua superficial se consideraron los procedimientos para la toma, preservación y conservación de muestras detalladas en el capítulo 6 del Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales⁴, donde se establecen los criterios técnicos y los lineamientos generales que se deben seguir, desde las actividades de monitoreo hasta el transporte de las muestras de agua. El muestreo de agua superficial consideró 30 puntos en época seca y 46 en época húmeda.

Para la evaluación de sedimentos continentales, se consideraron como referencia las secciones 3 y 4 del Manual técnico de métodos para colección, almacenamiento y manipulación de sedimento para análisis químicos y toxicológicos⁵ y los capítulos 3 y 4 del Manual de métodos de muestreo y preservación de muestras de las sustancias prioritarias para las matrices prioritarias del Programa Nacional de Monitoreo y Evaluación Ambiental (PRONAME) de México⁶, así como la Guía de calidad ambiental canadiense para sedimentos de aguas continentales (CEQG-SQG, por sus siglas en inglés) del 2017⁷. El muestreo de sedimentos comprendió 11 puntos en época seca y 30 en época húmeda.

La colecta de muestras de agua subterránea se realizó siguiendo las referencias del Manual de buenas prácticas en la investigación de sitios contaminados de muestreo de aguas subterráneas del Ministerio del Ambiente (Minam)⁸, del Manual de campo nacional para la colecta de muestras de calidad de agua (NFM, por sus siglas en inglés)⁹ y del Protocolo nacional para el monitoreo de muestreo de agua subterránea

4 Aprobado mediante Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA, el 11 de enero del 2016.

5 Agencia de Protección Ambiental (EPA) Washington DC, Estados Unidos. Octubre 2001.

6 Elaborada por el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC-CCA), México 2010.

7 *Canadian Environmental Quality Guidelines - Sediment Quality Guidelines for freshwater (CEQG-SQG)*: Guías de Calidad Ambiental canadiense para sedimentos de aguas continentales actualizada al 2017, el cual establece dos valores y un rango ISQG (Interim Sediment Quality Guidelines – Guías para calidad de sedimentos interinos): Límite por debajo el cual ocurre rara vez efectos biológicos adversos sobre los ecosistemas acuáticos. PEL (Probable Effect Level – Nivel de Efecto Probable): Límite por encima del cual ocurren frecuentemente efectos biológicos adversos sobre los ecosistemas acuáticos.

8 Publicado en septiembre del 2016 en <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/manual-buenas-practicas-investigacion-sitios-contaminados-muestreo>

9 *National Field Manual for the Collection of Water-Quality Data (NFM)*. Book 9.

de recursos hídricos superficiales¹⁰. Para este muestreo se consideraron nueve puntos en época húmeda.

La metodología utilizada para la evaluación de las comunidades hidrobiológicas tuvo como base la guía Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú¹¹ y el Protocolo simplificado y guía de evaluación de la calidad ecológica de los ríos andinos (CERA-S)¹². El muestreo de comunidades hidrobiológicas consideró la colecta en 46 puntos en época seca y 96 en época húmeda.

El monitoreo de la calidad de aire se realizó en el centro poblado de Tala, quebrada Quimsuta y Cerro Cortadera, enmarcado en los criterios técnicos y lineamientos generales del Protocolo de monitoreo de la calidad del aire y gestión de los datos¹³.

Para la evaluación de nivel de fondo se consideraron 60 puntos de muestreo de suelos agrícolas ubicados en el distrito de Torata, provincia Mariscal Nieto, departamento de Moquegua, cuyo criterio de evaluación consistió en determinar los valores de nivel de fondo en cada sector en base a la Guía para muestreo de suelos¹⁴.

Para la evaluación de flora silvestre se consideraron 49 transectos y se tomaron en cuenta los lineamientos establecidos en la Guía de inventario de la flora y vegetación, publicada por el Minam¹⁵. Asimismo, se utilizó el Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal de Bolivia¹⁶.

Se consideraron 76 puntos de muestreo, ubicados en ríos y quebradas (agua superficial), para la caracterización hidrogeoquímica; y 13 para el análisis de agua subterránea, que se basó en caracterizar las aguas en función a su concentración de sales, predominancia de cationes y aniones (tipo de agua) e interacción con la parte orgánica y roca.

Para la evaluación de la fauna silvestre se evaluaron 46 transectos y se utilizó la Guía de inventario de la fauna silvestre¹⁷, la Técnica de inventario y monitoreo para los anfibios de la región tropical andina¹⁸ y la Lista preliminar de los anfibios del Perú¹⁹. Asimismo, para la evaluación de aves se utilizó la Guía de inventarios de la fauna silvestre²⁰ y la Guía de campo de aves del Perú²¹; en el caso de mamíferos, se tomó en cuenta la Guía de inventario de la fauna silvestre y el Manual de fototrampeo²².

10 Aprobado por Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA, el 11 de enero del 2016.

11 Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Museo de Historia Natural. Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú / Departamento de Limnología, Departamento de Ictiología -- Lima: Ministerio del Ambiente, 2014.

12 Aprobada el 2011 por Universidad San Francisco de Quito y Universidad de Barcelona.

13 Aprobado mediante Resolución Directoral N° 1404/2005/DIGESA/SA, el 9 de octubre del 2005.

14 Aprobado mediante Resolución Ministerial N° 085-2014-MINAM el 31 de marzo del 2014.

15 Aprobado mediante Resolución Ministerial N° 059-2015-MINAM el 19 de marzo del 2015.

16 Del Proyecto de Manejo Forestal Sostenible (BOLFOR). Bolivia, 2000

17 Aprobado mediante Resolución Ministerial N° 057-2015-MINAM el 19 de marzo del 2015

18 Conservación Internacional, 2006

19 Museo de Historia Natural, UNMSM, 1993

20 Aprobado mediante Resolución Ministerial N° 057-2015-MINAM el 19 de marzo del 2015

21 *Field Guide Birds of Peru, Revised and Updated Edition. Princeton University Press, 2015*

22 Del Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible de Colombia, 2012

Los estándares o protocolos tomados como referencia para la caracterización geológica correspondieron a los Servicios Geológicos del Perú, Colombia y Estados Unidos, como el Manual de estándares de cartografía para la digitalización de los mapas geológicos de la Carta Geológica Nacional (CGN) a escala 1:100 000²³, *Basic Geological Mapping*²⁴, *Geological field techniques*²⁵, *Digital Cartographic Standard for Geological Map Symbolization Geological Structures and Maps*²⁶, y estándares cartográficos y de manejo de información gráfica para mapas geológicos²⁷.

Parámetros de comparación

Los parámetros evaluados en agua, aire y suelos fueron comparados con estándares de calidad ambiental establecidos en la legislación peruana y aprobados en el IGA. Los demás componentes evaluados no presentaron norma de comparación debido a que fueron considerados con fines de caracterización y correlación, los cuales se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 2

Parámetros comparados con estándares de calidad ambiental.

Componente	Parámetro evaluado	Estándar de Calidad Ambiental
Visita de reconocimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Demanda química de oxígeno • Sólidos suspendidos totales • Sólidos totales disueltos (STD) • Cromo hexavalente total • Silicio disuelto • Silicio total • Metales totales: mercurio (Hg), aluminio (Al), arsénico (As), bario (Ba), berilio (Be), boro (Bo), cadmio (Cd), cobalto (Co), cromo (Cr), cobre (Cu), hierro (Fe), litio (Li), manganeso (Mn), níquel (Ni), plomo (Pb), selenio (Se) y zinc (Zn) • Cianuro débil y disociable (WAD) • Bicarbonatos • Cloruros • Sulfuros • Sulfatos • Nitratos • Nitrógeno amoniacal • Carbonatos 	<ul style="list-style-type: none"> • Categoría 3: Riego de vegetales subcategoría riego de vegetales de tallo bajo y tallo alto y bebida de animales del ECA para Agua del 2008 (D.S. N° 002-2008-MINAM) • Categoría 3: Riego de vegetales subcategoría riego de vegetales de tallo bajo y tallo alto y bebida de animales del ECA para Agua del 2017 (D.S. N° 004-2017-MINAM)

23 Del Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (Ingenmet), 2016.

24 Richard J. Lisle, Peter Brabham, y John Barnes. Reino Unido, 2011

25 Angela L. Coe, Tom W. Argles, David A. Rothery y Robert A. Spicer. Reino Unido, 2010

26 Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS, United States Geological Survey). Estados Unidos, 2006

27 Servicio Geológico Colombiano (INGEOMINAS). Colombia, 2001.

Componente	Parámetro evaluado	Estándar de Calidad Ambiental
Aire	<ul style="list-style-type: none"> • Material particulado menor a 10 micras (PM₁₀) con filtro cuarzo. • Material particulado menor a 2,5 micras (PM_{2,5}) con filtro teflón. • Metales en material particulado menor a 10 micras (PM₁₀). 	<ul style="list-style-type: none"> • D.S. N° 074-2001-PCM • D.S. N° 003-2008-MINAM • D.S. N° 003-2017-MINAM • Ontario's Ambient Air Quality Criteria (AAQC) del 2012
Sedimento	<ul style="list-style-type: none"> • Arsénico • Cadmio • Cobre • Cromo • Mercurio • Plomo • Zinc 	<ul style="list-style-type: none"> • Guía de Calidad Ambiental Canadiense para Sedimentos de Aguas Continentales (CEQG, por sus siglas en inglés): • Guía para la calidad de sedimentos interinos (ISQG, por sus siglas en inglés). • Nivel del Efecto Probable (PEL, por sus siglas en inglés).

Resultados

Modelo conceptual

Los resultados de la EAT fueron plasmados en dos modelos conceptuales según las áreas relacionadas al Área de Operaciones y al Área de Abastecimiento de agua del proyecto minero Quellaveco, tal como se muestra en las Figuras 4 y 5.

Figura 4

Modelo conceptual de la EAT en el Área de operaciones del proyecto minero Quellaveco.

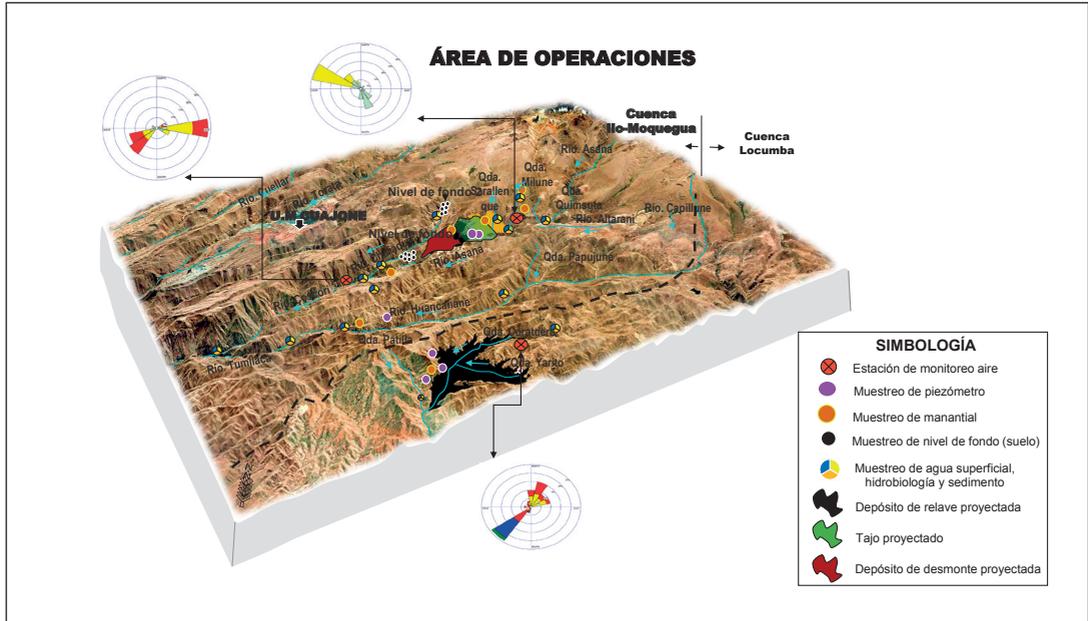


Figura 5

Modelo conceptual de la EAT en el Área de abastecimiento de agua del proyecto minero Quellaveco.



Tabla 3

Resultados de la EAT en el ámbito del proyecto minero Quellaveco.

Matrices	Resultados obtenidos en el Área de operaciones
<p style="text-align: center;">Agua superficial</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Las concentraciones de metales totales y pH del río Altarani cumplieron los ECA de agua, categoría 3 (2008) en épocas húmeda y seca, y fueron hidroquímicamente clasificadas como bicarbonatadas cálcicas-sódicas en época seca y bicarbonatadas sódicas en época húmeda. • La quebrada Millune presentó pH ácido (<4,5), y las concentraciones de aluminio, manganeso (ambas épocas), y hierro (época húmeda) incumplieron los ECA para agua, categoría 3 del 2008. Además, superó en pH y aluminio (época húmeda y seca) el ECA para agua, categoría 3:D1 y D2 del 2017. • El río Sarallenque presentó pH cercanos a la neutralidad y conductividad eléctrica menor a 250 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en época seca y húmeda; y los demás parámetros evaluados cumplieron con los ECA para agua categoría 3 (2008). • El río Capillune presentó pH, conductividad eléctrica, sulfatos, cloruros, bicarbonatos, sólidos totales disueltos y metales como boro y litio que incumplieron los ECA para agua, categoría 3 (2008). Este río, al recibir aportes (Papujune), cambia su denominación a Huancané e incrementa su pH, conductividad eléctrica, sulfatos, boro y carbonatos, hasta incumplir los ECA para agua, categoría 3 del 2008 en época húmeda. • El río Coscori, al recibir el aporte del río Huancané, cambia su nombre a Tumilaca; cuyos parámetros evaluados cumplieron con los ECA para agua, categoría 3 del 2008 en ambas épocas evaluadas, las cuales son además hidroquímicamente clasificadas como sulfatadas cálcicas. • La quebrada Cortadera presentó conductividad eléctrica, STD, cloruros y sulfatos que cumplieron los ECA para agua, categoría 3 en ambas épocas; a excepción del sulfato.
<p style="text-align: center;">Sedimento</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Sólo el cobre excedió los valores de la Guía para la calidad de sedimentos interinos (ISQG) de la norma canadiense (CEQG) en el río Altarani en época húmeda. • En la quebrada Millune el arsénico y cobre (época seca) y mercurio (época húmeda) excedieron los valores ISQG de la CEQG. • En la quebrada Sarallenque el arsénico y plomo (época seca) excedieron los valores ISQG y cobre (ambas épocas) excedieron los valores de Nivel del Efecto Probable (PEL) de la norma canadiense. • En el río Charaque las concentraciones de cobre excedieron los valores ISQG del CEQG en época húmeda, mientras que en época seca las concentraciones de este metal fueron inferiores al límite de cuantificación del método de análisis en todos los puntos. • En época seca, las concentraciones de arsénico disminuyeron en la parte baja del río Huancané con respecto a sus aportantes (quebrada Capillune y río Papujune), las mismas que excedieron el valor ISQG de la CEQG; mientras que en época húmeda este río mantuvo concentraciones similares de este metal, sin exceder el valor estándar mencionado. • Los sedimentos del río Coscori-Tumilaca durante época húmeda registraron cobre que excedió los valores ISQG de la CEQG en todos los puntos evaluados. • En la parte baja de la quebrada Cortadera (época seca) se evidenció el incremento de concentraciones de arsénico, cadmio, cromo, plomo, zinc, entre otros metales, con respecto a la época húmeda; siendo el arsénico en ambas épocas y el cobre en la época húmeda los que excedieron los valores ISQG o PEL de la CEQG.

Matrices	Resultados obtenidos en el Área de operaciones
Hidrobiología	<ul style="list-style-type: none"> • El río Altarani tuvo una dominancia de riqueza y abundancia de grupos indicadores (diatomeas y organismos del grupo EPT²⁸) de buena calidad de agua reflejados en la captura de truchas (<i>Oncorhynchus mykiss</i>). • Las comunidades hidrobiológicas en la quebrada Millune mostraron valores menores de riqueza y abundancia de microalgas y macroinvertebrados bentónicos con respecto a los puntos evaluados de los ríos Altarani y Asana. • Las comunidades hidrobiológicas en la quebrada Sarallenque se caracterizaban por presentar diatomeas, tanto en riqueza como en abundancia. • Las microalgas tuvieron un incremento progresivo de riqueza y abundancia desde la parte alta hacia la parte baja del río Charaque; en tanto que los macroinvertebrados bentónicos presentaron un incremento similar, aunque sólo a nivel de riqueza, pues la abundancia disminuyó ligeramente en la parte baja. • Los ríos Capillune y Huancanané, de acuerdo a los resultados fisicoquímicos en agua y sedimento, no influyeron en el desarrollo de las comunidades hidrobiológicas.
Agua subterránea	<ul style="list-style-type: none"> • Los manantiales presentaron características fisicoquímicas similares entre sí, los cuales cumplieron referencialmente con los ECA para agua, categoría 3 del 2008. Además, sus aguas fueron clasificadas como cloruradas sódicas y neutras con baja concentración de metales disueltos (menores a 0,1 mg/L).
Aire	<ul style="list-style-type: none"> • Las concentraciones de material particulado para PM₁₀ y PM_{2,5} obtenidas en los puntos ubicados en el centro poblado de Tala, quebrada Quimsuta y cerro Cortadera no superaron el valor del ECA para aire, equivalente a 100 µg/m³ (PM₁₀) y 50 µg/m³ (PM_{2,5}) para periodos de 24 horas, según los ECA del 2001²⁹, 2008³⁰, y 2017³¹). Además, las concentraciones de metales en PM₁₀ reportadas en los puntos de muestreo CA-TALA, CA-QUIM y CA-CORT cumplieron, en todos los casos, con los valores de referencia de la norma canadiense (AAQC) para periodos de 24 horas.
Suelo	<ul style="list-style-type: none"> • El área de Majada y Media (nivel de fondo 1) correspondieron a suelos del orden entisol, con textura franco arenosa, valores de pH fuertemente ácidos y baja capacidad de intercambio catiónico. La zona Tala Nuevo (nivel de fondo 2) correspondió al orden andisol y presentó textura franco arenosa, estructura granular, valores de pH moderados a ligeramente ácidos y capacidad de intercambio catiónico de baja a moderada.
Geología	<ul style="list-style-type: none"> • Las unidades litoestratigráficas variaron temporalmente desde el Cretácico superior-Paleógeno (Grupo Toquepala), Paleógeno-Neógeno (Formaciones Moquegua, Millo y Huaylillas) y depósitos superficiales inconsolidados (glaciar, coluvial-deluvial y aluvial).

28 EPT: Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera.

29 Aprobado mediante Decreto Supremo N° 074-2001-PCM

30 Aprobado mediante Decreto Supremo N° 003-2008-MINAM

31 Aprobado mediante Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM

Matrices	Resultados obtenidos del Área de abastecimiento de agua
Agua superficial	<ul style="list-style-type: none"> • Los parámetros evaluados en el río Vizcachas en época húmeda, tanto aguas arriba como aguas abajo, cumplieron los ECA para agua, categoría 3 del 2008. • En las quebradas Queullocachi y río Huaraya (aportantes del río Vizcachas) se observó un incremento de los valores de pH en la salida con respecto al ingreso a los bofedales (de 7,08 a 8,8 y 7,2 a 9,28), los cuales incumplieron los ECA para agua, categoría 3 del 2008. Se precisa que la quebrada Huaraya superó en Ph (época húmeda) el ECA para agua, categoría 3: D1 y D2 del 2017. • El río Calasaya (aportante del río Vizcachas) presentó valores de pH cercanos a la neutralidad (6,68-8,18) y conductividad eléctrica menores a 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$, y todos los parámetros evaluados cumplieron con los ECA para agua, categoría 3 del 2008 y fueron clasificados hidroquímicamente como sulfatadas sódicas. • El río Chincune (aportante del río Vizcachas) presentó un valor de pH cercano a la neutralidad (7,77) y conductividad eléctrica menor a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (época húmeda). Además, todos los parámetros evaluados cumplieron con los ECA para agua, categoría 3 del 2008, e hidroquímicamente fueron sulfatadas-bicarbonatadas cálcicas. • En el río Chilota los parámetros de calidad de agua de los tributarios evaluados en época húmeda cumplieron con los ECA para agua, categoría 3 del 2008, e hidroquímicamente se caracterizaron como bicarbonatadas sódicas, casi neutras y con baja carga de metales. Además, este río superó en pH (época húmeda) el ECA para agua, categoría 3: D1 y D2 del 2017. • La evaluación en el río Titire mostró valores de pH ácido (3,2 a 5,44) en agua superficial, cuyos valores elevados de conductividad eléctrica, oxígeno disuelto y concentraciones de carbonatos, cloruros, sulfatos, aluminio, arsénico, boro, cadmio, cobalto, cobre, hierro, litio, y manganeso incumplieron los ECA para agua, categoría 3 del 2008, tanto en época seca como húmeda. Además, este río superó en pH (época húmeda y seca), conductividad eléctrica (época seca), cloruros (época seca), aluminio, arsénico, boro, cadmio, cobalto, cobre, hierro, manganeso (época húmeda y seca) y litio (época seca) el ECA para agua categoría 3: D1 y D2 del 2017.
Sedimento	<ul style="list-style-type: none"> • En el río Chincune los sedimentos no excedieron los valores ISQG o PEL de la CEQG. • En el río Titire los sedimentos evidenciaron concentraciones de arsénico y cobre en ambas épocas, y cadmio y zinc en época seca, que excedieron los valores ISQG o PEL de la CEQG.
Flora silvestre	<ul style="list-style-type: none"> • En las zonas evaluadas se registraron 152 especies agrupadas en 34 familias botánicas y 86 géneros, siendo las familias más diversas <i>Asteraceae</i> y <i>Poaceae</i>; y los géneros más diversos <i>Senecio</i> y <i>Calamagrostis</i>. La vegetación de roquedal fue la formación vegetal de mayor riqueza, con 71 especies, seguida de la formación vegetal de bofedal, con 67 especies.
Anfibios y reptiles	<ul style="list-style-type: none"> • En el área de estudio se registraron dos especies de anfibios, la rana acuática del Perú (<i>Telmatobius peruvianus</i>) y la rana marmoleada de cuatro ojos (<i>Pleurodema marmoratum</i>); y una especie de reptil, la lagartija (<i>rubricauda Liolaemus cf. Signifer</i>). • Los anfibios presentaron una mayor riqueza de especies con respecto a los reptiles; sin embargo, la lagartija (<i>Liolaemus cf. Signifer</i>) fue la especie con mayores valores de abundancia durante la evaluación.

Matrices	Resultados obtenidos del Área de abastecimiento de agua
Aves	<ul style="list-style-type: none"> La avifauna registrada fue típica de los ecosistemas altoandinos del sur del Perú. Se identificaron 43 especies pertenecientes a 20 familias y 11 órdenes. Los órdenes que presentaron mayor número de especies fueron los <i>Passeriformes</i>, con 23 especies, seguidos de <i>Anseriformes</i> y <i>Charadriiformes</i>, con cinco especies cada uno. Las familias con mayor número de especies fueron <i>Tyrannidae</i> (ocho especies), <i>Thraupidae</i> (seis especies), <i>Fumariidae</i> (seis especies) y <i>Anatidae</i> (cinco especies).
Mamíferos	<ul style="list-style-type: none"> El mayor valor en términos de índice de abundancia lo muestra la vicuña (<i>Vicugna vicugna</i>), con 42 puntos; seguida del zorro andino (<i>Lycalopex culpaeus</i>), con 36 puntos; y la vizcacha (<i>Lagidium viscacia</i>), con 30 puntos. Con cámaras trampa se logró obtener 252 registros independientes de mamíferos silvestres, pertenecientes a ocho familias, nueve géneros y nueve especies en el área de estudio.
Geología	<ul style="list-style-type: none"> Presentó rocas que variaron del periodo Neógeno a Cuaternario, y consistieron en secuencias volcanosedimentarias³² (Grupo Maure y Formación Capillune), volcánicas³³ (Formaciones Vizcachas y Sencca, y Grupo Barroso) y finalmente depósitos superficiales cuaternarios³⁴ (volcánico, glaciar, residual, aluvial y biogénico).

Conclusiones

La evaluación realizada en el Área de operaciones determinó que el agua superficial se encontró dentro de los parámetros establecidos en los ECA y valores de referencia utilizados para la comparación de los ríos Altarani y Coscori. Sin embargo, los ríos Millune y Capillune, así como las quebradas Sarallenque y Cortadera, no se encontraron dentro de ningún parámetro del ECA para agua.

Las concentraciones de sedimentos en todas las quebradas y ríos de esta área superaron los valores de la Guía de calidad de sedimentos interinos (ISQG) y/o el nivel del efecto probable (PEL) de la norma canadiense para arsénico, cadmio, cobre, cromo, mercurio, plomo y zinc. Las concentraciones de estos metales no impidieron el desarrollo de las comunidades hidrobiológicas, tanto en riqueza como en abundancia.

Los puntos evaluados para aire en el centro poblado de Tala, quebrada Quimsuna y cerro Cortadera no superaron el valor de los ECA para aire, equivalente a $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (PM_{10}) y $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($\text{PM}_{2.5}$) para periodos de 24 horas.

Los niveles de fondo para suelo presentaron órdenes de entisol y andisol, respectivamente, textura franco arenosa, valores de pH moderado a ligeramente ácido, y capacidad de intercambio catiónico de baja a moderada.

32 Son flujos volcánicos que a medida que avanzan pueden incorporar material sedimentario.

33 Las rocas volcánicas son aquellas que se originan por el enfriamiento rápido o brusco de lava o material volcánico que es expulsado sobre la superficie de la corteza terrestre.

34 Se trata de acumulaciones de clastos y bloques de dimensiones variadas, compuestos principalmente por fragmentos heterolíticas (diferentes tipos de roca).

La evaluación realizada en el área de abastecimiento de agua determinó que el agua superficial cumplió con los ECA para agua y los valores de referencia utilizados para la comparación entre el río Calasaya y Chincune; en tanto que los demás ríos y quebradas incumplieron la norma referida en al menos un parámetro.

Los sedimentos del río Chincune no superaron los valores de ISQG o PEL de la norma canadiense. Por otro lado, en el río Titire los sedimentos excedieron la norma mencionada para arsénico y cobre en ambas épocas, y para cadmio y zinc en época seca.

La flora silvestre estuvo representada por diversas familias, destacando la *Asteraceae* y la *Poacea*. Los géneros más diversos fueron *Senecio* y *Calamagrostis*; además, el roquedal fue la formación vegetal de mayor riqueza, seguida de los bofedales.

En esta área se registraron dos especies de anfibios, la rana acuática del Perú y la rana marmoleada de cuatro ojos; y una especie de reptil, la lagartija rubricauda. Los mamíferos que presentaron mayor número de especies fueron los *Passeriformes*, con 23 especies, seguidos de *Anseriformes* y *Charadriiformes*, con cinco especies cada uno.

Bibliografía

Anglo American Quellaveco S.A. (2000). *Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Quellaveco*. (EIA, 2000). Resolución Directoral N° 266-2000-EM/DGA. <http://intranet.minem.gob.pe/>

Anglo American Quellaveco S.A. (2010). *Segunda Modificación del Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Quellaveco (EIA, 2010)*. Resolución Directoral N° 319-2010-MEM/AAM. <http://intranet.minem.gob.pe/>

Anglo American Quellaveco S.A. (2014). *Informe Técnico Sustentatorio para la Modificación del Estudio de Impacto Ambiental (EIA,2014) del proyecto Quellaveco*. Resolución Directoral N° 244-2014-MEM/AAM. <http://intranet.minem.gob.pe/>

Autoridad Nacional del Agua. (2016). *Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos*. Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA, Lima-Perú.

Autoridad Nacional del Agua. (2008). *Estándares de Calidad Ambiental*. Resolución Jefatural N° 002-2008-MINAM, Lima-Perú.

Canadian Council for Resources and Ministers of the Environment. (1999). *Canadian Sediment Quality Guidelines for the protection of the aquatic life, Polaris Scientific & Technical Editing*. <http://ceqg-rcqe.ccme.ca/en/index.html#void>

Encalada A.C., Rieradevall M., Ríos Touma B., García, N. y Prat, N. (2011). *Protocolo simplificado y guía de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CERAS-S)*. <http://www.ub.edu/riosandes/index.php/protocolo-cera-s.html>

Ministerio del Ambiente. (2014). *Guía para muestreo de suelos*. Resolución Ministerial N° 085-2014-MINAM. Lima-Perú.

Ministerio del Ambiente. (2015). *Guía de inventario de la flora y vegetación*. Resolución Ministerial N° 059-2015-MINAM. Lima-Perú.

Ministerio del Ambiente. (2015). *Guía de Inventario de Fauna Silvestre*. Resolución Ministerial N° 057-2015-MINAM. Lima-Perú.

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. (2014). *Reglamento de participación ciudadana en las acciones de monitoreo ambiental a cargo del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental*. Resolución de Consejo Directivo N° 032-2014-OEFA/CD. Lima-Perú.

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. (2016). *Modifican el Reglamento de participación ciudadana en las acciones de monitoreo ambiental a cargo del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental*. Resolución de Consejo Directivo N° 003-2016-OEFA/CD. Lima-Perú.

Universidad Nacional Mayor de San Marcos. (2014). *Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú*. Lima.

Base de datos

- Portal de Datos Abiertos
<http://datosabiertos.oefa.gob.pe/dashboards/20539/evaluaciones-ambientales-tempranas-eat/>
- Repositorio Institucional del OEFA
<https://repositorio.oefa.gob.pe/handle/20.500.12788/115>

Evaluación Ambiental Temprana en el área de de influencia de la unidad minera Shahuindo.

**Distrito de Cachachi, provincia de Cajabamba, departamento
de Cajamarca, Perú (2017-2018)**

Resumen

El Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA), en el marco del principio preventivo de la función de evaluación, realizó una Evaluación Ambiental Temprana (EAT) en el área de influencia de la unidad minera Shahuindo y zonas aledañas durante los años 2017 y 2018. En este proceso se involucró a los/as agentes sociales para generar información sobre las condiciones ambientales que orienten el ejercicio de la fiscalización ambiental, y se realizaron estudios especializados como niveles de fondo en suelos, caracterización hidroquímica, comunidades hidrobiológicas, evaluación de flora y fauna; además del muestreo del agua superficial y sedimentos de las quebradas que conforman las microcuencas Shahuindo, el Pacae, Crisbamba, Araqueda, Shingomate, el agua subterránea de los manantiales de uso poblacional y los ríos Cañarís y Condebamba en el ámbito de los componentes mineros.

Las quebradas Shingomate, Choloque, Caipuro y Chupaya presentaron pH ácidos y altas concentraciones de metales que incumplieron los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua del 2017. Respecto a la calidad del aire, las mayores concentraciones de PM_{10} se registraron en un punto a sotavento, en el cual se superaron los ECA para aire del 2017, donde existiría influencia de los caminos y operaciones de la unidad minera Shahuindo. En la evaluación de flora se registraron 267 especies; en la evaluación de anfibios y reptiles se registraron un total de tres especies de anfibios y seis de reptiles; y en la evaluación de aves se registraron en total 86 especies. En la evaluación de mamíferos se registró un total de nueve especies de mamíferos mayores, dentro de los cuales se encuentran el puma, el gato de pajonal y el zorro.

Por otra parte, se consideró el estudio especializado de niveles de fondo en cuatro tipos de suelo, determinándose que los suelos Tauna, El Yeso y Liclipampa Bajo presentaron las mayores concentraciones de arsénico, mientras que el suelo de Siguis presentó concentraciones de plomo que excedieron los valores establecidos en el ECA para suelos para uso agrícola. Estos valores de arsénico y plomo serían atribuibles al contenido mineralógico natural del área evaluada.

Palabras clave: minería, Evaluación Ambiental Temprana, flora, fauna, hidroquímica.

Abstract

The Environmental Assessment and Enforcement Agency (OEFA, by its acronym in Spanish), within the framework of the preventive principle of the evaluative function, carried out an Early Environmental Assessment (EAT, by its acronym in Spanish) in the area of influence of the Shahuindo mining unit and surrounding areas during the years 2017 and 2018. Social agents were involved in this process, to generate information on environmental conditions that guide the exercise of environmental enforcement. In this sense, specialized studies were carried out, such as background levels in soils, hydrochemical characterization, hydrobiological communities, flora and fauna; in addition to the sampling of surface water and sediments from the streams that make up

the Shahuindo, Pacae, Crisbamba, Araqueda, Shingomate micro-basins; groundwater from springs for population use and the Cañarís and Condebamba rivers in the area of mining components.

The Shingomate, Choloque, Caipuro and Chupaya streams presented acidic pHs and high concentrations of metals that did not meet the ECA for water of 2017. Regarding air quality, the highest concentrations of PM10 were recorded at a leeward point in which the 2017 ECA for air were exceeded where there would be influence from the roads and operations of the Shahuindo mining unit. In the flora evaluation, 267 species were registered. In the amphibian and reptile evaluation, a total of three species of amphibians and six of reptiles were recorded. A total of 86 species were recorded in the bird assessment. In the evaluation of mammals, a total of nine species of larger mammals were registered, like the puma, cat of pajonal, fox, between others.

On the other hand, the specialized study of background levels in four types of soil was considered, determining that soils Tauna, Yeso and Liclipampa Bajo presented the highest concentrations of arsenic, while the soil of Siguis presented concentrations of lead that exceeded the values established in the ECA for soils for agricultural use. These arsenic and lead values would be attributable to the natural mineralogical content of the evaluated area.

Key words: Mining, Early Environmental Assessment, flora, fauna, hydrochemistry.

Equipo a cargo del estudio

Profesión	Equipo técnico
Biología	Francisco García, Aragón; Aldave Agüero, Saúl; Huayllas Navarro, Américo; Ríos García, Jhony; Trinidad Patricio, Huber; Chunga Benavides, Dany; Delgado Comejo, Jackeline
Ingeniería de Recursos Naturales Renovables	Morga Castellanos, Ericka
Ingeniería Química	Fajardo Vargas, Lázaro; Ancco Pichuilla, Luis
Ingeniería Ambiental	Fernández Najarro, Jorge
Geología	Luna Tello, Marvin

Objetivo

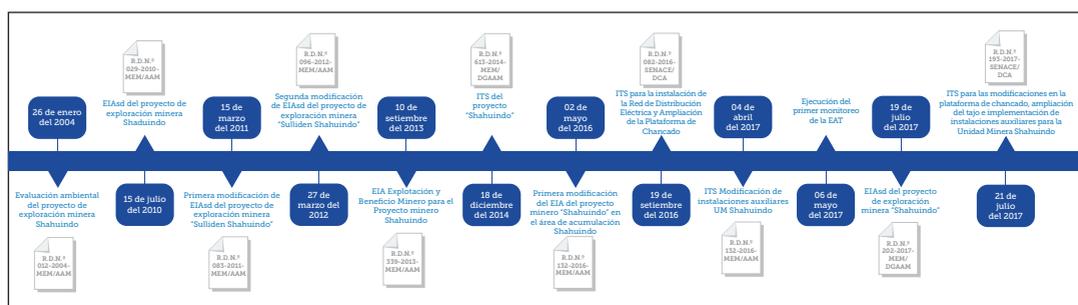
Evaluar la calidad ambiental en el ámbito de influencia de la unidad minera Shahuindo y zonas aledañas, a fin de orientar el ejercicio de la fiscalización ambiental para la prevención de impactos ambientales negativos.

Antecedentes

La unidad minera Shahuindo (en adelante UM Shahuindo) cuenta con 11 Instrumentos de Gestión Ambiental (IGA) presentados por la empresa Tahoe Perú Shahuindo S.A.C., entre Informes Técnicos Sustentatorios (ITS), Estudios de Impacto Ambiental (EIA) y sus respectivas modificatorias, en los que se declaran los componentes mineros como tajo, depósitos de material estéril, stockpile, pad de lixiviación, entre otros. Además, en ellos se identifican los cuerpos de agua dentro de su influencia directa, como las quebradas Shahuindo, Los Merinos, Choloque, el Pacae, Higuierón Sauce y Chupaya, y el río Condebamba. Asimismo, en estos instrumentos se indica la presencia de pasivos ambientales mineros generados por actividades mineras realizadas anteriormente. Es preciso mencionar que la EAT se ha ejecutado cuando la UM Shahuindo se encontraba en el primer año de explotación. Actualmente la UM Shahuindo es propiedad de la empresa canadiense Pan American Silver.

Figura 1

Cronología de los IGA de la UM Shahuindo.



Aspectos sociales

La EAT en el área de influencia de la UM Shahuindo y zonas aledañas contempló la participación ciudadana considerando lo establecido en el Reglamento de participación ciudadana aprobado por el OEFA¹. Las siete etapas² establecidas en el Reglamento mencionado se desarrollaron desde febrero del 2017 hasta febrero del 2020, e involucraron a los/as diferentes agentes, entre ellos el titular de la empresa minera, las autoridades distritales de Cachachi y de los centros poblados de Chuquibamba y Araqueda, caseríos y anexos.

En la visita de reconocimiento (etapa preliminar) se realizó un primer contacto con las poblaciones de la zona y un reconocimiento general del lugar. En la coordinación previa con los/as agentes involucrados/as (etapa 1) se realizaron reuniones con

1 Aprobado mediante Resolución de Consejo Directivo N° 032-2014-OEFA/CD, el 2 de setiembre del 2014 y su modificatoria mediante Resolución de Consejo Directivo N° 003-2016-OEFA/CD, del 24 de febrero del 2016.

2 Etapa 1: Coordinación previa con los/as agentes involucrados/as; Etapa 2: Convocatoria; Etapa 3: Inscripción en los programas de inducción; Etapa 4: Realización de la inducción; Etapa 5: Taller para la presentación de la propuesta del plan; Etapa 6: Ejecución del monitoreo; Etapa 7: Taller para la presentación de resultados.

representantes de la Municipalidad Distrital de Cachachi; de los centros poblados Araqueda, Chuquibamba y Algamarca, de los caseríos y anexos Chorobamba Máximas Flores, Moyán Alto, Moyán Bajo, Siguis, Shahuindo de Araqueda, Liclipampa Bajo, Liclipampa Alto, La Fila, La Pauquilla; y de la subprefectura distrital de Cachachi.

En la convocatoria (etapa 2) e inscripción en los programas de inducción (etapa 3) la difusión fue realizada mediante comunicaciones formales y emisión radial (emisoras locales Tebane y Julices), y se convocó a los/as principales agentes sociales. En la realización de la inducción (etapa 4) se llevaron a cabo talleres para la presentación de la propuesta del plan (etapa 5). En esta etapa, el OEFA informó sobre las competencias de fiscalización ambiental a su cargo, los alcances del reglamento que regula la participación ciudadana en las acciones de monitoreo, los derechos y deberes de los participantes, y los lineamientos y procedimientos para la toma de muestras. Al finalizar cada una de estas reuniones, se validaron los puntos de muestreo propuestos con acompañamiento de la ciudadanía. Finalmente, en la ejecución del monitoreo (etapa 6) los/as representantes de las comunidades, elegidos/as previamente, acompañaron a los/as especialistas del OEFA durante el monitoreo de los componentes ambientales.

Tabla 1

Participación ciudadana en la ejecución de la EAT en el área de influencia de la UM Shahuindo.

Etapa	Fecha	Participantes hombres	Participantes mujeres	Total
Etapa preliminar: Visita de reconocimiento	Del 15 al 21 de febrero del 2017	24	2	26
Etapa 1: Coordinación previa con los/as agentes involucrados/as	Del 12 al 18 de marzo del 2017	33	5	38
	Del 14 al 16 de marzo del 2018			
Etapa 2: Convocatoria	Del 6 al 12 de abril del 2017	8	3	11
Etapa 3: Inscripción en los programas de inducción	Del 6 al 12 de abril del 2017	142	65	207
Etapa 4: Realización de la inducción				
Etapa 5: Talleres para la presentación de la propuesta del plan				

Etapa	Fecha	Participantes hombres	Participantes mujeres	Total
Etapa 6: Ejecución del monitoreo	Del 6 al 21 de mayo del 2017 (aire, tejido vegetal, suelo, agua, sedimento y comunidades hidrobiológicas)	8	1	9
	Del 15 al 26 de marzo del 2018 (agua, sedimento y comunidades hidrobiológicas)	6	0	6
	Del 1 al 12 de setiembre del 2018 (suelos, flora y fauna)	-	-	-
Etapa 7: Taller para la presentación de resultados	Del 17 al 21 de octubre del 2017 (taller preliminar de presentación de resultados)	78	54	132
	28 de enero al 2 de febrero del 2020	76	27	103

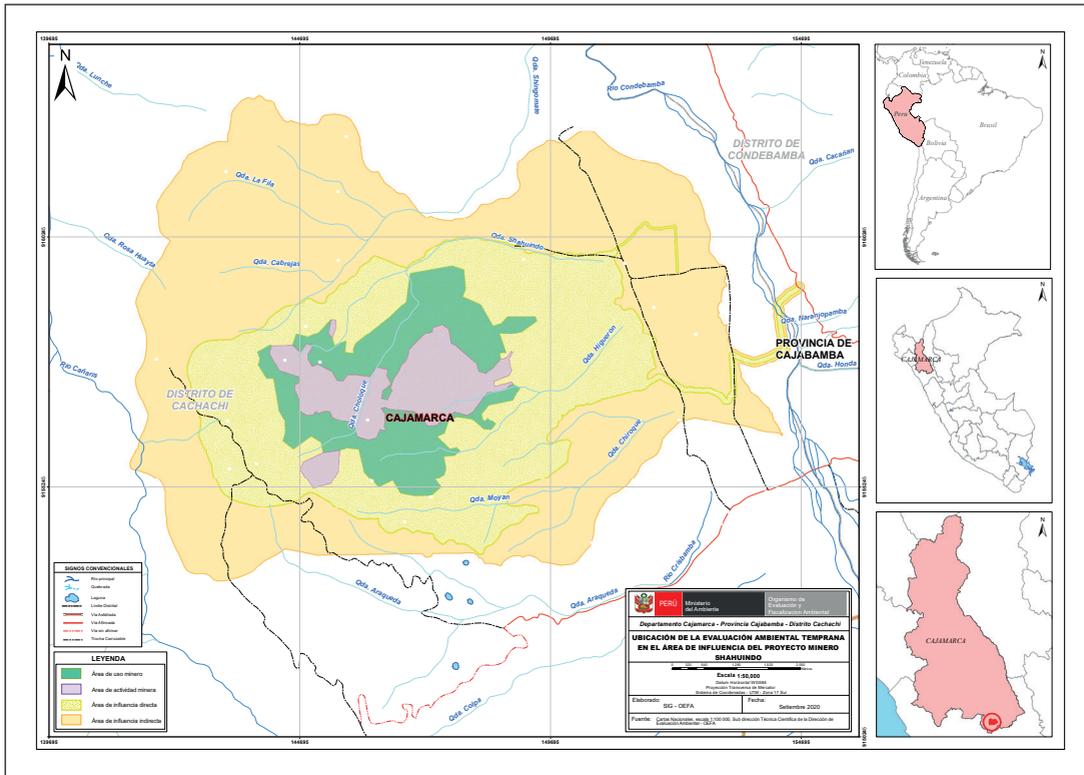
(-) No se cuenta con registro

Área de estudio

El área de estudio comprendió el ámbito de influencia de la UM Shahuindo, emplazada en el distrito de Cachachi, provincia de Cajabamba, departamento de Cajamarca. Hidrográficamente, el área del proyecto se ubica en la subcuenca del río Condebamba, el cual es un afluente por la margen derecha del río Crisnejas. La cuenca del río Crisnejas cuenta con una extensión de aproximadamente 4,909 km². El área de estudio se emplazó sobre la margen izquierda del río Condebamba, considerando las microcuencas de las quebradas Shingomate, Shahuindo, El Pacae, y Chiraque, además del río Crisbamba.

Figura 2

Área de estudio de la EAT en el ámbito de influencia de la UM Shahuindo.



Período de estudio

La evaluación se realizó en los meses de mayo del 2017 y febrero del 2020, como se muestra a continuación.

Figura 3

Periodo de la EAT en la UM Shahuindo y zonas aledañas.



Metodología

El muestreo de agua en ríos, quebradas y manantiales durante el mes de mayo del 2017 se realizó en 30 puntos, mientras que en marzo del 2018 se consideraron 59 puntos. Se tomaron en cuenta los lineamientos del Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales³. Los resultados fueron comparados con los valores establecidos en la categoría 3 de los ECA para agua del 2008⁴ y de manera referencial con los ECA para agua del 2017⁵. Asimismo, se realizó la caracterización hidroquímica (mediante diagramas de Piper y Ficklin) para determinar si las facies⁶ de las muestras de agua superficial fueron semejantes. El único efluente muestreado en marzo del 2018 se comparó referencialmente con los Límites Máximos Permisibles (LMP) para la descarga de efluentes líquidos de actividades minero - metalúrgicas⁷.

El muestreo de comunidades hidrobiológicas en mayo del 2017 se ejecutó en 26 puntos y en marzo del 2018 en 37 puntos, considerando ríos, quebradas y manantiales y tomando en cuenta los ítems 4 (Perifiton) y 5 (Bentos) de los Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos y necton (peces) en aguas continentales⁸. El análisis de las comunidades hidrobiológicas de perifiton y macroinvertebrados bentónicos se basó en el cálculo de diferentes atributos de la comunidad, tales como composición, riqueza, abundancia e índices de diversidad alfa y beta. Además, la evaluación de calidad ecológica se realizó tomando como base metodológica el Protocolo simplificado y guía de evaluación de la Calidad Ecológica de los Ríos Andinos (CERA-S)⁹.

3 Aprobado mediante Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA, el 11 de enero del 2016.

4 Aprobado mediante Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, el 31 de julio del 2008.

5 Aprobado mediante Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, el 7 de junio del 2017.

6 Se refieren a zonas distintas que tienen como principales características concentraciones de cationes y aniones descriptibles dentro de categorías de composición definidas.

7 Aprobado mediante Decreto Supremo N° 010-2010-MINAM, el 21 de agosto del 2010.

8 Universidad Nacional de Mayor de San Marcos. Museo de Historia Natural, Lima. Ministerio del Ambiente, 2014

9 Encalada A.C., Rieradevall M., Ríos Touma B., García, N. y N. Prat. (2011). Protocolo simplificado y guía de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CERAS-S). Quito: USFQ, UB, AECID, FONAG.

El muestreo de sedimentos se realizó en 27 puntos, tanto en mayo del 2017 como en marzo del 2018, y se utilizó como referencia el Manual de métodos de muestreo y preservación de muestras de las sustancias prioritarias para las matrices prioritarias del Programa de monitoreo y evaluación ambiental de México¹⁰.

La evaluación de la calidad del aire consideró cuatro puntos de monitoreo y se enmarcó en los capítulos 3 y 4 del Protocolo de monitoreo de calidad de aire y emisiones del subsector minería¹¹, el Protocolo de monitoreo de la calidad del aire y gestión de los datos¹², y las guías de calidad del aire de la Organización Mundial de la Salud (OMS) relativas al material particulado¹³. Los resultados fueron comparados con los valores establecidos en los ECA para aire del 2001¹⁴, y de manera referencial con los ECA para aire del 2017¹⁵.

La evaluación de tejido vegetal consideró 14 puntos de recolección en cultivos agrícolas tomando como referencia el Reglamento sobre métodos de muestreo y análisis, de la Comisión de la Comunidad Europea¹⁶, y la Norma general para los contaminantes y las toxinas presentes en los alimentos y piensos¹⁷.

El muestreo de suelos consideró 121 puntos distribuidos en los tipos de suelo Tauna (31), El Yeso (30), Liclipampa Bajo (30) y Siguis (30), realizados en mayo del 2017 y setiembre del 2018, contemplando lo establecido en la sección 1.3.3 (tipos de muestreo), sección 5 (determinación de puntos de muestreo) y en el Anexo 2 de la Guía para muestreo de suelos del Ministerio del Ambiente (Minam)¹⁸, los mismos que sirvieron para determinar el nivel de fondo y nivel de referencia.

La evaluación de flora consistió en el recorrido de 18 transectos distribuidos en cinco zonas y se realizó en setiembre del 2018, considerando los lineamientos establecidos en la Guía de inventario de la flora y vegetación del Minam¹⁹ y el Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal de Bolfor²⁰. El criterio de análisis de la comunidad de flora se basó en el cálculo de diferentes atributos de la comunidad, tales como composición florística, abundancia relativa, porcentaje de cobertura vegetal, índices de diversidad alfa y beta, así como la curva de acumulación y el estado de conservación.

-
- 10 Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. Manual de métodos de muestreo y preservación de muestras de las sustancias prioritarias para las matrices Prioritarias del Proname, 2010. Sección 3.4 y el Procedimiento para el muestreo de aguas y sedimentos para la determinación de metales: Sección 7.3, 8 y 9.2
- 11 Secciones 4, 9, 11, 12 y 13: Calidad de aire. Método de referencia para la determinación de material particulado respirable como PM10 en la atmósfera.
- 12 Secciones 7, 10, 11, 13 y 14.
- 13 Capítulo 2 de la Guía de prácticas climatológicas de la Organización Meteorológica Mundial, y las Secciones 7 y 11 del Protocolo para la Instalación y Operación de Estaciones Meteorológicas, Agrometeorológicas e Hidrológicas.
- 14 Aprobado mediante Decreto Supremo N° 074-2001-PCM, el 22 de junio del 2001.
- 15 Aprobado mediante Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM, el 7 de junio del 2017.
- 16 Aprobado mediante Reglamento (CE) N° 333/2007 por la Comunidad Europea.
- 17 CODEX STAN193-1995 de la FAO.
- 18 Aprobado mediante Resolución Ministerial N° 085-2014-MINAM, el 31 de marzo del 2014.
- 19 Aprobado por Resolución Ministerial N° 059-2015-MINAM, el 19 de marzo del 2015.
- 20 Mostacedo, B. & Fredericksen, Todd S. 2000. Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal. Santa Cruz, Bolivia.

La evaluación de anfibios y reptiles consistió en el recorrido de siete transectos distribuidos en cuatro zonas y 48 Búsquedas por Encuentros Visuales (VES, por sus siglas en inglés) distribuidas en seis zonas. La evaluación de aves consistió en el recorrido de 132 transectos lineales distribuidos en seis zonas; mientras que la evaluación de mamíferos consistió en el recorrido de 12 transectos distribuidos en seis zonas y la instalación de 13 cámaras trampa distribuidas en seis zonas durante 20 a 25 días, y se realizaron en setiembre del 2018, considerando los lineamientos de los capítulos 4 y 5 de la Guía de inventario de flora y vegetación del Minam²¹. La identificación de anfibios y reptiles se realizó mediante la revisión de bibliografía especializada, como descripciones de especies para la comparación de caracteres morfológicos²²; para la identificación de aves se siguió la clasificación taxonómica de la lista de aves del Perú (Plenge, 2017); mientras que el análisis de mamíferos se basó en datos cualitativos y datos cuantitativos. Esta información sirvió para determinar la composición y el estado de conservación^{23,24,25}.

Parámetros de comparación

Se presentan los parámetros evaluados en agua, sedimentos, efluentes y aire que fueron comparados con los ECA establecidos en la legislación peruana y/o de manera referencial con normas internacionales. Los demás componentes evaluados no presentan ninguna norma de comparación porque son considerados con fines de caracterización y correlación.

21 Aprobado mediante Resolución Ministerial N° 059-2015-MINAM, el 19 de marzo del 2015.

22 Frost, 2008; Uetz, 2018.

23 Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. (2018). The IUCN Red List of Threatened Species vers. 2017-3.

24 Aprobado mediante Decreto Supremo N° 004-2014-MINAGRI, el 8 de abril del 2014.

25 Cites. (2017). Convención Internacional sobre el Comercio de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. Apéndices I, II y III.

Tabla 2*Parámetros de evaluación y estándares utilizados.*

Componentes	Parámetros evaluados	ECA
Agua superficial; manantiales y agua subterránea	pH, temperatura, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica, bicarbonato, cianuro wad, demanda química de oxígeno, cloruros, sulfatos, aluminio total, arsénico total, boro total, bario total, berilio total, cadmio total, cobalto total, cromo total, cobre total, hierro total, mercurio total, litio total, magnesio total, manganeso total, níquel total, plomo total, selenio total, zinc total	ECA para agua 2008 y 2017 (categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales)
Efluente	pH, sólidos totales suspendidos, hierro disuelto, arsénico total, cadmio total, cobre total, mercurio total, plomo total, zinc total	LMP para la Descarga de Efluentes Líquidos de Actividades Minero - Metalúrgicas
Sedimento	Arsénico total, cadmio total, cobre total, cromo total, mercurio total, plomo total, zinc total	Canadian Council of Ministers of the Environmental (CCME, 1999, updated in 2001)
Aire	Material particulado menor a 10 micras (PM10)	ECA para aire del 2001 ECA para aire para del 2017
	Plata total, arsénico total, bario total, berilio total, cadmio total, cobalto total, cromo total, cobre total, manganeso total, molibdeno total, níquel total, plomo total, antimonio total, selenio total, vanadio total, zinc total, uranio total, mercurio total.	Valor referencial de Ontario's Ambient Air Quality Criteria - Canadá-AAQC

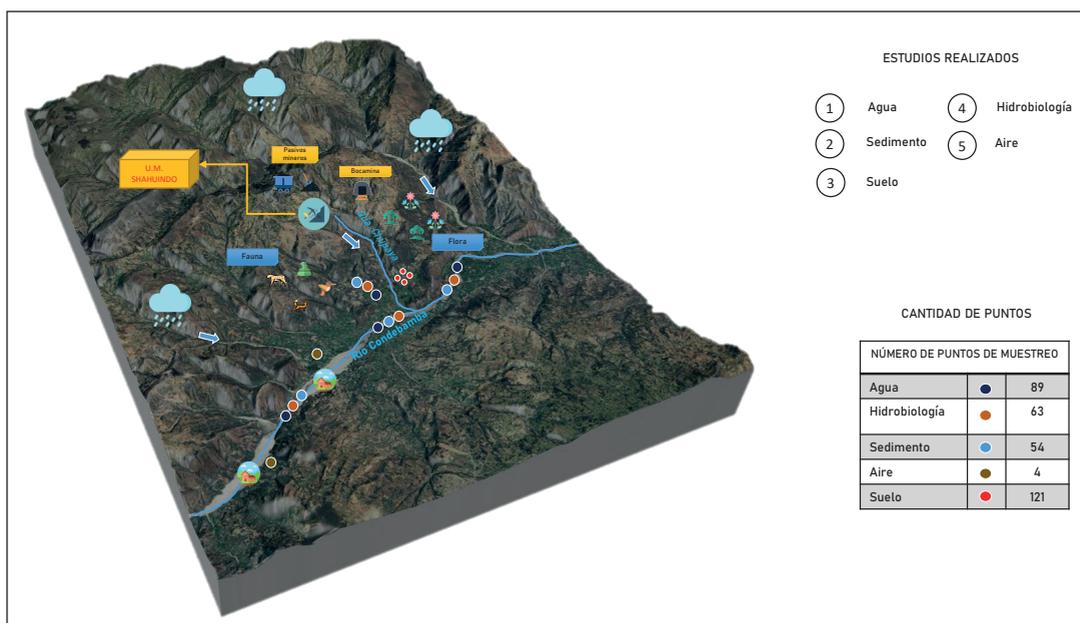
Resultados

Modelo conceptual

Dentro del área de influencia de la UM Shahuindo existen pasivos ambientales generados por actividades mineras realizadas anteriormente, los cuales han sido identificados en los IGA. Se evidenció que los que presentaron descargas a cuerpos hídricos afectaron su calidad.

Figura 4

Modelo conceptual de principales resultados obtenidos en la EAT realizada en el ámbito de influencia de la UM Shahuindo



Debido a la magnitud del proyecto, el área de estudio fue dividida en siete zonas para la evaluación del estado del agua, sedimentos y comunidades hidrobiológicas.

Zona I

Se identificó un drenaje proveniente de una bocamina abandonada que descarga en la quebrada Chupaya, donde el efluente tuvo pH ácido y elevadas concentraciones de aluminio, arsénico, hierro, manganeso, níquel, zinc, cobalto y cadmio. Esta condición se reflejó en la disminución del pH a ligeramente ácido y el incremento hasta superar los ECA para agua, categoría 3, del 2008 y 2017 en las concentraciones de aluminio, arsénico, hierro y manganeso. Cabe señalar que la bocamina no se encontró en el inventario inicial de pasivos ambientales mineros²⁶. Según los diagramas de Piper y Ficklin, la naciente de la quebrada Chupaya presentó facies bicarbonatadas cálcicas y aguas cercanas a la neutralidad con baja concentración de metales; sin embargo, luego de recibir el aporte de la bocamina abandonada de facies sulfatadas cálcicas, cambió a sulfatadas cálcicas y aguas cercanas a la neutralidad, pero con alta concentración de metales.

Por otro lado, la concentración de arsénico y mercurio en el sedimento de la quebrada Chupaya (aguas abajo de la bocamina abandonada) se incrementó hasta

26 Aprobado mediante Resolución Ministerial N° 224-2018-MEM/DM, el 12 de junio del 2018.

superar el valor de efecto probable (PEL²⁷, por sus siglas en inglés) y el valor de la Interim Sediment Quality Guideline (ISQG) de la norma referencial canadiense; con respecto al mercurio su presencia se registró sólo una vez. Del mismo modo, esta zona registró una disminución de la riqueza y abundancia de las comunidades de perifiton y macroinvertebrados bentónicos, además la calidad ecológica fue categorizada como Pésima con respecto a la Buena calidad ecológica en el punto aguas arriba. También se resaltó la presencia de los órdenes *Coleoptera* y *Diptera* en macroinvertebrados bentónicos de las comunidades de perifiton (microalgas).

Los puntos ubicados en la parte alta de la quebrada Choloque presentaron facies bicarbonatadas cálcicas y aguas cercanas a la neutralidad con baja concentración de metales, y concentraciones de hierro que superaron los ECA para agua, categoría 3 del 2008 y del 2017. Sin embargo, luego de pasar por una ladera erosionada, cambiaron a sulfatadas cálcicas y aguas cercanas a la neutralidad, pero con alta concentración de metales. A su vez, el pH varió a ligeramente ácido y se incrementaron las concentraciones de aluminio, arsénico, cadmio, hierro, manganeso y plomo aguas abajo hasta superar el referido estándar.

Del mismo modo, el mercurio en los sedimentos aguas arriba presentó concentraciones que se encontraron por debajo de los valores de la norma referencial canadiense, incrementando aguas abajo hasta superar el valor PEL de la norma. Asimismo, las comunidades hidrobiológicas registraron una disminución de la riqueza y abundancia de las comunidades de perifiton y macroinvertebrados bentónicos, variando su calidad ecológica de Buena a Pésima.

La quebrada Shahuindo, formada por la confluencia de las quebradas Choloque y Chupaya, presentó valores de pH ligeramente ácidos y concentraciones de aluminio, hierro y manganeso que incumplieron los ECA para agua, categoría 3 del 2008 y 2017. La quebrada presentó facies sulfatadas cálcicas y aguas cercanas a la neutralidad con baja concentración de metales. La concentración de arsénico y mercurio en el sedimento de la quebrada Shahuindo superó el valor PEL de la norma referencial canadiense. Además, las comunidades hidrobiológicas registraron valores bajos de riqueza y abundancia de las comunidades de perifiton y macroinvertebrados bentónicos, con una calidad ecológica Pésima.

Zona II

En la microcuenca Crisbamba, y en las quebradas Araqueda y La Colpa, se observó que los valores de pH y manganeso incumplieron los ECA para agua, categoría 3, del 2008 y 2017. Del mismo modo, las concentraciones de arsénico y cobre en el sedimento (mayo del 2017) superaron referencialmente el valor ISQG de la norma referencial canadiense. Además, ambos puntos presentaron facies bicarbonatadas cálcicas y aguas cercanas a la neutralidad con baja concentración de metales. En ambas quebradas, la riqueza y la abundancia de la comunidad del perifiton y la comunidad de macroinvertebrados bentónicos tuvieron un comportamiento similar en los dos puntos. La calidad ecológica del tramo evaluado fue Buena.

27 Probable Effect Level

Zona III

En la subcuenca Condebamba, en el río del mismo nombre, se hallaron concentraciones de aluminio, hierro y manganeso (mayo del 2017) que superaron los valores establecidos en los ECA para agua, categoría 3, del 2008 y 2017. En este sentido, los tributarios evaluados del río Condebamba, como los ríos Urupuyo y Chimín y la quebrada Lanla, no influyeron en la calidad del río Condebamba (tramo evaluado). Además, las aguas del tramo evaluado presentaron facies bicarbonatadas cálcicas, y aguas cercanas a la neutralidad con baja concentración de metales. Finalmente, las comunidades hidrobiológicas registraron valores constantes de riqueza y abundancia de las comunidades de perifiton y macroinvertebrados bentónicos, con una calidad ecológica Buena.

Zona IV

En el tramo evaluado del río Cañarís (mayo del 2017 y marzo del 2018) se apreció que en la quebrada Tranca el agua no influía en su acidez ni en el incremento en la concentración de metales. Sin embargo, luego de recibir los aportes de la quebrada Caipuro y del efluente de la bocamina Nivel 5, el pH disminuyó a ligeramente ácido y se incrementaron las concentraciones de arsénico, cadmio, cobre y hierro, superando los ECA para agua, categoría 3, del 2008 y 2017 con respecto al punto ubicado aguas arriba. Además, en el punto aguas abajo cambiaron las facies de bicarbonatada cálcica a sulfatada cálcica, y sus aguas pasaron de cercanas a la neutralidad con baja concentración de metales a cercanas a la neutralidad pero con alta concentración de metales.

De igual manera, las concentraciones de arsénico y cobre en el sedimento del punto ubicadas aguas abajo se incrementaron hasta superar el valor PEL de la norma referencial canadiense. Asimismo, las comunidades hidrobiológicas registraron una considerable disminución de los valores de abundancia y riqueza de perifiton de 25 y 28 taxa a tres y cuatro taxa, y en macroinvertebrados bentónicos de 10 y 13 taxa a cinco y siete taxa. Dicha alteración en el tramo del río Cañarís se debía al efluente de la bocamina Nivel 5 y la quebrada Caipuro. Por otro lado, la riqueza y la abundancia de la comunidad de perifiton y la comunidad de macroinvertebrados bentónicos tuvieron un comportamiento similar en ambos puntos. La calidad ecológica del tramo evaluado fue Buena. El depósito de relaves (pasivo ambiental minero) ubicado aguas abajo del tramo evaluado y en la margen derecha del río Cañarís presentó principalmente elevadas concentraciones de arsénico, cadmio, cobre y mercurio.

Zona V

En marzo del 2018 se realizaron los muestreos en la microcuenca Pacae, y se identificó que la quebrada Sin nombre 3 (aportante de la quebrada Los Merinos) presentó pH ácido y concentraciones de aluminio y manganeso que superaron los ECA para agua, categoría 3 del 2008 y 2017. Además, presentó facies hipersulfatadas cálcicas y aguas ácidas con baja concentración de metales. Asimismo, las concentraciones de arsénico y mercurio en el sedimento superaron el valor PEL de la norma referencial canadiense. Estos tributarios no influyeron en la calidad de la

quebrada Los Merinos, puesto que el pH ácido y la concentración de manganeso que incumplieron los ECA para agua, categoría 3 del 2008 y 2017 no presentaron cambios desde su nacimiento hasta su confluencia con la quebrada Sauce.

En la quebrada Los Merinos la concentración de arsénico y mercurio en el sedimento del punto ubicado aguas abajo se incrementó hasta superar el valor PEL de la norma referencial canadiense, con respecto al punto ubicado aguas arriba. Además, la riqueza y abundancia de las comunidades de perifiton y macroinvertebrados bentónicos del tramo evaluado presentaron valores bajos y una Pésima calidad ecológica, debido a las características ácidas y metálicas de esta quebrada. Se destacaron los phylum *Bacillariophyta* y *Cyanobacteria* (microalgas) y el orden Díptera (macroinvertebrados bentónicos).

Por otro lado, en la quebrada Sauce, evaluada en mayo del 2017 y en marzo del 2018, ningún parámetro incumplió los ECA para agua, categoría 3 del 2008 y 2017. Además, presentó facies bicarbonatadas cálcica-magnésicas y aguas cercanas a la neutralidad con baja concentración de metales. La concentración de arsénico en el sedimento superó el valor PEL de la norma referencial canadiense. Asimismo, en esta quebrada se presentaron valores altos de riqueza y abundancia de las comunidades de perifiton (11 y 15 taxa) y macroinvertebrados bentónicos (16 y 20 taxa), así como una Buena calidad ecológica, destacando los Phyla *Bacillariophyta* y *Cyanobacteria* (microalgas) y los órdenes *Ephemeroptera*, *Odonata* y *Trichoptera* (macroinvertebrados bentónicos).

Zona VI

En la microcuenca Chiraque, el tramo evaluado de la quebrada Moyán presentó una concentración de manganeso que superó los ECA para agua, categoría 3, del 2008 y 2017. Se registraron especies de los órdenes *Ephemeroptera*, *Trichoptera* y *Díptera*, siendo este último orden el que presentó mayor riqueza. Los tres manantiales ubicados en la parte alta de la quebrada Moyán presentaron concentraciones de metales que cumplieron referencialmente con los ECA para agua, categoría 3, del 2008 y 2017.

Zona VII

En la microcuenca Shingomate, en marzo del 2018, se evaluaron las quebradas La Chilca, El Grajo, Cabrejos y La Fila, debido a que son aportantes de la quebrada Shingomate. De los resultados, sólo el pH y el manganeso en la quebrada La Chilca, y el manganeso en la quebrada El Grajo incumplieron los ECA para agua, categoría 3 del 2008 y 2017. Asimismo, ningún parámetro evaluado en las quebradas Cabrejos y La Fila incumplió este estándar. Estas cuatro quebradas presentaron facies sulfatadas cálcicas; sin embargo, las quebradas El Grajo, Cabrejos y La Fila presentaron aguas cercanas a la neutralidad con baja concentración de metales, mientras que la quebrada La Chilca presentó aguas ácidas con baja concentración de metales. Estas quebradas presentaron una Buena calidad ecológica.

En el tramo de la quebrada Shingomate, evaluada en marzo del 2018, el punto ubicado en la parte alta (cerca de la nacimiento) presentó concentraciones de cadmio

y manganeso que superaron los ECA para agua, categoría 3, del 2008 y 2017; sin embargo, al pasar sus aguas por el cerro Cushpibo (donde se emplazaron un grupo de mineros informales llamados La Chilca), los valores de pH disminuyeron y aumentaron las concentraciones de sulfatos (SO_4), aluminio, arsénico, cadmio, cobalto, cobre, hierro, manganeso, plomo y zinc, hasta incumplir el estándar referido. Aguas abajo de los puntos mencionados, luego de recibir los aportes de los manantiales y de las quebradas Cabrejos y La Fila, se apreció un incremento en los valores de pH hasta ser básicos, así como también una disminución en las concentraciones de metales en los puntos ubicados luego de recibir los aportes de las quebradas mencionadas. Sin embargo, las concentraciones de cobre siguieron superando el estándar en ambos puntos.

Con relación a la hidroquímica, el tramo evaluado de la quebrada Shingomate presentó facies sulfatadas cálcicas, y el punto ubicado en la parte alta (cerca de la naciente) presentó aguas cercanas a la neutralidad con baja concentración de metales, que luego de pasar por el cerro Cushpibo cambiaron a altamente ácidas con extremas concentraciones de metales. Posteriormente, luego de recibir los aportes de los manantiales y las quebradas Cabrejos y La Fila, cambiaron a cercanas a la neutralidad con baja concentración de metales en los puntos ubicados aguas debajo del aporte de las quebradas mencionadas. La concentración de metales en los manantiales, ubicados entre las quebradas Cabrejos y La Fila, no superaron referencialmente los ECA para agua, categoría 3 del 2008 y 2017, con excepción de uno de ellos, que tuvo el pH ácido, incumpliendo referencialmente el estándar.

En cuanto a la calidad del aire, los cuatro puntos fueron evaluados en un periodo de cuatro días (mayo del 2017), de los cuales los puntos ubicados en los caseríos Moyán Alto (CA-MAlt1), Moyán Bajo (CA-MBaj1) y Máximas Flores (CA-MFlo1) se ubicaron en barlovento, y el punto del caserío San José (CA-SJos1) se ubicó en sotavento, en el que se registraron las mayores concentraciones de PM10 siguiendo la dirección preferencial de los vientos, tal como fue ratificado por las mediciones meteorológicas realizadas. Este comportamiento confirmó que los valores registrados en sotavento estarían influenciados por los caminos y operaciones de la UM Shahuindo. En ese sentido, las concentraciones de material particulado PM10 obtenidas en los puntos ubicados en los caseríos Moyán Bajo, caserío Moyán Alto y caserío Máximas Flores cumplieron con los ECA para aire del 2017²⁸; sin embargo, el punto ubicado en el caserío San José excedió este estándar durante tres días de monitoreo, lo cual sería atribuible a los caminos y vías de acceso del caserío. En tanto, ninguno de los puntos superó el valor referencial de la norma canadiense para metales en PM¹⁰.

En cuanto a calidad de suelos, se determinaron los niveles de fondo y valores de referencia para 32 metales en suelos superficiales, con cultivos y sin cultivos, en cuatro diferentes tipos de suelo. Se obtuvo que los niveles de fondo de arsénico (para los suelos Tauna, El Yeso y Liclipampa Bajo) y plomo (para el suelo El Yeso) excedieron los valores establecidos en los ECA para suelos del 2017²⁹ para uso agrícola. Estos valores de arsénico y plomo serían atribuibles al contenido

28 Aprobado mediante Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM, el 7 de junio del 2017.

29 Aprobado mediante Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM, el 2 de diciembre del 2017.

mineralógico natural del área evaluada, toda vez que las zonas evaluadas no correspondieron a áreas influenciadas directamente por la actividad minera.

En la evaluación de tejido vegetal en cultivos se obtuvo que la concentración de plomo en las muestras de tejido vegetal durante el muestreo del 2017 (siete puntos) y 2018 (14 puntos) no superaron los niveles máximos (NM) de plomo (0,1 mg/kg) en frutos recomendados por el CODEX de la comunidad europea.

En la evaluación de flora se registraron 267 especies agrupadas en 68 familias botánicas y 199 géneros, donde las familias más diversas fueron *Asteraceae* y *Poaceae*, y los géneros más diversos fueron *Tillandsia* y *Cronquistianthus* (como por ejemplo las bromelias). El monte ribereño fue la formación con mayor riqueza, pues contó con 165 especies; seguida del matorral, con 152 especies. La especie con mayor abundancia relativa en el matorral y monte ribereño fue el espinillo (*Acacia macracantha*); mientras que en la vegetación de roquedal la más abundante fue el helecho águila (*Pteridium aquilinum*).

En la evaluación de anfibios y reptiles se registró un total de nueve especies, de las cuales tres pertenecen a la clase *Amphibia* y seis a la clase *Reptilia*. En esta evaluación se registraron dos especies consideradas en alguna categoría de amenaza. La primera fue la rana *Hyloxalus insulatus*, perteneciente a la familia *Dendrobatidae*, la cual fue categorizada como una especie vulnerable (VU) por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, por sus siglas en inglés) 2018 y la segunda fue la lagartija *Petracola waka*, de la familia *Gymnophthalmidae*, la cual estuvo considerada como una especie En peligro³⁰. Ambas especies endémicas se distribuyen en la región noroeste del Perú; además de la lagartija *Microlophus stolzmanni* (familia *Tropiduridae*), que no fue considerada como una especie amenazada, pero es una especie endémica de la misma zona.

En la evaluación de aves se registraron en total 86 especies. Mediante el método de puntos de conteo se registraron 80 especies pertenecientes a 26 familias y 11 órdenes, mientras que por registros oportunos mediante el uso de cámaras trampa se registraron seis especies pertenecientes a seis familias y cuatro órdenes taxonómicos. No se registraron especies dentro de alguna categoría de conservación de la IUCN, mientras que según el Decreto Supremo N° 004-2014, se reportaron dos especies categorizadas como especies vulnerables. Según la Cites, se registraron 14 especies en el Apéndice II, entre ellos *Adelomyia melanogenys*, *Myrmia micrura*, *Lafresnaya lafresnayi*, *Geranoaetus polyosoma*, *Phalcoboenus megalopterus* y *Falco femoralis*.

En la evaluación de mamíferos se registró un total de nueve especies de mamíferos mayores con predominio del orden *Carnívora*, con cinco especies. Del total de especies registradas, tres de ellas se encontraron en listas de conservación nacional e internacional, entre las que destacan el puma (*Puma concolor*), categorizado en estado de Casi Amenazada por la legislación nacional y Cites II, el gato de pajonal

30 Aprobado mediante Decreto Supremo N° 004-2014-MINAGRI, el 8 de abril del 2014.

(*Leopardus colocolo*), categorizado con Datos Insuficientes por la legislación nacional, Cites II y casi amenazada por IUCN, y por último el zorro (*Lycalopex culpaeus*), considerado en Cites II; es decir especies que no están necesariamente amenazadas de extinción, pero que podrían llegar a estarlo si es que no se controla estrictamente su comercio.

Conclusiones

En la Zona I, correspondiente a la microcuenca Shahuindo, se identificó un drenaje proveniente de una bocamina abandonada, de pH ácido y elevadas concentraciones de aluminio, arsénico, hierro, manganeso, níquel, zinc, cobalto y zinc, que descarga en la quebrada Chupaya, alterando su calidad hídrica; mientras que en los puntos ubicados en la parte alta de la quebrada Choloque solo se presentaron concentraciones de hierro que superaron los ECA para agua, categoría 3 del 2008 y 2017. Sin embargo, luego de pasar por una ladera erosionada, el pH varió a ligeramente ácido y se incrementaron las concentraciones de aluminio, arsénico, cadmio, hierro, manganeso y plomo aguas abajo hasta superar el referido estándar. En ambas quebradas las comunidades hidrobiológicas registraron una disminución de la riqueza y abundancia de las comunidades de perifiton y macroinvertebrados bentónicos, variando su calidad ecológica de Buena a Pésima al recibir estos aportes.

En la Zona II (microcuenca Crisbamba), Zona III (subcuenca Condebamba) y Zona VI (microcuenca Chiraque), las quebradas Araqueda y La Colpa presentaron comportamientos similares en cuanto a la riqueza y abundancia de las comunidades de perifiton y macroinvertebrados bentónicos, resaltando la presencia de los órdenes *Ephemeroptera* y *Trichoptera*, no identificándose algún factor externo que pueda influir en la calidad del cuerpo de agua.

En la Zona IV (subcuenca Cañarís), las actividades de pequeña minería desarrolladas en la parte alta de la quebrada Caipuro alteraron su calidad hídrica, presentando pH ácido y elevadas concentraciones de aluminio, arsénico, cadmio, cobalto, cobre, hierro, manganeso, plomo y zinc que superaron los ECA para agua, categoría 3; y el efluente ubicado en la bocamina Nivel 5 presentó pH ácido y concentraciones de sólidos suspendidos totales, arsénico, cadmio, cobre, zinc y hierro disuelto que superaron referencialmente los LMP de efluentes líquidos de actividades minero – metalúrgicas, ocasionando pH ácido e incremento de metales en el punto aguas abajo del río Cañarís. Asimismo, las comunidades hidrobiológicas registraron una considerable disminución de los valores de abundancia y riqueza de perifiton y macroinvertebrados bentónicos.

En la Zona V (microcuenca Pacae), la quebrada Los Merinos presentó pH ácido y concentración de manganeso que incumplieron los ECA para agua, categoría 3, del 2008 y 2017. No se presentaron cambios desde su nacimiento hasta su confluencia con la quebrada Sauce. Además, la riqueza y abundancia de las comunidades de perifiton y macroinvertebrados bentónicos del tramo evaluado presentaron valores bajos y una calidad ecológica Pésima debido a las características ácidas y metálicas de esta quebrada.

En la Zona VII, la parte alta de la Quebrada Shingomate presentó pH ácido y aumentaron las concentraciones de sulfatos, aluminio, arsénico, cadmio, cobalto, cobre, hierro,

manganeso, plomo y zinc que superaron los ECA para agua, categoría 3, del 2008 y 2017, debido principalmente a los aportes de los componentes mineros abandonados de las actividades mineras artesanales que se emplazaron en el cerro Cushpibo "La Chilca" que, al estar expuestos, se acarrearán hacia los cauces de esta quebrada. Sin embargo, al recibir los aportes de las quebradas El Grajo, Cabrejos y La Fila se apreció una recuperación de la calidad, persistiendo las concentraciones de cobre y manganeso que superaron dicho ECA para agua.

Respecto a la calidad del aire, las mayores concentraciones de material particulado (PM_{10}) se registraron en el punto ubicado en el caserío San José (sotavento), el cual superó los ECA para aire del 2017, lo cual indicaría que se tendría influencia de los caminos y operaciones de la UM Shahuindo.

En cuanto a calidad de suelos, se tiene que los niveles de fondo de arsénico (para los suelos Tauna, El Yeso y Liclipampa Bajo) y plomo (para el suelo El Yeso) excedieron los valores establecidos en los ECA para suelos del 2017 de uso agrícola. Estos valores serían atribuibles al contenido mineralógico natural del área evaluada, toda vez que las zonas evaluadas no correspondieron a áreas influenciadas directamente por la actividad minera.

En la evaluación de flora se registraron 267 especies, y las familias más diversas fueron *Asteraceae* y *Poaceae*. El monte ribereño fue la formación con mayor riqueza, pues cuenta con 165 especies, seguida del matorral, con 152 especies. La especie con mayor abundancia relativa en el matorral y monte ribereño fue el espino (*Acacia macracantha*); mientras que en la vegetación de roquedal fue el helecho águila (*Pteridium aquilinum*).

En la evaluación de anfibios y reptiles se registró un total de nueve especies, de las cuales tres pertenecen a la clase *Amphibia* y seis a la clase *Reptilia*, y se registraron dos especies consideradas en alguna categoría de amenaza; la rana (*Hyloxalus insulatus*), categorizada como una especie Vulnerable por la IUCN 2018, y la lagartija (*Petracola waka*), considerada como una especie En Peligro en la actualización de la lista de clasificación y categorización de las especies amenazadas de fauna silvestre legalmente protegidas del Ministerio de Agricultura y Riego. Ambas son especies endémicas y se distribuyen en la región noroeste del Perú.

En la evaluación de aves se registró a un total de 86 especies, mediante el método de puntos de conteo, mientras que por registros oportunos mediante el uso de cámaras trampa se registró seis especies. No se han registrado especies dentro de alguna categoría de conservación de la IUCN, mientras que según el Decreto Supremo N° 004-2014 se reportaron dos especies categorizadas como especies Vulnerables.

En la evaluación de mamíferos se registró un total de nueve especies de mamíferos mayores, con predominio del orden Carnívora, con cinco especies. Del total registrado, tres de ellas se encuentran en la lista de conservación nacional e internacional, entre las que destacan el puma (*Puma concolor*), categorizado en estado de Casi Amenazada por la legislación nacional y Cites II; el gato de pajonal, categorizada con Datos Insuficientes por la legislación nacional y el Apéndice II de la Cites II, y Casi Amenazada por la IUCN; y por último el zorro, considerado también por esta Convención.

Es necesario indicar el riesgo ambiental que suponen los pasivos ambientales mineros, ya que estando en la actualidad en entornos de minería abandonada o inactiva constituyen un riesgo potencial permanente para el ambiente y la salud de las personas. Asimismo, la presencia de metales y elevados valores de pH en los cuerpos de agua cercanos a la UM Shahuindo se debieron a la erosión que se genera en época de lluvia en los terrenos sin cobertura vegetal, alterados por las actividades mineras artesanales de la zona.

Además, los cambios en la calidad hídrica de las quebradas Shingomate, Choloque y Chupaya se debieron a las lluvias que generan escorrentías o deslizamientos de tierra sin cobertura vegetal alterada por las actividades mineras artesanales de la zona de Chupaya, lo que se corrobora con la presencia de sólidos suspendidos.

Bibliografía

Autoridad Nacional del Agua. (2016). *Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales*. Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA. 11 de enero de 2016.

Convención Internacional sobre el Comercio de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. (2017). *Apéndices I, II y III*. UNEP.

Comisión de las comunidades europeas. (2007). *Métodos de muestreo y análisis para el control oficial de los niveles de plomo, cadmio, mercurio, estaño inorgánico, 3-MCPD y benzo(a) pireno en los productos alimenticios*. Reglamento (CE) N° 333/2007. 28 de marzo de 2007.

Encalada A.C., Rieradevall M., Ríos Touma B., García, N. y N. Prat. (2011). *Protocolo simplificado y guía de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CERAS-S)*. Quito: USFQ, UB, AECID, FONAG.

Frost, Darrel R. (2018). *Amphibian Species of the World: an Online Reference*. American Museum of Natural History, New York, USA. Vers. 6.0. 7 de agosto 2018. <http://research.amnh.org/herpetology/amphibia/index.html>.

International Union for Conservation of Nature. (2018). *The IUCN Red List of Threatened Species*. Vers. 2017-3.

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. (2010). *Manual de métodos de muestreo y preservación de muestras de las sustancias prioritarias para las matrices Prioritarios del Proname*. México, p.55.

Ministerio de Agricultura y Riego. (2014). *Actualización de la lista de clasificación y categorización de las especies amenazadas de fauna silvestre legalmente protegidas*. Decreto Supremo N° 004-2014-MINAGRI. 8 de abril de 2014.

Ministerio del Ambiente. (2014). *Guía para el muestreo de suelos*. Decreto Supremo N° 085-2014-MINAM. 31 de marzo de 2014.

Ministerio del Ambiente. (2015). *Guía de inventario de la Flora y Vegetación*. Decreto Supremo N° 059-2015-MINAM. 19 de marzo de 2015.

Ministerio del Ambiente. (2008). *Implementación Estándares de Calidad Ambiental para Agua*. Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM. 30 de julio de 2008.

Ministerio del Ambiente. (2008). *Límites Máximos Permisibles para la descarga de efluentes líquidos de Actividades Minero - Metalúrgicas*. Decreto Supremo N° 010-2010-MINAM. 21 de agosto de 2010.

Ministerio del Ambiente. (2017). *Estándares de Calidad Ambiental para Agua*. Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. 7 de junio de 2017.

Ministerio del Ambiente. (2017). *Estándares de Calidad Ambiental para Aire*. Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM. 7 de junio de 2017.

Mostacedo, B. & Fredericksen, Todd S. (2000). *Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal*. Santa Cruz, Bolivia

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. (2018). *Evaluación Ambiental Temprana en el área de influencia de la Unidad Minera Shahuindo de Shahuindo S.A.C. en el distrito de Cachachi, provincia de Cajabamba, departamento de Cajamarca durante el 2017 y 2018*. Informe N° 290-2018-OEFA/DEAM-STEC.

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. (2018). *Evaluación ambiental de suelos, tejido vegetal, flora y fauna como parte de la Evaluación Ambiental Temprana en el área de influencia de la Unidad Minera Shahuindo de Shahuindo S.A.C. y zonas aledañas – 2018*. Informe N° 381-2018-OEFA/DEAM-STEC.

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. (2016). *Modificatoria del Reglamento de participación ciudadana en las acciones de monitoreo ambiental a cargo del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental – OEFA*. Resolución de Consejo Directivo N° 003-2016-OEFA/CD. 24 de febrero de 2016.

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. (2014). *Reglamento de participación ciudadana en las acciones de monitoreo ambiental a cargo del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental – OEFA*. Resolución de Consejo Directivo N° 032-2014-OEFA/CD. 2 de setiembre de 2016.

Organización Mundial de la Salud. (1995). *Norma general del Codex para los contaminantes y las toxinas presentes en los alimentos y piensos*. Codex Stan 193-1995. p 48.

Organización Meteorológica Mundial. (2011). *Guía de prácticas climatológicas ONM-N° 100*. Ginebra – Suiza. p. 128.

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología. (2013). *Protocolo para la Instalación y Operación de Estaciones Meteorológicas e Hidrológicas*. Resolución Presidencial Ejecutiva N° 0174 SENAMHI-PREJ-OGOT/2013. 10 de setiembre de 2013.

Presidencia del Consejo de Ministros. (2001). *Reglamento de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental de Aire*. Decreto Supremo N° 074-2001-PCM. 22 de junio de 2001.

Uetz, P., Freed, P. & Jirí Hošek (eds.). (2018). *The Reptile Database* [07 de febrero del 2018]. <http://www.reptile-database.org>

Universidad Nacional Mayor de San Marcos. (2014). *Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú*. Ministerio del Ambiente. Lima, Perú.

Base de datos

- Portal de Datos Abiertos
<http://datosabiertos.oefa.gob.pe/dashboards/20539/evaluaciones-ambientales-tempranas-eat/>
- Repositorio Institucional del OEFA:
<https://repositorio.oefa.gob.pe/handle/20.500.12788/110>

Evaluación Ambiental Temprana en el área de influencia del proyecto minero Tía María y zonas aledañas.

Distritos de Cocachacra, Dean Valdivia, Punta de Bombón y Mejía, provincia de Islay, departamento de Arequipa, Perú (2017)

Resumen

El Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA), en el marco del principio preventivo de la función de evaluación, realizó una Evaluación Ambiental Temprana (EAT) con participación ciudadana en los distritos de Cocachacra, Punta de Bombón, Mejía y Deán Valdivia, provincia de Islay, departamento de Arequipa, en el 2017, en cumplimiento de su Plan Anual de Evaluación y Fiscalización Ambiental (Planefa). El estudio tuvo como objetivo evaluar la calidad ambiental en el área de influencia del proyecto minero Tía María y zonas aledañas, y comprendió el monitoreo de agua superficial, sedimento, comunidades hidrobiológicas, suelo, aire, camarón del río y tejido vegetal, realizado mediante el uso de guías de referencia nacional e internacional.

El río Tambo, en su curso por el valle agrícola y los canales de riego, registró concentraciones de arsénico y boro que excedieron los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua del 2017. La quebrada Rosa María y manantial Santo Domingo (ambos de origen de agua subterránea) superaron los valores de conductividad y las concentraciones de cloruros, magnesio y boro debido a sus fuentes de recarga, visualizadas por la composición hidroquímica. De las concentraciones de metales de sedimentos en el río Tambo y las lagunas del Santuario Nacional Lagunas de Mejía (en adelante Santuario Nacional), se resalta que el arsénico, de manera referencial, está por encima del Nivel de Efecto Probable (PEL, por sus siglas en inglés) de la guía canadiense. Los vientos tienen predominancia sur-suroeste y suroeste que se dirigen desde los distritos de Punta de Bombón hacia Cocachacra; y las concentraciones de los gases CO, NO₂ y PM₁₀ cumplen con los valores del ECA para aire del 2001, mientras que el SO₂ no cumplió con dicho estándar en un período de 24 horas.

Para la evaluación de suelos se consideraron tres áreas de muestreo: suelos agrícolas, ámbito del proyecto minero Tía María y el Santuario Nacional. En los suelos agrícolas cultivados, la concentración de arsénico total superó el valor de los ECA para suelos del 2013. Asimismo, la concentración de arsénico, bario, cadmio, mercurio y plomo de los suelos del Santuario Nacional excedieron los valores de los ECA para suelos del 2013; caso contrario a los suelos del ámbito del proyecto Tía María, donde ningún metal superó los valores de dichos estándares. Por otra parte, el estudio especializado de nivel de fondo en las tres zonas de evaluación determinó que las concentraciones de arsénico, bario, cadmio, mercurio y plomo fueron menores a los ECA para suelo. Con relación a los metales en el tejido vegetal, las concentraciones de cadmio y plomo en el fruto del olivo y del granado fueron menores a los del arroz y la cebolla. En caso de la evaluación hidrobiológica, se colectaron muestras de fitoplancton, zooplancton, perifiton, macroinvertebrados bentónicos y muestras de camarón de río para el análisis de arsénico, cadmio, mercurio y plomo. Cabe señalar que las muestras de camarones, cultivos y cereales del valle del Tambo fueron colectadas a solicitud de la población local.

Palabras clave: minería, Evaluación Ambiental Temprana, calidad de agua, comunidades hidrobiológicas, tejido vegetal.

Abstract

The Environmental Assessment and Enforcement Agency (OEFA, by its acronym in Spanish), within the framework of the preventive principle of the evaluative function, carried out an Early Environmental Assessment (EAT, for its acronym in Spanish) with citizen participation in Cocachacra, Punta de Bombón, Mejía and Deán Valdivia districts, province of Islay, department of Arequipa, according with the Annual Plan for Environmental Evaluation and Inspection (Planefa, by its acronym in Spanish). The study aimed to evaluate the environmental quality in the area of influence from Tía María mining project and surrounding zones through the monitoring of surface water, sediment, hydrobiological communities, soil, air, river shrimp and vegetal tissue, performed by the use of national and international reference guides.

The part of Tambo River crossing the agricultural valley and the irrigation channels registered arsenic and boron concentrations exceeding the Environmental Quality Standards (ECA, for its acronym in Spanish) for water in 2017. The Rosa María creek and Santo Domingo spring (both from groundwater source) overtook the conductivity values, and the chlorides, magnesium and boron concentrations due to their recharge sources visualized by the hydrochemistry composition. From concentrations of metals in sediments from the Tambo River and the lagoons of the Lagunas de Mejía National Sanctuary (hereinafter the National Sanctuary), arsenic was highlighted, referentially higher than the Probable Effect Level of the canadian guidelines. The wind direction is predominantly south-southwest and southwest from the Punta de Bombón to Cocachacra districts; and the concentrations of CO and NO₂ gases and PM₁₀ particles obey the ECA values for air of 2001; while SO₂ did not follow this standard in a 24-hour period.

For the soil evaluation, three sampling areas were considered: agricultural soils, Tía María mining project premises and the National Sanctuary. In agricultural soils, the total arsenic concentration exceeded the ECA value for soils of 2013. Likewise, the arsenic, barium, cadmium, mercury and lead concentrations of the soils of the National Sanctuary exceeded the ECA values for soils of 2013; in contrast to the soils in the area of the Tía María project, where no metal exceeded the values of that standard. On the other hand, the specialized background level study in the three evaluation zones determined that the concentrations of arsenic, barium, cadmium, mercury and lead were under the ECA for soil. Regarding to vegetal tissue metals, the concentrations of cadmium and lead in the olive fruit and pomegranate were lower than that of rice and onion. Regarding the hydrobiological evaluation, phytoplankton and zooplankton, periphyton, benthic macroinvertebrates and river shrimp samples were collected for the analysis of arsenic, cadmium, mercury and lead. It should be pointed out that the samples of shrimp, crops and cereals from the Tambo valley were gathered the request of the local population.

Keywords: *mining, Early Environmental Assessment, water quality, hydrobiological communities and vegetal tissue.*

Equipo a cargo del estudio

Profesión	Equipo técnico
Biología	García Aragón, Francisco; Luna Campos, Kilmenia; Espino Ciudad, Jessica
Ingeniería Ambiental	Del Solar Palomino, Pabel; Fernández Najarro, Jorge
Química	Chuquisengo Picón, Llojan; Espiritu Limay, César
Ingeniería Pesquera	Herrera Ayoque, Dan
Ingeniería Eléctrica	García Riega, Jorge

Objetivo

Evaluar la calidad ambiental en el área de influencia del proyecto minero Tía María y zonas aledañas en el año 2017, a fin de orientar el ejercicio de la fiscalización ambiental para la prevención de impactos ambientales negativos.

Antecedentes

El proyecto minero Tía María, en su fase de exploración, contó con cuatro estudios ambientales aprobados desde el 2000 hasta el 2014, con el objetivo de explotar cobre¹, comprendiendo dos yacimientos a tajo abierto, La Tapada y Tía María. Actualmente las actividades están paralizadas porque no cuentan con el consentimiento de la población.

En la planificación de la EAT se consideró la revisión de los informes de monitoreo ambiental e instrumentos de gestión ambiental del proyecto minero y los estudios realizados por el OEFA, que sirvieron de insumo para identificar a los/as agentes sociales involucrados/as, la problemática socioambiental, los objetivos y el área de estudio, la red de muestreo ambiental, los parámetros de muestreo y las herramientas necesarias para el análisis de las condiciones ambientales en la zona de interés. Adicionalmente, se revisaron los estudios de monitoreo en la cuenca del río Tambo realizados por otras entidades del Estado, como la Autoridad Nacional del Agua (ANA) en el 2013 y 2014, y por el Instituto Nacional de Recursos Naturales (Inrena) en 1994.

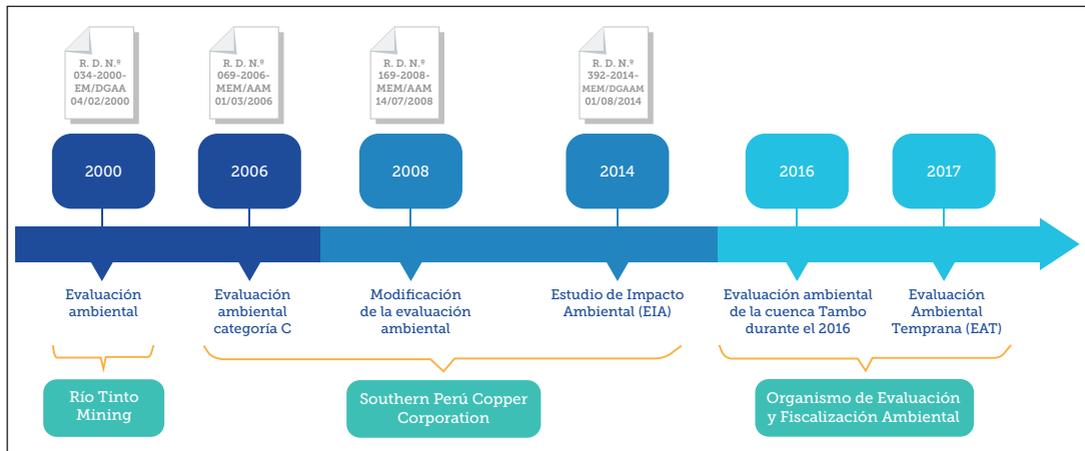
El resultado más resaltante de los estudios anteriores fueron las elevadas concentraciones de arsénico (As) y boro (B) que provenían de la parte media de la cuenca del río Tambo, específicamente del río Omate, en la temporada seca y húmeda. Las concentraciones de arsénico del río Omate oscilaban entre 3,8 y 6,3 mg/L, y las concentraciones de boro oscilaban entre 28,9 y 44,6 mg/L. Estas altas concentraciones tenían su origen en la naciente del río Omate, en donde se

1 Según el Estudio de Impacto Ambiental del proyecto minero Tía María de la empresa Southern Peru Copper Corporation (SPCC), aprobado mediante Resolución Directoral N° 392-2014-MEM/DGAAM, la extracción será únicamente de minerales oxidados de cobre.

registraron fuentes y ojos de aguas termales conocidos como meaderos² y baños termales, denominados por la población como Oleacán o Ullacán, por sus beneficios curativos. La problemática de la mineralización del agua del río Tambo data del año 1974, según la Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (Onern), que confirmaba altas concentraciones de As y B de las épocas de transición y estiaje de 1983, de acuerdo al informe realizado por el Inrena en 1994.

Figura 1

Cronología de antecedentes de la EAT en el área de influencia del proyecto minero Tía María y zonas aledañas.



Aspectos sociales

La evaluación comprendió siete etapas según el Reglamento de participación ciudadana en las acciones del muestreo ambiental a cargo del OEFA³, las mismas que se llevaron a cabo desde el mes de febrero de 2017 hasta marzo de 2018 en talleres de presentación de resultados.

2 Chorros de agua caliente en forma horizontal, curvada y en forma de pila.

3 Aprobado mediante Resolución de Consejo Directivo N° 032-2014-OEFA/CD, el 2 de setiembre del 2014 y su modificatoria aprobada mediante Resolución de Consejo Directivo N° 003-2016-OEFA/CD con fecha 24 de febrero del 2016.

Tabla 2

Etapas de la participación ciudadana en las acciones del muestreo ambiental a cargo del OEFA

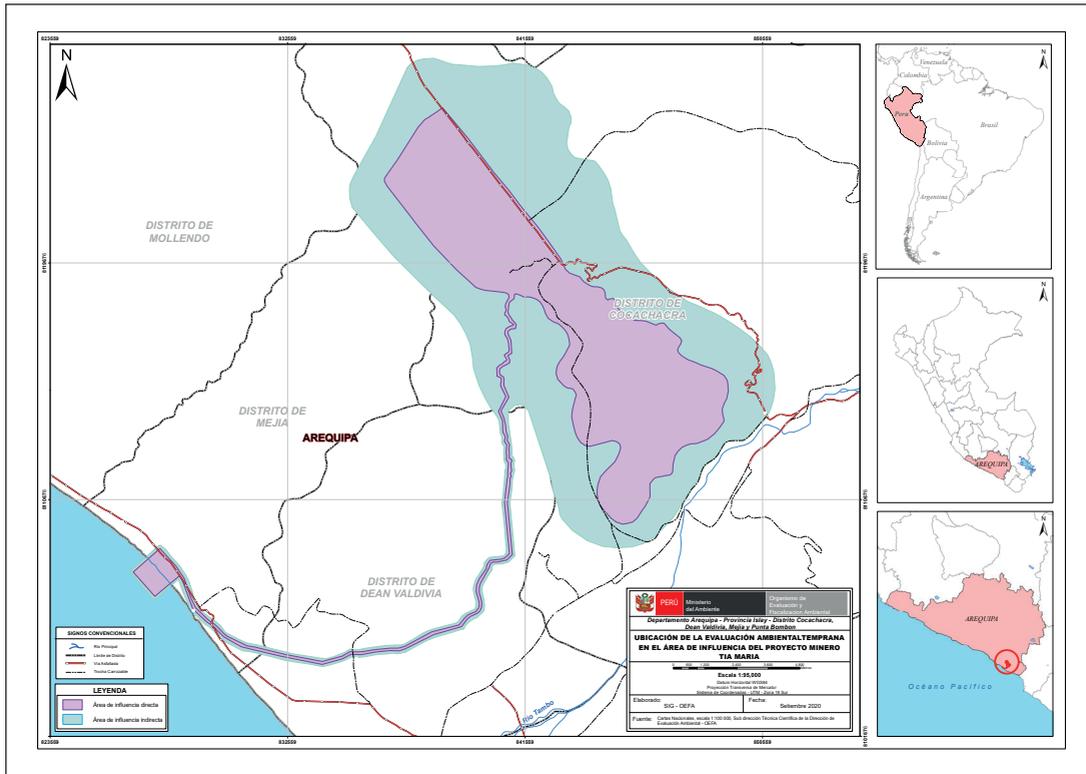
Etapa	Actividad
Visita de reconocimiento	<ul style="list-style-type: none"> Se realizó del 13 al 18 de febrero de 2017, su objetivo fue establecer el primer contacto con las poblaciones y autoridades de la zona a evaluar, conocer su percepción respecto a la realización del monitoreo ambiental participativo (MAP), y reconocer técnica y logísticamente el área de intervención.
Etapa 1 Coordinación con los/as agentes involucrados/as Etapa 2 Convocatoria Etapa 3 Inscripción a los programas de inducción	<ul style="list-style-type: none"> Las etapas mencionadas se desarrollaron del 13 al 17 de marzo de 2017, en las cuales se convocó a los/as principales agentes sociales involucrados/as en el desarrollo del monitoreo, tales como instituciones del estado, juntas de riego, centros educativos, colegios profesionales y a la ciudadanía de los distritos involucrados (Cocachacra, Deán Valdivia, Punta de Bombón y Mejía).
Etapa 4 Realización de la inducción Etapa 5 Taller para la presentación de la propuesta de la EAT	<ul style="list-style-type: none"> Los talleres de inducción y presentación de la propuesta del plan de trabajo se desarrollaron del 17 al 20 de abril de 2017. Los principales participantes fueron la Junta de Usuarios de Irrigación Ensenada-Mejía-Mollendo y Valle del Tambo, Dirección Zonal Producción Islay, Administración Local del Agua (ALA) Tambo Alto Tambo, Asociación de Pescadores de Dean Valdivia y la Municipalidad Distrital de Cocachacra, Municipalidad Distrital de Dean Valdivia, Municipalidad Provincial de Islay y el Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SERNANP).
Etapa 6 Ejecución de la EAT	<ul style="list-style-type: none"> El muestreo se realizó del 6 al 15 de mayo de 2017. Durante el mismo se realizó la toma de muestras de agua, sedimentos, hidrobiología, aire, suelo y tejido vegetal, teniendo en cuenta los puntos que habían sido determinados previamente.

Área de estudio

El proyecto minero Tía María comprende dos yacimientos a tajo abierto, La Tapada y Tía María, ubicados en los distritos de Cocachacra, Mejía y Dean Valdivia, provincia de Islay, departamento de Arequipa. Hidrográficamente, pertenece a la cuenca del río Tambo, siendo el río del mismo nombre aquel que abastece a la población para el consumo primario, agrícola y otros. Asimismo, en el ámbito de evaluación se encuentra el Santuario Nacional Lagunas de Mejía.

Figura 2

Mapa de ubicación de la EAT realizada en el ámbito de influencia del proyecto minero Tía María.



Período de estudio

La evaluación se realizó desde el mes de febrero del 2017 hasta marzo del 2018. La etapa seis, relacionada al monitoreo de la calidad ambiental, se realizó en mayo del 2017 (transición de temporada húmeda a seca).

Metodología

La toma de muestras de agua en la cuenca del río Tambo se realizó considerando siete puntos de muestreo en el río Tambo, dos puntos en la quebrada Rosa María, seis puntos en los canales de riego, un punto en manantial y siete puntos en el sistema de lagunas del Santuario Nacional, en función a los lineamientos del Protocolo nacional para el monitoreo de calidad de recursos hídricos superficiales⁴.

4 Aprobado mediante Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA, el 11 de enero del 2016.

El muestreo de sedimento consideró siete puntos de muestreo en el río Tambo y siete en el sistema de lagunas del Santuario Nacional. Para este trabajo se utilizó, a modo referencial, el manual técnico Métodos para colección, almacenamiento y manipulación de sedimentos para análisis químicos y toxicológicos⁵ y el Procedimiento de operación estándar para el muestreo de sedimentos⁶, ambos de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA, por sus siglas en inglés), debido a que no se cuenta con un protocolo nacional.

El muestreo de suelo consideró 38 puntos con las recomendaciones establecidas en la Guía para muestreo de suelos (tipos de muestreo y determinación de puntos de muestreo)⁷. Con respecto a los métodos y criterios utilizados para la evaluación ambiental de la calidad del aire en tres puntos de muestreo, se consideró lo señalado en el Protocolo de monitoreo de la calidad del aire y gestión de los datos⁸.

La colecta de las comunidades hidrobiológicas tuvo como base metodológica las técnicas de muestreo descritas en la guía de Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú (UNMSM, 2014), la cual consideró siete puntos de colecta de perifiton y macroinvertebrados bentónicos en el río Tambo, y siete puntos de muestreo de fitoplancton, zooplancton y macroinvertebrados bentónicos en las lagunas de Mejía.

Parámetros de comparación

Se presentan los parámetros evaluados en agua, aire, sedimentos y suelo que fueron comparados con los ECA establecidos en la legislación peruana y la norma internacional como referencia. Los demás componentes evaluados no presentan ninguna norma de comparación.

5 Agencia de Protección Ambiental (EPA). Washington DC, Estados Unidos. 2001.

6 Environmental Protection Agency (EPA). Standard Operating Procedure-SOP #2016, Sediment Sampling. https://www.epa.gov/sites/production/files/documents/r8-src_eh-02.pdf.

7 Aprobado por Resolución Ministerial N° 085-2014-MINAM, el 31 de marzo del 2014.

8 Aprobado por Resolución Directoral N° 1404/2005/DIGESA/SA, el 9 de octubre del 2005.

Tabla 1

Resumen de los parámetros evaluados por matriz y estándar de comparación.

Matriz	Parámetro evaluado		Estándar de comparación
<p>Agua superficial (río Tambo, quebrada Rosa María, manantial Santo Domingo y canales de riego)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • pH • Oxígeno disuelto • Conductividad • Cloruros • Sulfatos • Nitratos + nitritos • Bicarbonatos • Demanda química de oxígeno (DQO) • Coliformes termotolerantes • Plaguicidas carbamatos • Pesticidas organofosforados • Pesticidas organoclorados • Aluminio total • Arsénico total • Bario total 	<ul style="list-style-type: none"> • Berilio total • Boro total • Cadmio total • Cobalto total • Cromo total • Cobre total • Hierro total • Litio total • Magnesio total • Manganeso total • Mercurio total • Níquel total • Plomo total • Selenio total • Zinc total 	<p>ECA para agua del 2017^a categoría 3: Riego de vegetales (Subcategoría D1) y Bebida de animales (Subcategoría D2)</p>
<p>Agua superficial (lagunas del Santuario Nacional Lagunas de Mejía)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • pH • Oxígeno disuelto • Conductividad • Sólidos suspendidos totales • Sulfuros • Nitrógeno total • Nitrógeno amoniacal • Nitratos + Nitritos • Plaguicidas carbamatos • Pesticidas organoclorados • Pesticidas organofosforados • Coliformes termotolerantes 	<ul style="list-style-type: none"> • Cadmio disuelto • Antimonio total • Arsénico total • Bario total • Cobre total • Mercurio total • Níquel total • Plomo total • Selenio total • Talio total • Zinc total 	<p>ECA para agua categoría 4: Conservación del ambiente acuático (2017)^b</p>

Matriz	Parámetro evaluado		Estándar de comparación
Aire	• Monóxido de carbono (CO)		ECA para aire (2001) ^c
	• Dióxido de nitrógeno (NO ₂)		
	• Material particulado menor a 10 micras (PM ₁₀)		• ECA para aire (2001 ^c y 2017 ^d)
	• Dióxido de azufre (SO ₂)		• ECA para aire (2008 ^e y 2017 ^d)
Sedimentos	• Arsénico • Cadmio • Cromo • Cobre	• Mercurio • Plomo • Zinc	• Guía de Calidad Ambiental de Canadá (CEQG – SQG) ^e
Suelo	• Mercurio • Arsénico • Bario • Cadmio	• Cromo • Plomo • Cianuro libre	• ECA para suelos (2013) ^f

- a Estándares de calidad ambiental para agua Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales, aprobados mediante Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.
- b Estándares de calidad ambiental para agua Categoría 4: Conservación del ambiente acuático en la Subcategoría E1, Lagos y lagunas aprobado mediante Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.
- c Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad (ECA) del Aire aprobados mediante Decreto Supremo N° 074-2001-PCM
- d Estándares Nacionales de Calidad del Aire aprobados mediante Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM.
- e Estándares Nacionales de Calidad del Aire aprobado mediante Decreto Supremo N° 003-2008-MINAM.
- f CEQG (Guías de Calidad Ambiental de Canadá) - SQG (Guías de Calidad para sedimentos) actualizado al 2014. ISQG (Guías para calidad de sedimentos interinos) y PEL (Nivel de Efecto Probable).
- g Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Suelos – Suelo de uso agrícola aprobado mediante Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM.

Resultados

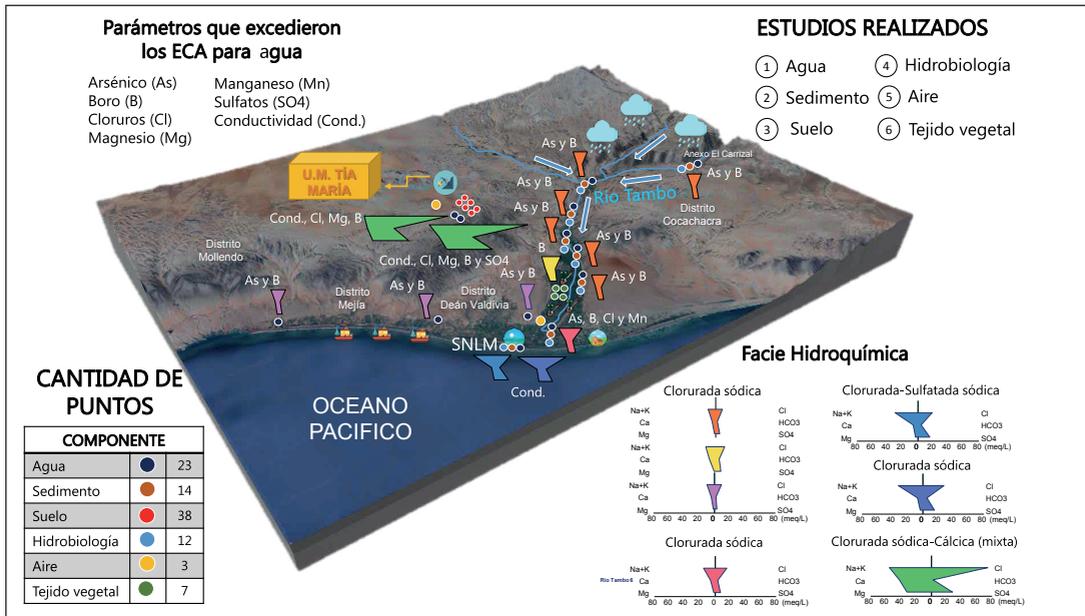
Modelo conceptual

Los componentes evaluados en la EAT en el ámbito de influencia del proyecto minero Tía María y zonas aledañas fueron el agua, sedimento, suelo, hidrobiología, aire y tejido vegetal. El cuerpo de agua principal evaluado fue el río Tambo, en donde se tomaron siete muestras en la parte baja de la cuenca desde el anexo Carrizal, distrito de Cocachacra, hasta antes de su desembocadura en el océano Pacífico, en el distrito de Deán Valdivia. Los metales que excedieron los ECA para agua fueron el arsénico, boro, manganeso y magnesio, mientras que los iones fueron los cloruros y sulfatos relacionados con la conductividad. La facie hidroquímica común fue la clorurada sódica, con diferencias en las concentraciones de cloruros y sodio entre el agua del Santuario de Lagunas de Mejía, el río Tambo y de aguas de origen subterráneo, como la quebrada Rosa María

y el manantial Santo Domingo, siendo la quebrada Rosa María la más mineralizada y el agua de los canales de riego similar al río Tambo.

Figura 3

Modelo conceptual de la EAT en el ámbito de influencia del proyecto minero Tía María y zonas aledañas.



Calidad de agua

Los resultados de los muestreos de agua fueron comparados con los ECA para agua del 2017. El punto de muestreo que destacó fue el RTamb6, del río Tambo, ubicado a 300 m de la desembocadura en el mar, por presentar valores de conductividad y cloruros que excedieron los ECA para Riego de vegetales (D1). Asimismo, las concentraciones de manganeso y la demanda química de oxígeno (DQO) fueron superiores a los ECA para Riego de vegetales y, además, para Bebida de animales (D2). En tanto, la concentración de oxígeno disuelto se encontró por debajo de la subcategoría D2. Adicionalmente, los siete puntos de muestreo del río Tambo y los seis puntos de los canales de riego del valle del río Tambo excedieron los valores de arsénico y boro para la subcategoría D1.

Los puntos de muestreo QRMar1 y QRMar2 de la quebrada Rosa María excedieron los ECA para agua en las subcategorías D1 y D2 para conductividad, subcategoría D2 para magnesio, y subcategoría D1 para boro y cloruros. Asimismo, se excedió el valor establecido en los ECA para agua para sulfatos, en las subcategorías D1 y D2 en el punto QRMar1, y para nitratos y nitritos en QRMar2. Además, en el punto QRMar2 la concentración de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) excedió los ECA para las subcategorías D1 y D2, mientras que el oxígeno disuelto estuvo por debajo de lo establecido en tales categorías. En el caso del manantial

Santo Domingo, solamente la concentración de boro excedió los ECA en ambas subcategorías.

En la laguna Boquerón (LBoq1) y la laguna Iberia Norte 1 (LINor1) se registraron concentraciones de oxígeno disuelto por debajo del ECA, mientras que la conductividad eléctrica superó los ECA referidos a la subcategoría Conservación del ambiente acuático para lagos y lagunas (E1), respectivamente.

Tabla 2

Resumen de los parámetros que excedieron los ECA para agua 2017.

Puntos de muestreo	Parámetro	Norma (puntos)	ECA – Categoría 3	ECA – Categoría 4
<ul style="list-style-type: none"> • Río Tambo: RTamb6 • Quebrada Rosa María: QRMAR2 • Sant. Nac.: LINor1 y LBoq1. 	<ul style="list-style-type: none"> • Oxígeno disuelto 	5	<ul style="list-style-type: none"> ≥ 4 (D1) ≥ 5 (D2) 	≥ 5
<ul style="list-style-type: none"> • Río Tambo: Rtamb6. • Quebrada Rosa María: QRMAR1 y QRMAR2. • Sant. Nac.: LMej1, LISur1, LISur2, LICen1, LINor1 y LINor2 y LBoq1. 	<ul style="list-style-type: none"> • Conductividad 	10	2500 (D1)	1000
<ul style="list-style-type: none"> • Río Tambo: Rtamb6. • Quebrada Rosa María: QRMAR1 y QRMAR2. 	<ul style="list-style-type: none"> • Cloruros 	3	500 (D1)	-
<ul style="list-style-type: none"> • Quebrada Rosa María: QRMAR1. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sulfatos 	1	1000 (D1 y D2)	-
<ul style="list-style-type: none"> • Río Tambo: Rtamb6. • Quebrada Rosa María: QRMAR2 	<ul style="list-style-type: none"> • Demanda Química de Oxígeno (DQO) 	2	40 (D1 y D2)	-
<ul style="list-style-type: none"> • Río Tambo: Rtamb1, Rtamb2, Rtamb3, Rtamb4, Rtamb5, Rtamb6 y Rtamb7. • Canales de riego: CAT-01, CAEMM-01, CAEMM-02, CAEMM-03, CAEMN-04 y CAPB-01. 	<ul style="list-style-type: none"> • Arsénico 	13	0,1 (D1)	-

Puntos de muestreo	Parámetro	Norma (puntos)	ECA – Categoría 3	ECA – Categoría 4
<ul style="list-style-type: none"> Río Tambo: Rtamb1, Rtamb2, Rtamb3, Rtamb4, Rtamb5, Rtamb6 y Rtamb7. Canales de riego: CAT-01, CAEMM-01, CAEMM-02, CAEMM-03, CAEMN-04 y CAPB-01. Quebrada Rosa María: QRMar1 y QRMar2. Manantial Santo Domingo: MSDom1. 	• Boro	16	1 (D1) 5 (D2)	-
<ul style="list-style-type: none"> Quebrada Rosa María: QRMar1 y QRMar2. 	• Magnesio	2	250 (D2)	-
<ul style="list-style-type: none"> Río Tambo: Rtamb6. 	• Manganeso	1	0,2 (D1 y D2)	-

Calidad de sedimentos

En cinco puntos de muestreo del río Tambo y las lagunas del Santuario Nacional se registraron concentraciones de arsénico que excedieron el valor PEL, mientras que en los puntos de muestreo RTamb1 y RTamb3 excedieron el valor ISQG, ambos de la norma canadiense (CEQG-SQG). La concentración de cadmio del punto RTamb5 excedió el valor ISQG, mientras los demás puntos de muestreo no excedieron el citado valor. En la laguna Boquerón y cuatro puntos del río Tambo se registraron concentraciones de cobre que excedieron el valor ISQG de la norma canadiense. Finalmente, la concentración de plomo del punto RTamb5 excedió el valor ISQG de la norma canadiense.

Tabla 3

Resumen de los parámetros que excedieron la norma canadiense (CEQG-SQG).

Puntos de muestreo	Parámetro	Norma (puntos)	CEQG - SQG	
			ISQG	PEL
<ul style="list-style-type: none"> Río Tambo: RTamb1, RTamb2, RTamb3, RTamb4, RTamb5, RTamb6 y RTamb7. SNLM: LMej1, LISur1, LISur2, LICen1, LINor1, LINor2, LBoq1. 	• Arsénico	14	5,9	17
<ul style="list-style-type: none"> Río Tambo: RTamb5 	• Cadmio	1	0,6	3,5
<ul style="list-style-type: none"> Río Tambo: RTamb4, RTamb5, RTamb6 y RTamb7. SNLM: LBoq1. 	• Cobre	5	35,7	-
<ul style="list-style-type: none"> Río Tambo: RTamb5 	• Plomo	1	35,0	-

Comunidades hidrobiológicas

Los grupos dominantes y abundantes del fitoplancton en las lagunas del Santuario Nacional están compuestos por los *phylum Bacillariophyta*, *Cyanobacteria* y *Chlorophyta*, siendo los grupos más diversos y cosmopolitas. Para el zooplancton, *Brachionus* está representado en todos los puntos, excepto en la Laguna Iberia Sur (LISur 1) y Laguna Boquerón (LBoq 1), lo cual nos indicaría que las lagunas posiblemente se encuentran en un proceso de eutrofización.

En esta zona la comunidad de fitoplancton estuvo representada por los *phylum Bacillariophyta*, *Cyanobacteria* y *Chlorophyta*, que fueron los más abundantes. En cuanto al zooplancton, el género *Brachionus* estuvo representado en todos los puntos, excepto en las lagunas Iberia Sur (LISur 1) y Boquerón (LBoq 1), lo cual nos indicaría que estas lagunas posiblemente están en un proceso de eutrofización.

De acuerdo con el análisis de las microalgas, el *phylum Bacillariophyta* (diatomeas) fue dominante en la parte baja del río Tambo, seguido del *phylum Cyanobacteria*. A través del análisis de esta comunidad se evidenció una disminución de la riqueza y abundancia en el punto más alto del río Tambo (RTamb 7), para luego evidenciarse una recuperación aguas abajo; sin embargo, el punto del río Tambo cerca a la desembocadura al mar (RTamb6) fue influenciado por las condiciones salobres, ya que se encontraba en una zona de mezcla de agua, y por eso la riqueza y abundancia disminuyeron.

En la comunidad de macroinvertebrados bentónicos registrados en el río Tambo se encontró mayor riqueza y abundancia del orden Díptera (familia *Baetidae*),

registrándose en esta familia una gran cantidad de especies indicadoras de aguas de buena calidad, con características de aguas limpias y bien oxigenadas; sin embargo, obtuvieron una valorización de aguas contaminadas con respecto al *Biological Monitoring Working Party* adaptado para Colombia, denominado como BMWP/Col, según Roldán, 2003.

En cuanto a los macroinvertebrados bentónicos en las lagunas del Santuario Nacional, estuvo presente la especie *Heleobia* sp. (orden *Sorbeoconcha*, familia *Hydrobiidae*) en todos los puntos de muestreo, excepto en la Laguna Iberia Norte (LINor2), donde no se tomaron muestras, lo que coincide con el trabajo realizado en Puerto Viejo por Paredes et al., 2007.

Los resultados obtenidos respecto al contenido metálico del camarón de río (*Cryphiops caementarius*), en cantidad de 500 g entre cefalotórax, abdomen y apéndices de cada uno de los ejemplares de los puntos de muestreo RTamb 4 y RTamb 5 fueron determinados de manera referencial, a fin de que dicha información pueda ser útil en trabajos de vigilancia ambiental del sector competente.

Tabla 4

Resumen del contenido metálico en el camarón de río.

Parámetro	Unidades	Río Tambo	
		RTamb4	RTamb5
• Arsénico Total	mg/kg	6,423	6,576
• Cadmio Total	mg/kg	<0,0100	<0,0100
• Mercurio Total	mg/kg	<0,010	<0,010
• Plomo Total	mg/kg	<0,010	2,35

Calidad de suelos

Para los suelos agrícolas cultivados, la concentración de arsénico (52, 53 y 55 mg/kg) total superó el valor del ECA de suelos para uso agrícola (50 mg/kg) en tres puntos de muestreo (SUE-AGRI 11, SUE-AGRI 12 y SUE-AGRI 13), mientras que en los otros puntos se registraron concentraciones entre los 26 mg/kg a 50 mg/kg. Dentro del ámbito de influencia del proyecto minero Tía María, se evaluaron 12 puntos de muestreo, y se observó que las concentraciones de arsénico, bario, cadmio, mercurio y plomo no excedieron el valor de los ECA.

De los 12 puntos de suelos establecidos entre la playa y las lagunas del Santuario Nacional se tiene que los resultados de las concentraciones de arsénico, bario, cadmio, mercurio y plomo no excedieron su valor de ECA para suelo de uso agrícola.

En los suelos agrícolas, el Santuario Nacional Lagunas de Mejía y en el área de influencia del proyecto minero Tía María se determinaron los niveles de fondo y referencia para 36 metales, de los cuales los niveles de fondo de arsénico, bario, cadmio, mercurio y plomo fueron inferiores al valor de su estándar de comparación relacionado a suelos superficiales con cultivos (suelo agrícola).

Tabla 5*Valores de niveles de fondo y referencia de suelos.*

Metales totales (mg/kg PS)	Área de muestreo de suelos						ECA para suelo agrícola (Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM)
	Suelo agrícola (cultivos)		Suelos dentro del área de influencia del proyecto minero Tía María		Suelos dentro del Santuario Nacional Lagunas de Mejía		
	Nivel de fondo	Valor de referencia	Nivel de fondo	Valor de referencia	Nivel de fondo	Valor de referencia	
Arsénico	46,78	58,88	5,285	9,238	13,61	27,84	50
Bario	162,3	220,5	88,41	159	149,3	236,7	750
Cadmio	0,517	0,717	0,641	1,016	0,273	0,303	1,4
Mercurio	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	6,6
Plomo	32,18	44,03	12,61	25,21	8,773	13,03	70

N.D.:No determinado, dado que los valores reportados por el laboratorio fueron inferiores al límite de cuantificación de su método de análisis.

PS: Peso Seco.

Calidad de aire

Las concentraciones de los gases de monóxido de carbono (CO) y dióxido de nitrógeno (NO₂) se encuentran en conformidad con su correspondiente ECA (NO₂: 200 µg/m³ y CO: 10 000 µg/m³ para 8 horas y 30 000 µg/m³ para 1 hora), mientras que las concentraciones de SO₂ (dióxido de azufre) con 21,1 µg/m³ no cumplieron los ECA para aire 2001 (20 µg/m³) para un periodo de 24 horas el día 10 de mayo del 2017 en el punto de muestreo AIR-02. Es importante mencionar que las concentraciones de SO₂, CO y NO₂ del estadio municipal Dean Valdivia (AIR-02) fueron mayores que las tomadas en el estadio municipal de Cocachacra (AIR-01).

Las concentraciones reportadas en los puntos AIR-01 y AIR-02 cumplieron el ECA para aire del 2001⁹ para PM₁₀ igual a 150 µg/m³ para un periodo de 24 horas. Cabe resaltar que la máxima concentración de PM10 registrada fue 64,2 µg/m³ en el punto AIR-02.

La velocidad del viento promedio osciló entre 1,2 y 1,5 m/s, con velocidades máximas que se encontraron entre 3,4 y 4,0 m/s. La predominancia de los vientos en el punto de muestreo AIR-01 fue sur-suroeste, mientras que en el punto MC-01 (azotea del local de la municipalidad de Cocachacra) fue suroeste. En ambos casos, esto indicaría que los vientos se dirigen desde el distrito de Punta de Bombón hacia el distrito de Cocachacra.

Tejido vegetal

Las concentraciones de cadmio (0,04 y <0,02 mg/kg) y plomo (<0,05 mg/kg) en frutos (olivo y granado) fueron mucho menores a los cereales (arroz) y hortaliza

9 Aprobado mediante Decreto Supremo N.° 074-2001-PCM, el 22 de junio del 2001.

(cebolla) (cadmio de 0,09 mg/kg a 0,29 mg/kg y plomo de 0,08 mg/kg a 0,20 mg/kg), lo que pudo ser debido a que el arroz es un cultivo de tallo bajo y la cebolla crece bajo la superficie, lo cual permite el rápido traslado y su acumulación. Las concentraciones de los metales en suelos (niveles de fondo en suelos para el arsénico: 46,78 mg/kg, cadmio: 0,517 mg/kg y plomo: 32,18 mg/kg) estuvieron relacionadas con las concentraciones encontradas en los tejidos vegetales.

Otro de los puntos a resaltar en los resultados son los tipos de agua evaluados, como los lóticos en el río Tambo, que tienen flujo constante, la quebrada Rosa María, y el Manantial Santo Domingo, que provienen del agua subterránea; y los lenticos (sin flujo de agua), como las lagunas del Santuario Nacional, de bajas concentraciones de oxígeno disuelto debido a las actividades biológicas (ejemplo: cianobacterias) y falta de advección (movimiento horizontal del aire por las variaciones de la presión atmosférica cerca de la superficie).

Conclusiones

En el curso por el valle agrícola y por los canales de riego de las tres juntas de usuarios del río Tambo se presentaron concentraciones de arsénico y boro que excedieron los ECA para agua, categoría 3, del 2017, subcategoría D1: Riego de vegetales. Con base en estos resultados, reportados desde la década de los años 70 y característicos también en otros ríos de la zona sur del Perú, el principal aportante para la concentración de los referidos al arsénico y boro es el río Omate, por las fuentes de aguas termales existentes en el distrito de Coralaque; mientras que la evaluación de carga de masa indicó también la existencia de fuentes adicionales provenientes de la parte alta de la cuenca del río Tambo.

En relación con la zona del estuario del río Tambo, los valores de conductividad y concentración de cloruros excedieron los ECA para agua en la categoría 3, subcategoría D1: Riego de vegetales; las concentraciones de la DQO y manganeso excedieron la categoría 3, subcategoría D2: Bebida de animales. Este incremento de concentraciones de dichos parámetros ambientales se debió a que el agua del estuario es la mezcla de agua salina proveniente del mar y agua dulce proveniente del río Tambo.

Los resultados de los afloramientos indicaron que la quebrada Rosa María tiene valores de conductividad y magnesio que excedieron los ECA para la categoría 3; cloruros y boro excedieron la categoría 3, subcategoría D1. Las concentraciones de nitratos, sulfatos y la DQO, en un solo punto de muestreo, excedieron los ECA para agua, categoría 3, subcategorías D1 y D2. En tanto, el manantial Santo Domingo solo registró concentraciones de boro que excedieron los ECA para agua, categoría 3, subcategorías D1 y D2. Esta diferencia existente entre la quebrada Rosa María y el manantial Santo Domingo, en relación con los parámetros que excedieron los ECA para agua, se debió a sus fuentes de recarga, lo que se visualizó en su comportamiento hidroquímico.

En el Santuario Nacional Lagunas de Mejía, las lagunas Boquerón e Iberia Norte se reportaron concentraciones de oxígeno disuelto menores al valor de los ECA para agua en la categoría 4, subcategoría E1: Conservación del ambiente acuático para lagos y lagunas. Esto pudo deberse principalmente a la poca interacción que tenía el

agua superficial de las lagunas con el oxígeno atmosférico, lo que es característico en cuerpos de agua lénticos. Además, las actividades biológicas y la presencia de materia orgánica en las referidas lagunas contribuyeron al descenso de las concentraciones de oxígeno disuelto.

La mayor salinidad de las lagunas del Santuario Nacional y su diferencia hidroquímica con respecto al río Tambo y los canales de riego se debió principalmente a la disolución de sales de origen marino por el agua del acuífero proveniente del río Tambo, las infiltraciones por la actividad agrícola y la filtración de la zona de mezcla (agua de mar y dulce), de acuerdo con estudios realizados por el OEFA en el 2016.

Los sedimentos evaluados en el río Tambo y las lagunas del Santuario Nacional reflejaron que las concentraciones de arsénico se encontraron por encima del valor PEL (Nivel de Efecto Probable), mientras que el cadmio, el cobre y el plomo estuvieron por encima del valor ISQG de la guía canadiense (CEQG-SQG).

Las lagunas del Santuario Nacional registraron mayor concentración de metales alcalinos relacionados a la salinidad, como sodio, estroncio, calcio, litio y magnesio relacionado al tipo de depósito de origen marino, con acumulación de boro, arsénico y cadmio provenientes del agua del río.

En el caso del río Tambo, cuyo depósito es de origen aluvial, distinto al de la laguna del Santuario Nacional, los metales se comportaron de diferente manera, registrándose en sedimento el cromo y hierro en mayores concentraciones desde el inicio del valle Tambo, en el anexo El Carrizal; mientras que el arsénico, aluminio, plomo, cadmio, cobre y zinc en sedimento se acumularon antes de la desembocadura al mar, debido al proceso de descomposición en el que predomina la materia orgánica (determinado por la característica física).

En el fitoplancton, las diatomeas (*phylum Bacillariophyta*) fueron el grupo de mayor riqueza, mientras que las algas verdes (*phylum Chlorophyta*) fueron el grupo de mayor abundancia, encontrada en el punto de muestreo de la laguna Iberia Norte. Asimismo, la presencia de rotíferos, en especial del *Brachionus sp.*, podría estar asociada a la tolerancia a diversos factores ecológicos. Además, se evidenciaron tres grupos asociados a especies similares, el primero conformado por los puntos en las lagunas de Mejía e Iberia Norte, seguido de los puntos de las lagunas Iberia Centro y Sur, y el último grupo lo conformaba sólo el punto de la laguna Boquerón, encontrándose que la especie *Plagiotropis sp.* se relacionaba directamente con la temperatura y *Nitzschia sp.* Estaba relacionada de manera inversa con la concentración de oxígeno disuelto.

En relación con el perifiton, las diatomeas (*phylum Bacillariophyta*) fueron el grupo de mayor riqueza y abundancia; sin embargo, también estuvieron presentes las cianobacterias, que aportaron en la fijación de nitrógeno. Aguas arriba se registró una baja riqueza y abundancia en el punto de muestreo más alto del río Tambo (RTamb7); sin embargo, las comunidades de microalgas y macroinvertebrados bentónicos se recuperaban trascurriendo el río Tambo (aguas abajo). Los resultados obtenidos respecto al contenido metálico (arsénico, cadmio, mercurio y plomo) en las muestras de camarón de río (*Cryphiops caementarius*) fueron determinadas de

manera referencial y a solicitud de la población, a fin de utilizar dicha información en posteriores trabajos de vigilancia ambiental del sector competente.

Con respecto a las rosas de vientos registradas en las estaciones de monitoreo ubicadas en el estadio municipal de Cocachacra (AIR-01) y en la azotea del local de la municipalidad de Cocachacra (MC-01), se determinó que tenían una predominancia sur-suroeste y suroeste, respectivamente. Las referidas predominancias indicarían que los vientos se dirigían desde el distrito de Punta de Bombón hacia el distrito de Cocachacra. En tanto, las concentraciones de los parámetros atmosféricos CO y NO₂ cumplieron con los valores establecidos en el ECA para aire del 2017. Las concentraciones de SO₂ excedieron los ECA para aire (20 µg/m³) para un periodo de 24 horas el día 10 de mayo del 2017 en el estadio municipal Deán Valdivia (AIR-02). Es importante mencionar que las concentraciones del punto AIR-02 fueron mayores al punto AIR-01, y las concentraciones reportadas en los puntos de muestreo AIR-01 y AIR-02 cumplieron con los ECA para aire (150 µg/m³) para el parámetro de PM₁₀, igual para un periodo de 24 horas (de acuerdo a lo establecido en el Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM). La máxima concentración registrada fue de 64,2 µg/m³ en el punto AIR-02.

Para la evaluación de la calidad de suelos agrícolas cultivados, la concentración de arsénico total superó el valor de los ECA para suelos del 2013 para uso agrícola en tres puntos de muestreo. El arsénico presente en estos suelos pudo ser producto del alto contenido de este metaloide en las aguas usadas para riego agrícola; una vez en el suelo, queda atrapado en la estructura, favoreciendo a su acumulación. En el ámbito del proyecto minero Tía María, se evaluaron 12 puntos de monitoreo, en los que analizó la concentración de metales, los cuales fueron comparados con los ECA para suelos del 2013 de uso agrícola. De esta comparación se observó que ninguna de las concentraciones de los elementos metálicos (arsénico, bario, cadmio, mercurio y plomo) excedieron el valor del ECA.

En la zona del Santuario Nacional se evaluaron 12 puntos de monitoreo de calidad de suelo, en los que se analizó el parámetro de metales, los cuales fueron comparados con los ECA para suelos del 2013 de uso agrícola. De esta comparación se observó que ninguna de las concentraciones de los elementos metálicos (arsénico, bario, cadmio, mercurio y plomo) excedieron el valor del ECA.

En los suelos con cultivos (agrícola) del Santuario Nacional Lagunas de Mejía y el área de influencia del proyecto minero Tía María se determinaron los niveles de fondo y de referencia para 36 metales. De la comparación referencial del nivel de fondo de elementos metálicos con los ECA para suelo de uso agrícola se obtuvo que los niveles de fondo de arsénico, bario, cadmio, mercurio y plomo fueron inferiores al valor de su estándar de comparación. Los niveles de fondo y de referencia de metales en suelos servirán para contrastar la información de futuras evaluaciones en el área del presente proyecto.

Los resultados obtenidos respecto al contenido metálico (arsénico, cadmio, cobre, cromo, mercurio, níquel y plomo) en las muestras de cultivos y cereales ubicados en el valle del río Tambo fueron determinados de manera referencial y a solicitud de la población, a fin de utilizar dicha información en posteriores trabajos de vigilancia

ambiental del sector competente. Al respecto, las concentraciones de cadmio y plomo en frutos (olivo y granado) fueron menores a las encontradas en los cereales (arroz) y hortaliza (cebolla), debido a que el arroz es un cultivo de tallo bajo y la cebolla crece bajo la superficie, lo cual permite el rápido traslado y su acumulación.

Remisión del informe de la EAT a distintos sectores y a los/as agentes del área de influencia del proyecto minero Tía María y zonas aledañas

En virtud a la presentación de resultados de la EAT en el ámbito de influencia del proyecto Tía María y zonas aledañas, la Dirección de Evaluación Ambiental del OEFA remitió una copia de los resultados a las siguientes instituciones y agentes clave:

- Oficina Desconcentrada del OEFA en Arequipa
- Autoridad Nacional del Agua (ANA)
- Servicio Nacional de Sanidad Agraria (Senasa)
- Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (Sernanp)
- Dirección General de Asuntos Ambientales Agrarios del Minagri
- Dirección General de Salud Ambiental (Digesa) y la Red de Salud de Islay
- Municipalidad Provincial de Islay
- Municipalidades Distritales de Cocachacra, Deán Valdivia, Mejía y Punta de Bombón
- Gobierno Regional de Arequipa:
 - Gerencia Regional de Energía y Minas, Gerencia Regional de Agricultura, Gerencia Regional de Salud, Autoridad Regional Ambiental, y al Área de Diálogo y Gobernabilidad.
- Junta de usuarios del valle de Tambo, Junta de usuarios irrigación Ensenada Mejía Mollendo, y Junta de usuarios Punta de Bombón
- Sedapar S.A.
- Southern Perú Copper Corporation

Bibliografía

Autoridad Nacional del Agua. (2014). *Informe Técnico del Primer Monitoreo de Calidad de Agua Superficial de la cuenca Tambo*. Perú. Informe Técnico N.º 001-2014-ANA-AAA I C-O/ALA T-AT-ALA MOQ/ECRH/VNCA-LVUC. <https://hdl.handle.net/20.500.12543/2071>

Autoridad Nacional del Agua. (2014). *Informe Técnico del Segundo Monitoreo de Calidad de Agua Superficial de la cuenca Tambo*. Perú. Informe Técnico N.º 002-2014-ANA-AAA I C-O/ALA T-AT-ALA MOQ/ECRH/VNCA-LVUC. <https://hdl.handle.net/20.500.12543/2518>

Autoridad Nacional del Agua. (2015). *Informe Técnico del Tercer Monitoreo de Calidad de Agua Superficial de la cuenca Tambo*. Informe Técnico N.º 005-2015-ANA-AAA I C-O/ALA T-AT-ALA MOQ/ECRH/VNCA-LVUC. <https://hdl.handle.net/20.500.12543/2213>

Autoridad Nacional del Agua. (2016). *Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos*. Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA, Lima, Perú.

Instituto Nacional de Recursos Naturales. (1994). *Diagnóstico de la Calidad del Agua de la Vertiente del Pacífico: Cuenca del río Tambo*. <https://hdl.handle.net/20.500.12543/1503>

Ministerio del Ambiente. (2008). *Estándares de Calidad Ambiental para Aire*. Decreto Supremo N° 003-2008-MINAM. Lima, Perú.

Ministerio del Ambiente. (2017). *Estándares de Calidad Ambiental para Aire*. Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM. Lima, Perú.

Ministerio del Ambiente. (2017). *Estándares de Calidad Ambiental para Agua*. Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. Lima, Perú.

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. (2014). *Reglamento de participación ciudadana en las acciones de monitoreo ambiental a cargo del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental*. Resolución de Consejo Directivo N° 032-2014-OEFA/CD. Lima-Perú

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. (2016). *Evaluación Ambiental de la Cuenca Tambo durante el año 2016*. Informe N.° 0013-2016-OEFA/DE-SDLB-CEAI. <http://repositorio.oefa.gob.pe/handle/123456789/92>

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. (2016). *Evaluación hidrogeológica del Santuario Nacional Lagunas de Mejía y ámbito del Proyecto Tía María - 2016*. Informe N.° 00120-2016-OEFA/DE-SDLB-CEAI.

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. (2017). *Evaluación ambiental temprana en el área de influencia del proyecto minero Tía María y zonas aledañas, en los distritos de Cocachacra, Deán Valdivia, Punta de Bombón y Mejía, provincia de Islay, departamento de Arequipa, durante el año 2017*. Informe N.° 0078-2017-OEFA/DE-SDCA-CMVA <https://repositorio.oefa.gob.pe/handle/123456789/100>

Paredes, C., Iannacone, J. & Alvarino, L. (2007). *Biodiversidad de Invertebrados de Los Humedales de Puerto Viejo, Lima, Perú*. *Neotropical Helminthology*, 1(1), 21-30. <https://sisbib.unmsm.edu.pe/BVRevistas/neohel/v1n1/pdf/a04v1n1.pdf>

Presidencia del Consejo de Ministros. (2001). *Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire*. Resolución Jefatural N° 074-2001-PCM. Lima, Perú.

Roldán, G. (2003). *Bioindicación de la Calidad del Agua en Colombia: propuesta para el uso del método BMWP/Col*. Universidad de Antioquia.

Universidad Nacional Mayor de San Marcos (2014). *Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú*. Departamento de Limnología y Departamento de Ictiología. Ministerio del Ambiente. Lima, Perú.

Base de datos

- Portal de Datos Abiertos <http://datosabiertos.oefa.gob.pe/dashboards/20539/evaluaciones-ambientales-tempranas-eat/>
- Repositorio Institucional del OEFA: <https://repositorio.oefa.gob.pe/handle/20.500.12788/100>

ISBN: 978-612-4341-03-8



Oefa

Organismo
de Evaluación
y Fiscalización
Ambiental