




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

Resúmenes ejecutivos Tomo I

Oefa

Organismo
de Evaluación
y Fiscalización
Ambiental



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

Resúmenes ejecutivos Tomo I



Oefa

Organismo
de Evaluación
y Fiscalización
Ambiental





Datos de catalogación bibliográfica

OEFA Evaluaciones Ambientales Tempranas (EAT) en el sector energía y minas (2017 – 2019)	
Lima: OEFA, 2020	
Área: Medio Ambiente Protección ambiental	
I. Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA)	
Formato digital	Páginas: 136

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

Primera edición: diciembre 2020

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

Dirección de Evaluación Ambiental (DEAM):

Zulay Guillermo Paccori, Diber Saldaña Alfaro, Janet Sajamí Reymundo, Jacquelyne Chagua Flores, Jorge Peralta Argomeda.

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.

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

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, Eddy Arangoitia Sánchez, Carlos Guillén Pantigozo, Xiomara Mandujano Reyes, Odalys Suarez Balcazar, Michella Brescia Reátegui, Luis Pecho Esteban, Marco Miranda Valiente, David Buendía Montalván, Rosabina 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 Corani Bear Creek Mining. Distrito de Corani, provincia de Carabaya, departamento de Puno, Perú (2017-2018).....	15
2. Evaluación Ambiental Temprana en el área de influencia del proyecto minero Corani Fission Energy. Distrito de Corani, provincia de Carabaya, departamento de Puno, Perú (2017 – 2018).....	39
3. Evaluación Ambiental Temprana en el área de influencia del proyecto minero Michiquillay. Distrito de La Encañada, provincia y departamento de Cajamarca, Perú (2018 - 2019)	59
4. Evaluación Ambiental Temprana en el área de influencia del proyecto minero San Gabriel. Distrito de Ichuña, provincia de Sánchez Cerro, departamento de Moquegua, Perú (2018)	78
5. Evaluación Ambiental Temprana en el área de influencia del proyecto minero Sancos. Distritos de Chaviña y Sancos, provincia de Lucanas, departamento de Ayacucho, Perú (2017-2018).....	100
6. Evaluación Ambiental Temprana en el área de influencia del proyecto minero Utunsa. Distrito de Quiñota, provincia de Chumbivilcas, departamento de Cusco; y distrito de Haquira, provincia de Cotabambas, departamento de Apurímac, Perú (2017-2018).....	117

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 Mineros , 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.

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
- EIA_{sd}: 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 Corani Bear Creek Mining.

Distrito de Corani, provincia de Carabaya, departamento de Puno, 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 minero Corani, de la empresa Bear Creek Mining, durante los años 2017 y 2018. Para ello, se realizó la evaluación de la calidad ambiental mediante el muestreo de aire, agua, y sedimentos; asimismo, se realizaron estudios especializados de caracterización geológica, hidroquímica, comunidades hidrobiológicas, flora y fauna, suelo y nivel de fondo en suelos.

La evaluación en los cuerpos de agua (ríos, quebradas y manantiales) dio como resultado que las concentraciones de algunos metales superaron los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua del año 2017, lo cual evidenció cambios presentados en la estructura de las comunidades hidrobiológicas y en la calidad de los indicadores biológicos de estos mismos. Adicionalmente se realizó la clasificación hidroquímica mediante la aplicación del diagrama de Piper. La evaluación de suelo determinó que se presentaron concentraciones de cadmio y plomo en un punto ubicado en la comunidad campesina Quelcaya, y concentraciones de arsénico en un punto ubicado en la comunidad campesina Corani, los cuales excedieron los ECA para suelo del 2017 para uso agrícola. El nivel de fondo para suelos determinó que las concentraciones de metales y metaloides fueron mayores en los puntos ubicados con mayor proximidad a los futuros componentes mineros, tales como tajo de mina principal y al depósito de desmonte de mina principal; disminuyendo conforme se alejan de estos componentes. Por otra parte, la evaluación de la calidad del aire realizada en las comunidades campesinas Quelcaya y Chacaconiza (receptores más cercanos del proyecto minero Corani) dio como resultado que las concentraciones PM_{10} y $PM_{2.5}$ no superaron los ECA para aire del 2017.

La evaluación de flora silvestre en el área de estudio dio como resultado el registro de 153 especies agrupadas en 35 familias botánicas y 80 géneros. La vegetación de roquedal fue la formación con mayor riqueza, con 89 especies; seguida del bofedal con 76 especies. Asimismo, en la evaluación de fauna en anfibios se registraron dos especies de anfibios y una especie de reptil, la cual fue la especie más abundante y presentó mayor distribución. En el caso de avifauna, se registraron 43 especies pertenecientes a 18 familias y 11 órdenes; mientras que en la evaluación de mamíferos se registraron ocho especies de mamíferos mayores, de los cuales cuatro especies fueron del orden carnívora. Finalmente, en la microcuenca Imaginamayu, se presentó el mayor registro de especies de mamíferos silvestres por medio de recorridos y cámaras trampa, con seis y cinco especies, respectivamente.

Por otro lado, la caracterización geológica consistió en la descripción litológica, estructural, alteraciones y mineralización en zonas aledañas a los componentes mineros proyectados y el análisis litogeoquímico de las unidades estratigráficas durante febrero del 2018.

Palabras clave: minería, Evaluación Ambiental Temprana, calidad ecológica, flora y fauna, geoquímica.

Abstract

OEFA, within the framework of the preventive principle of the evaluation function, carried out an Early Environmental Assessment (EAT) with citizen participation in the area of influence of the Corani mining project of Bear Creek Mining (BCM) during 2017 and 2018. The EAT was carried out by the evaluation of environmental quality sampling air, water, and sediments; and also specialized studies of geological and hydrochemical characterization, hydrobiological communities, flora and fauna, soil and bottom level in soils were carried out.

The evaluation in the water bodies (rivers, streams and springs) resulted in the concentrations of some metals that exceeded the Environmental Quality Standards (ECA) for water of the year 2017, which was evidenced in changes presented in the structure of hydrobiological communities and in the quality of their biological indicators. Additionally, the hydrochemical classification was carried out by applying the Piper diagram.

Soil evaluation determined that cadmium and lead concentrations were present at a point located in the Quelcaya peasant community, and arsenic concentrations at a point located in the Corani peasant community, which exceeded the ECAs for soil 2017 for agricultural use. The background level for soils determined that the concentrations of metals and metalloids were higher in the points located with greater proximity to the future mining components such as the main mine pit and the main mine waste deposit; decreasing as they move away from these components. On the other hand, the evaluation of air quality carried out in the rural communities of Quelcaya and Chacaconiza (closest recipients of the Corani mining project) resulted in PM_{10} and $PM_{2.5}$ concentrations not exceeding 2017 ECAs for air.

Evaluation of wild flora in study area resulted in the registration of 153 species grouped in 35 botanical families and 80 genera, where the most diverse families were asteraceae and poaceae, and the most diverse genera were senecio and calamagrostis. The rocky vegetation was the formation with the greatest richness, with 89 species; followed by the wetland, with 76 species. Likewise, in the evaluation of fauna in amphibians, two species of amphibians and one species of reptile were recorded, which was the most abundant species and presented the greatest distribution. In the case of avifauna, 43 species belonging to 18 families and 11 orders were recorded; while in the evaluation of mammals, 8 species of larger mammals were registered, of which four species were of the order carnivora. Finally, in the Imaginamayu micro-basin, the largest record of wild mammal species was presented through tours and camera traps, with six and five species, respectively.

On the other hand, the geological characterization consisted of the lithological and structural description, alterations and mineralization in areas surrounding the projected mining components and the lithogeochemical analysis of the stratigraphic units, during february 2018.

Keywords: mining, Early Environmental Assessment, hydrobiological communities, flora and fauna, background level.

Equipo a cargo del estudio

Profesión	Equipo técnico
Biología	García Aragón, Francisco; Saldaña Alfaro, Diber; Cari Abril, Francis; Ríos García, Jhonny; Trinidad Patricia, Huber; Delgado Comejo, Jackeline; Chunga Benavides, Dany
Química	Chuquisengo Picón, Llojan
Ingeniería Química	Fajardo Vargas, Lázaro; Ancco Pichuilla, Luis
Ingeniería Ambiental	Fernández Najarro, Jorge; Oros Guzmán, Darwin
Ingeniería Geológica	Yanapa Huaquisto, Fray
Ingeniería en Recursos Naturales Renovables	Morga Castellanos, Ericka

Objetivo

Evaluar la calidad ambiental en el área de influencia del proyecto minero Corani con la finalidad de realizar vigilancia ambiental en el marco del ejercicio de la fiscalización ambiental para la prevención de impactos ambientales negativos.

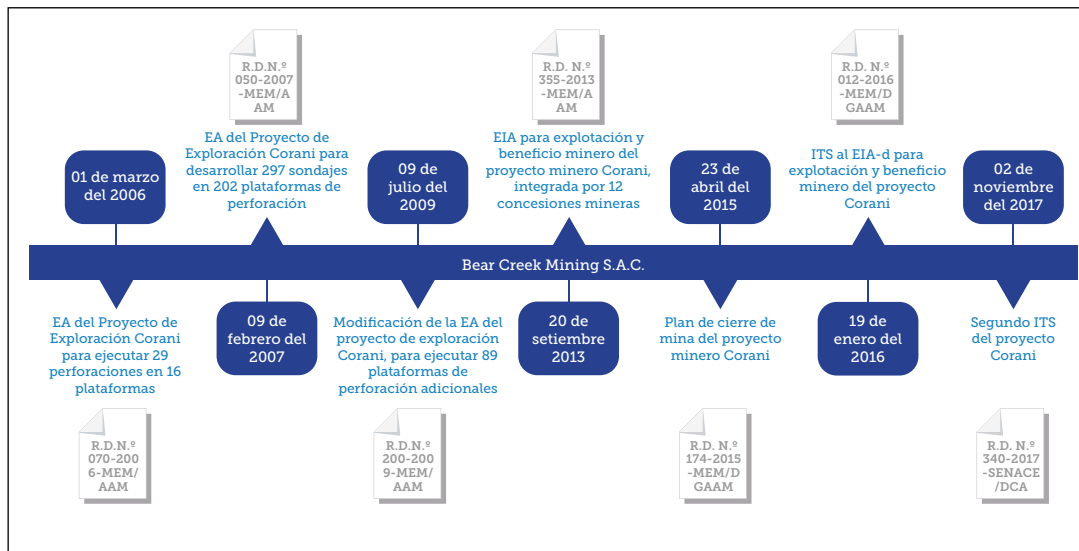
Antecedentes

Bear Creek Mining Corporation es una compañía privada con sede en Vancouver, Canadá, representada en Perú por Bear Creek Mining S.A.C., titular del proyecto minero Corani, ubicado en el distrito Corani, provincia Carabaya, región Puno. El proyecto minero contempla la explotación de minerales mediante tajo abierto para obtener concentrados de zinc (Zn) y plomo (Pb) con contenido de plata (Ag), estimando una producción promedio anual de ocho millones de onzas de plata, 105 millones de libras de plomo y 37 millones de libras de zinc. El procesamiento de mineral sería por el método de flotación selectiva, estimándose un tiempo de vida útil de 20 años. El proyecto minero Corani implementó mecanismos de participación ciudadana, los cuales incluyeron talleres informativos antes y durante la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental (EIA), así como talleres voluntarios y una audiencia pública durante su periodo de evaluación.

En el 2006 y 2007 se aprobaron Evaluaciones Ambientales (EA) para la etapa de exploración del proyecto minero Corani, mientras que en el 2009 se aprobó la modificación a su EA de exploración para ejecutar 89 plataformas de perforación adicionales. En el 2013 se aprobó el Estudio de Impacto Ambiental (EIA) para explotación y beneficio integrada de 12 concesiones mineras, mientras que en el 2015 se aprobó su plan de cierre de minas. En el 2016 y 2017 se presentaron dos Informes Técnicos Sustentatorios (ITS) sobre cambios menores al EIA de explotación y beneficio del proyecto minero.

Figura 1

Cronología de antecedentes de los Instrumentos de Gestión Ambiental (IGA) del proyecto minero Corani.



Aspectos sociales

La EAT en el área de influencia del proyecto minero Corani contempló la participación ciudadana, considerando referencialmente lo establecido en el Reglamento de participación ciudadana aprobado por el OEFA¹. Las siete etapas² establecidas en dicho reglamento se desarrollaron entre junio de 2017 hasta mayo de 2018, e involucraron a los/as agentes sociales representantes de las comunidades campesinas de Corani – Aconsaya, Quelcaya, y Chacaconiza; centros poblados de Chimboya e Isivilla; Municipalidad Distrital de Corani; Municipalidad Provincial de Carabaya y representantes de la empresa minera. Es necesario mencionar que la información del presente documento es de suma importancia para la toma de decisiones de las entidades o autoridades competentes para la prevención de conflictos socio ambientales y la generación de confianza en los diferentes agentes sociales.

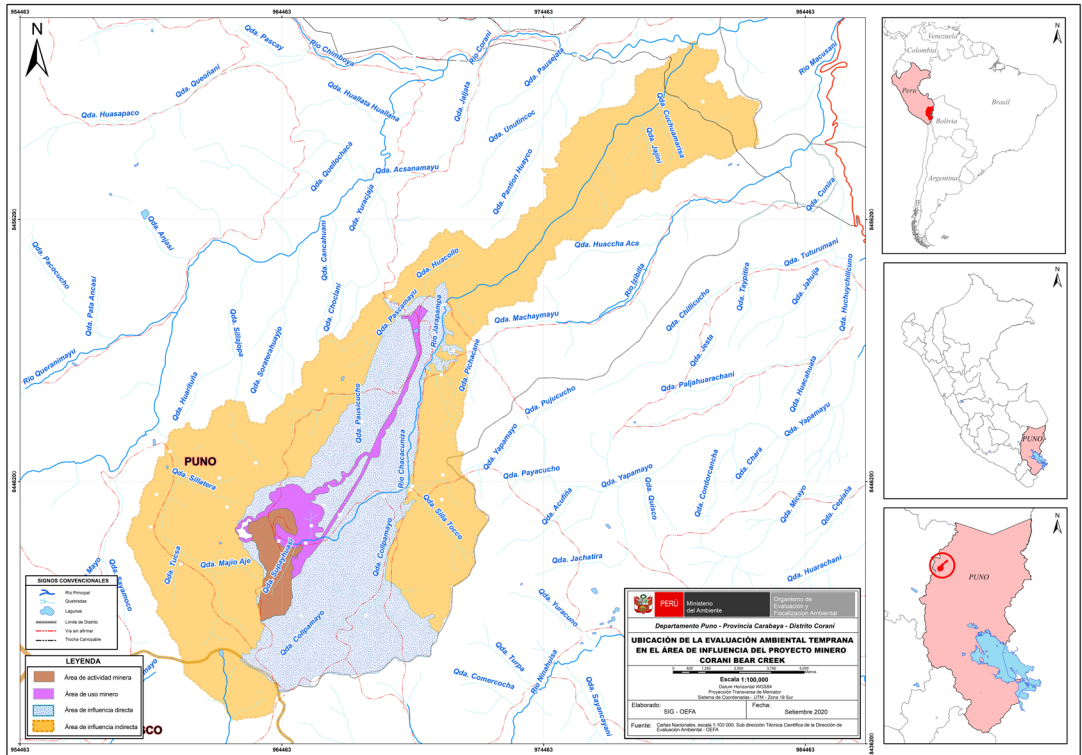
Área de estudio

El proyecto minero Corani se encuentra ubicado en el distrito Corani, provincia Carabaya, departamento de Puno. Geográficamente se localiza en la zona sur-oriental del Perú. Hidrográficamente se encuentra entre las quebradas Supayhuasi y Collpamayo, las cuales finalmente desembocan en el río Chacaconiza, que pertenece a la unidad hidrográfica del río Inambari.

1 Aprobado mediante Resolución de Consejo Directivo N° 032-2014-OEFA/CD el 2 de setiembre de 2014 y su modificatoria mediante Resolución de Consejo Directivo N° 003-2016-OEFA/CD el 27 de febrero de 2016.
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: Taller para la presentación de los resultados del monitoreo realizado.

Figura 2

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



Periodo de estudio

En el 2017 y 2018 se realizó la EAT en el área de influencia del proyecto minero Corani. Inició con la etapa de coordinación previa con los/as agentes sociales del 18 al 23 de junio de 2017, hasta la emisión del informe final, que se concretó el 26 de setiembre de 2018³. Cabe indicar que el proyecto minero a la fecha no se encuentra en etapa de explotación. A continuación, se detallan las etapas de esta EAT.

Tabla 1*Etapas de la EAT en el área de influencia del proyecto minero Corani.*

Etapa	2017	2018
Etapa preliminar: Visita de reconocimiento	Del 18 al 23 de junio de 2017	Del 31 de enero al 6 de febrero de 2018
Etapa 1: Coordinación previa con los/as agentes involucrados/as	Del 18 al 23 de junio de 2017	Del 31 de enero al 6 de febrero de 2018
Etapa 2: Convocatoria	Del 9 al 12 de julio de 2017	---
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	Del 17 al 27 de julio de 2017	Del 15 al 26 de febrero de 2018
		Del 14 al 25 de mayo de 2018
Etapa 7: Taller para la presentación de resultados	---	Del 19 al 21 de febrero de 2018

Metodología

El muestreo de la calidad de recursos hídricos en época seca y húmeda de ríos, quebradas y manantiales se realizó en julio del 2017 y febrero del 2018, respectivamente, considerando los lineamientos del Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales⁴. Los resultados fueron comparados con los valores establecidos en la Categoría 3 y Categoría 4 de los ECA para agua del año 2017⁵. Asimismo, se realizó la clasificación hidroquímica mediante el diagrama de Piper, basado en la inclusión de aniones y cationes en forma simultánea, que representa la composición del agua deducida a partir de estos iones, dando lugar a que las aguas geoquímicamente similares queden agrupadas en áreas bien definidas (Custodio, 1976). Asimismo, para la evaluación de sedimentos en las quebradas, se consideró el Procedimiento de Operación Estándar (SOP, por sus siglas en inglés) - Muestreo de sedimento de la Agencia de Protección Ambiental (EPA, por sus siglas en inglés) de los Estados Unidos⁶ y los resultados fueron comparados

4 Aprobado mediante Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA.

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

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

referencialmente con la guía de calidad ambiental canadiense para sedimentos de aguas continentales⁷.

Los muestreos de comunidades hidrobiológicas en época seca y húmeda, en ríos, quebradas y manantiales se realizaron en julio del 2017 y febrero del 2018, considerando 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 continentales (Unmsm, 2014)⁸. 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. Es necesario mencionar que, con la finalidad de tener una mejor interpretación de los resultados obtenidos de la presente evaluación, en el caso de la calidad del agua, sedimentos, y comunidades hidrobiológicas, los resultados están divididos en cuatro zonas de estudio.

Para el muestreo de suelo se consideró el tipo, capacidad de uso mayor de suelos y geología, la cual se realizó en julio del 2017 y mayo del 2018, considerando las recomendaciones establecidas en la Sección 1.3.3 (tipos de muestreo), Sección 5 (determinación de puntos de muestreo) y el Anexo N° 2 de la Guía para Muestreo de Suelos⁹. Para el estudio del nivel de fondo también se tomaron como referencia las secciones antes mencionadas de dicha guía.

El monitoreo de la calidad del aire en los receptores más cercanos (comunidades campesinas de Quelcaya y Chacaconiza) se realizó en mayo del 2018, considerando los ítems 7, 10, 11, 13 y 14 del Protocolo de Monitoreo de la Calidad del Aire y Gestión de los Datos¹⁰. Los resultados de PM₁₀ y PM_{2,5} fueron comparados con los ECA para aire del 2017¹¹ y referencialmente con los criterios de calidad de aire establecidos por el Ministerio del Ambiente de Ontario, Canadá¹².

La geoquímica de roca se realizó en afloramientos y fragmentos de rocas asociadas a los componentes mineros proyectados durante mayo 2018, considerando los lineamientos de la Guía Metodológica para la Estabilidad Química de Faenas e Instalaciones Mineras de Chile¹³. Además, esta información fue complementada con la Base de Datos Litogeoquímica del Perú, publicada por Ingemmet en el 2016.

El Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal (Mostacedo y Fredericksen, 2000) y la Guía de Inventario de la Flora y Vegetación del Ministerio del Ambiente (Minam)¹⁴ fueron utilizados para la evaluación de flora silvestre, la cual se realizó en mayo de 2018; las muestras colectadas fueron analizadas en el Laboratorio de Florística del Museo de Historia Natural, mediante el uso de claves

7 Canadian Council of Minister of the Environmental – CCME (1999). Actualizado en 2002.

8 Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Museo de Historia Natural. 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.

9 Aprobado mediante Resolución Ministerial N° 085-2014-MINAMI 31 de marzo de 2014.

10 Aprobado mediante Resolución Directoral N° 1404/2005/DIGESA/SA.

11 Aprobado mediante Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM el 7 de junio de 2017.

12 Ambient Air Quality Criteria-AAQC, de abril del 2012

13 Del Servicio Nacional de Geología y Minería del Servicio Nacional de Geología de Chile (2015)

14 Aprobado mediante Resolución Ministerial N° 057-2015-MINAM el 21 de marzo de 2015.

especializadas como las de Ferreyra (1944 y 1946); Molau (1990); Sagástegui y Leiva (1993); Tovar (1993); entre otros. Entre los parámetros de análisis se consideró el cálculo de la diversidad de especies mediante la aplicación del índice de Shannon-Wiener (Shannon, 1948), el cual permite tener un indicador del comportamiento del ecosistema o la organización a la que ha llegado el ecosistema, cuya unidad considerada fue nits/individuo¹⁵.

En el procesamiento de los resultados se utilizó el análisis de Escalonamiento Multidimensional No Métrico (NMDS, por sus siglas en inglés), el cual determina la cercanía entre un grupo de elementos reduciendo el número de dimensiones, realizando iteraciones para explicar las distancias observadas con base a similitudes predichas mediante un número de ejes (Oksanen, 2011).

La evaluación de fauna silvestre se realizó en mayo de 2018, donde se utilizó la Guía de Inventario de Fauna Silvestre¹⁶. Los puntos de muestreo se ubicaron tomando en cuenta la presencia de ecosistemas frágiles¹⁷, específicamente bofedales y hábitats aledaños, considerando la disposición de los componentes mineros propuestos en el IGA del proyecto y el riesgo de futuros impactos sobre los hábitats y/o formaciones vegetales producidos por las operaciones y actividades mineras futuras.

Los parámetros de análisis considerados en la evaluación de fauna silvestre fueron la composición, riqueza y abundancia de especies, posteriormente se calcularon índices de diversidad alfa y beta adecuados para cada grupo taxonómico (Moreno, 2001). Igualmente, para determinar la eficacia y representatividad de los muestreos, se elaboraron curvas de acumulación de especies (Soberón y Llorente, 1993, Chao y Jost, 2012). Finalmente, para determinar la relación entre la estructura de la comunidad de anfibios y reptiles respecto al tipo de hábitat y características ambientales de las zonas evaluadas, se realizó un análisis NMDS y un Análisis de Componentes Principales (PCA, por sus siglas en inglés) en el caso de hábitats acuáticos (Oksanen, 2011).

Para las especies de flora y fauna, se identificaron aquellas que se encuentran en alguna categoría de amenaza y están protegidas según la legislación nacional¹⁸ o la Lista Roja de Especies Amenazadas elaborada por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, por sus siglas en inglés) en el año 2018; así como aquellas incluidas en alguno de los Apéndices de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (Cites, por sus siglas en inglés) del 2017 y los Apéndices de la Convención sobre las Especies Migratorias (CMS, por sus siglas en inglés) del 2015.

15 nits/individuo es una unidad de medida del índice Shannon cuando se usa logaritmo natural para calcularlo

16 Aprobado mediante Resolución Ministerial N° 057-2015-MINAM

17 Ley General del Ambiente. Ley N° 28611. Título III Integración de la legislación ambiental, Capítulo 2. Conservación de la diversidad biológica. Artículo 99 De los ecosistemas frágiles.

18 Aprobada mediante Decreto Supremo N° 043-2006-AG para especies de flora silvestre y Decreto Supremo N° 004-2014-MINAGRI para especies de fauna silvestre.

Parámetros de comparación

En la Tabla 2 se presentan los parámetros evaluados en agua, aire y suelo que fueron comparados con los ECA establecidos en la legislación peruana y/o aprobados en el IGA. Los demás componentes evaluados no presentan ninguna norma de comparación y fueron considerados con fines de caracterización y correlación.

Tabla 2

Relación de parámetros evaluados por componente ambiental.

Componente	Parámetro evaluado		Estándar de Calidad Ambiental (ECA)
	Julio 2017 (época seca)	Febrero 2018 (época húmeda)	
Agua	<ul style="list-style-type: none"> • Sólidos suspendidos totalesa • Demanda química de oxígeno • Cloruros • Sulfatos • Carbonatos • Bicarbonatos • Mercurio total y disuelto • Metales totales y disueltos • Sulfuros • Nitrógeno Amoniacala • Nitratos • Nitrógeno total Kjeldahl • Sólidos totales disueltosa 	<ul style="list-style-type: none"> • Carbonato • Bicarbonato • Cloruros • Metales disueltos • Metales totales • Sólidos totales disueltosa • Sólidos suspendidos totalesa • Sulfatos • Nitrógeno total Kjeldahl 	ECA para agua 2017
Aire	Material particulado menor a 10 micras (PM_{10}) Material particulado menor a 2,5 micras ($PM_{2,5}$)		ECA para aire 2017
	Metales en filtros PM_{10}		<p>• Cromo VI</p> <p>• Plomo</p> <p>• Cianuro libre</p>
Suelo	<ul style="list-style-type: none"> • Mercurio • Arsénico • Bario • Cadmio 	<ul style="list-style-type: none"> • Cromo VI • Plomo • Cianuro libre 	ECA para suelo 2017
Sedimento	<ul style="list-style-type: none"> • Arsénico • Cadmio • Cobre 	<ul style="list-style-type: none"> • Mercurio • Plomo • Zinc 	<p><i>Canadian Environmental Quality Guidelines – Sediment Quality Guidelines for freshwater</i></p>

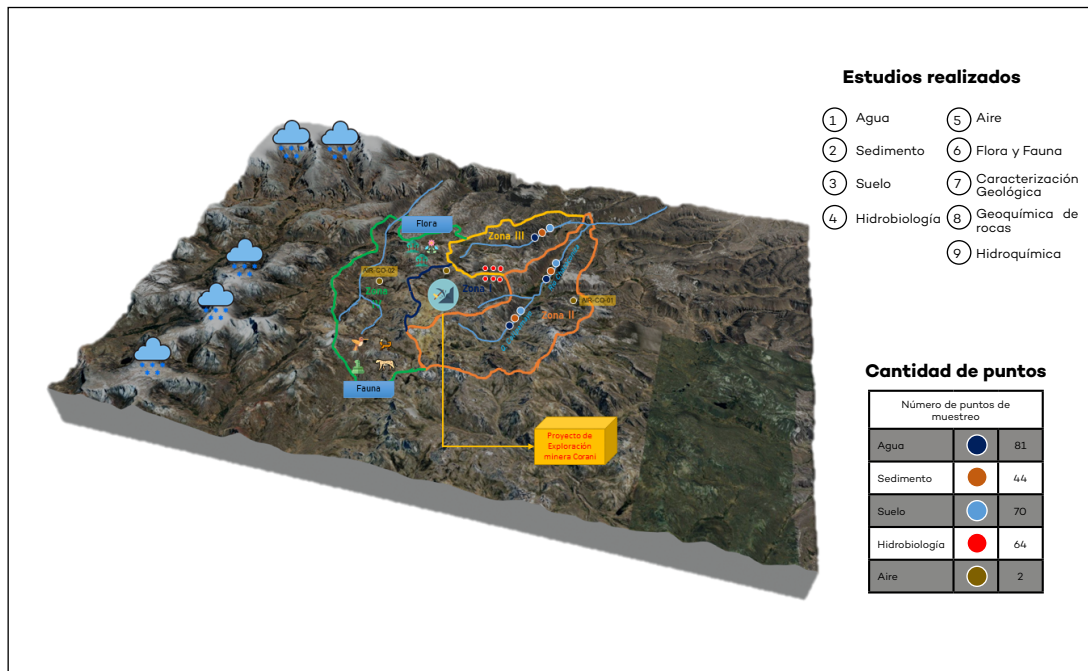
Resultados

Modelo conceptual

Se evaluó la calidad del agua superficial (ríos, quebradas y manantiales), sedimentos, aire; además se realizaron estudios especializados como evaluación de comunidades hidrobiológicas, caracterización geológica, geoquímica de rocas, evaluación hidroquímica y evaluación de flora y fauna silvestre. Con la finalidad de tener una mejor interpretación de los resultados obtenidos de la presente evaluación, los resultados fueron divididos en cuatro zonas de estudio.

Figura 3

Modelo conceptual de la EAT en el ámbito de influencia del proyecto minero Corani.



Calidad de agua

A continuación, se muestran los resultados de la presente evaluación indicando la cantidad de puntos evaluados para determinar la calidad del agua y los parámetros que superaron los ECA para agua del 2017.

Tabla 3*Cantidad de puntos por microcuencas que superaron los ECA para agua*

Época seca (julio 2017)						
Microcuenca	ECA 2017 Categoría 3				ECA 2017 Categoría 4	
	Riego de vegetales	N° de puntos	Bebida de animales	N° de puntos	Ríos de costa y sierra	N° de puntos
Microcuenca Supayhusi	OD	1	OD	1	OD	1
	pH	8	pH	10	Fósforo	4
	Bario	1	Manganeso	8	Zinc	8
	Aluminio	3	Aluminio	3	pH	7
	Manganeso	8	Cadmio	3	Mercurio	4
	Cadmio	6	Cobre	1	Cadmio disuelto	7
	Hierro	3	Plomo	6	Plomo	7
	Cobre	2			Talio	4
	Plomo	6			Bario	1
	Zinc	5				
Microcuenca Collpamay Chacaconza Jarapampa	pH	1	pH	2	pH	1
	Manganeso	2	Manganeso	1	Fósforo	3
					Plomo	2
					Zinc	2
Cadmio disuelto	1					
Microcuenca Imaginamayu	DQO	1	DQO	1	Zinc	2
			pH	1	Fósforo	1
Microcuenca Quelcaya	OD	1	OD	1	OD	1
					Fósforo	1
Época húmeda (febrero 2018)						
Microcuenca	ECA 2017 Categoría 3				ECA 2017 Categoría 4	
	Riego de vegetales	N° de puntos	Bebida de animales	N° de puntos	Ríos de costa y sierra	N° de puntos
Microcuenca Supayhusi	Cobalto	1	pH	25	CE	1
	pH	25	Manganeso	9	Fósforo	21
	Bario	5	Aluminio	1	Zinc	10
	Arsénico	5	Cadmio	1	pH	25
	Manganeso	9	Cobre	1	Mercurio	3
	Cadmio	8	Plomo	11	Cadmio disuelto	14
	Hierro	8	Arsénico	5	Plomo	14

Época seca (julio 2017)						
Microcuenca	ECA 2017 Categoría 3				ECA 2017 Categoría 4	
	Riego de vegetales	N° de puntos	Bebida de animales	N° de puntos	Ríos de costa y sierra	N° de puntos
Microcuenca Supayhusi	Cobre	4	Zinc	1	Talio	9
	Plomo	11			Bario	5
	Zinc	6			Arsénico	4
	CE	1			Cobre	4
	Aluminio	1			Níquel	1
Microcuenca Collpamyo Chacaconiza Jarapampa	pH	9	pH	9	pH	9
	Manganeso	2	Manganeso	2	Fósforo	12
					Cadmio disuelto	6
	Plomo	3	Plomo	3	Plomo	6
					Zinc	5
Talio					4	
Microcuenca Imaginamayú	pH	8	DQO		Zinc	
	Arsénico	2	pH	8	Fósforo	7
	Cadmio	1	Manganeso	1	pH	8
	Hierro	2	DQO	1	Plomo	3
	Manganeso	1	Fósforo	1	Zinc	2
	Zinc	1			Talio	1
	DQO	1			Arsénico	1
Fósforo	1					
Microcuenca Quelcaya	OD	1	OD	1	OD	1
	pH	10	pH	10	Fósforo	10
					pH	10
					Cadmio disuelto	2
Plomo					4	

Calidad de sedimento

Los resultados del análisis de metales en sedimentos fueron comparados con la guía de calidad ambiental canadiense para sedimentos en aguas continentales. En la siguiente tabla se muestran los resultados según la época seca y húmeda.

Tabla 4

Cantidad de puntos por microcuencas que superaron la normativa referencial en sedimento.

Microcuenca	Época seca (2017)			Época húmeda (2018)		
	Parámetros y cantidad de puntos que exceden la normativa referencial					
	Metal	ISQG ^a N° de puntos	PEL ^b N° de puntos	Metal	ISQG N° de puntos	PEL N° de puntos
Microcuenca Supayhusi	Arsénico	8	7	Arsénico	6	6
	Cobre	6	-	Cobre	5	1
	Mercurio	6	1	Mercurio	7	5
	Plomo	6	7	Plomo	6	6
	Zinc	6	5	Zinc	6	4
	Cadmio	4	2	Cadmio	6	3
Microcuenca Collpamayo Chacaconiza Jarapampa	Arsénico	2	2	Arsénico	Plomo	7
	Zinc	2	-	Plomo	7	5
	Plomo	1	-	Cobre	2	-
				Mercurio	4	-
				Cadmio	3	-
				Zinc	3	2
Microcuenca Imaginamayu	Arsénico	4	1	Arsénico	3	2
	Mercurio	1	-	Mercurio	2	-
Microcuenca Quelcaya	Arsénico	3	3	Arsénico	7	3
	Plomo	2	-	Mercurio	6	4
	Zinc	1	-	Plomo	3	1
				Cadmio	2	-
				Zinc	3	-

^a ISQG: Interim Sediment Quality Guideline

^b PEL: Probable Effect Level

Calidad de suelo

Se determinaron los valores de fondo para suelos teniendo en consideración las áreas geológicas en el ámbito de influencia del proyecto y fueron comparados con los ECA para suelos del 2017 según el tipo de uso.

Tabla 5*Resultados de nivel de fondo de suelos.*

Parámetros en mg/kg PS	Valores de nivel de fondo			
	ZNF-2 ^a	Suelo agrícola ECA suelo 2017	ZNF-4 ^b	Suelo comercial / industrial / extractivo ECA suelo 2017 ^c
Arsénico	26,24	50	27,07	140
Bario total	587,1	750	539,9	2000
Cadmio	2,759 ^d	1,4	0,322	22
Cromo total	13,99	-	6,184	1000
Mercurio	0,07	6,6	0,134	24
Plomo	297,7 ^d	70	115,2	800
Uranio	-	-	7,948	-
Litio	33,45	-	209,4	-

^a ZNF-2: Área perteneciente a la formación Quenamari miembro Chacacuniza, con presencia de rocas ígneas volcánicas (tobas).

^b ZNF-4: Área ubicada sobre depósitos aluviales los cuales son influenciados por la formación Quenamari miembro Chacacuniza con presencia de tobas.

^c Comparado referencialmente

^d Supera los ECA para suelo del 2017

Calidad de aire

Las direcciones predominantes de los vientos en las comunidades campesinas de Chacaconiza (AIR-CO-01) y Quelcaya (CA-COR-02) fueron norte (N) y sureste (SE). Asimismo, las concentraciones de PM₁₀ y PM_{2,5} reportadas en los dos puntos cumplieron con los ECA para aire del 2017. Por otro lado, las concentraciones de metales y metaloides en los dos puntos fueron evaluadas referencialmente con los criterios de calidad de aire canadiense, determinándose que las concentraciones fueron menores a lo señalado.

Caracterización hidroquímica

La caracterización hidroquímica se realizó en las cuatro microcuencas del ámbito de influencia del proyecto, llegando a evaluarse un total de 82 puntos, los cuales presentaron la siguiente clasificación:

Tabla 6

Principales resultados de la clasificación hidroquímica en los puntos evaluados en las cuatro microcuencas, mediante el uso del diagrama de Piper.

Microcuenca	N° de puntos	Clasificación
Supayhuasi (37 puntos evaluados)	2	Sulfatadas magnésicas
	7	Sulfatadas mixtas
	1	Sulfatadas cálcicas
	1	Cloruradas mixtas
	3	Bicarbonatadas magnésicas
	4	Sulfatadas sódicas
	19	Bicarbonatadas sódicas
Collpamayo-Chacaconiza Jarapampa (17 puntos evaluados)	3	Sulfatadas cálcicas
	7	Sulfatadas mixtas
	1	Bicarbonatadas sulfatadas
	2	Bicarbonatadas mixtas
	2	Bicarbonatadas cálcicas
Imaginamayu (10 puntos evaluados)	9	Bicarbonatadas sódicas
	1	Sulfatadas sódicas
Quelcaya (18 puntos evaluados)	2	Sulfatadas mixtas
	2	Sulfatadas bicarbonatadas – cálcicas sódicas
	5	Bicarbonatadas cálcicas
	2	Bicarbonatadas mixtas
	7	Bicarbonatadas sódicas

Caracterización de geoquímica de roca

Para la caracterización geoquímica de rocas se identificó la presencia de metales potenciales generadores de acidez que superaron los valores promedios establecidos para la corteza continental.

Tabla 7

Resultados de la geoquímica de rocas por microcuenca.

Microcuenca	Característica geoquímica de roca
Supayhuasi	Antimonio (Sb), boro (B), bario (Ba), cobre (Cu), plomo (Pb), zinc (Zn), cadmio (Cd), mercurio (Hg), selenio (Se), tantalio (Ta), rutenio (Ru), uranio (U)
Collpamayo Chacaconiza Jarapampa	Arsénico (As), estaño (Sn), Ba, cromo (Cr), rubidio (Rb), Zn, U y galio (Ga)
Imaginamayu	As, berilio (Be), Sn, molibdeno (Mo), Zn, Rb, torio (Th), U y Ga
Quelcaya	As, Ba, Cr, Sn, Rb, Th, U y Ga

Caracterización geológica

El proyecto minero Corani corresponde a un yacimiento epitermal de plata (Ag), plomo (Pb), zinc (Zn) y oro (Au) de sulfuración intermedia a baja, con vetas de Sb (Clark et al., 1990a). Consta de varias zonas mineralizadas ubicadas entre la naciente de la quebrada Supayhuasi y la naciente de la quebrada Collpamayo (laguna Cochapata). Las unidades litoestratigráficas identificadas varían temporalmente desde el paleozoico al cuaternario. Litológicamente están influenciadas por las formaciones Sandía (Os-s) y Ananea (SD-a), que consisten en cuarcitas en estratos masivos, limolitas pizarrosas, esquistos y pizarras gris oscuras intercaladas con niveles de areniscas cuarzosas de grano fino. Las formaciones Ambo (Cm-a) y Tarma (Cp-t) están compuestas por areniscas cuarzosas blanquecinas y grises intercaladas con limoarcillitas gris oscuras, areniscas feldespáticas verdes a grises, y calizas micríticas grises. Por otro lado, el grupo Mitu, por la secuencia inferior, corresponde a areniscas y lutitas, y la secuencia superior a lavas andesíticas gris violáceas de textura porfídica. La formación Huancané (Ki-hu) está conformada por areniscas cuarzosas de grano fino a medio distribuido en estratos de 20 a 40 cm de grosor. La formación Quenamari corresponde a secuencias volcánicas félsicas de carácter peraluminoso. Asimismo, los depósitos cuaternarios constituidos por bloques subangulosos y heterométricos englobados en matriz arenolimosas, gravas polimícticas en matriz arenosa y los depósitos biogénicos corresponden a sedimentos finos y materia orgánica acumulada en bofedales.

La zona evaluada no presenta fallas regionales cartografiadas, debido a la cobertura volcánica de la formación Quenamari; sin embargo, esta unidad volcánica presenta alineamientos preferenciales de dirección NO-SE. Localmente está controlada por una tectónica frágil, caracterizada por fracturas y fallas de dirección NS a NO-SE, las mismas que generaron espacios subverticales y superficiales por los que se produjo el transporte de fluidos mineralizantes, y actualmente la migración de aguas meteóricas (Ayala, 2008).

Evaluación de flora

Respecto a la flora, se registraron 153 especies agrupadas en 35 familias botánicas y 80 géneros, donde las familias más diversas fueron Asteraceae y Poaceae, y los géneros más diversos fueron Senecio y Calamagrostis. La vegetación de roquedal fue la formación con mayor riqueza, con 89 especies; seguida del bofedal, con 76 especies. Por otro lado, las especies con mayor abundancia relativa en el bofedal fueron *Distichia muscoides* y *Calamagrostis brevifolia*; en el césped de puna, *Calamagrostis vicunarum* y *Aciachne pulvinata*; y en la vegetación de roquedal, *Senecio rufescens* y *Calamagrostis vicunarum*.

Los análisis de NMDS 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 cuanto a las cuatro formaciones vegetales evaluadas; y también las microcuencas Imaginamayú y Supayhuasi con respecto a las cuatro microcuencas evaluadas.

Evaluación de fauna

En el área de estudio se registraron dos especies de anfibios del orden Anura, K'ayra (*Telmatobius cf. Marmoratus*) y Chichila (*Pleurodema marmoratum*); y una especie de reptil, la lagartija calaygua (*Liolaemus gr. Signifer*), que fue la especie más abundante y que presentó mayor distribución en el área de estudio. El tipo de hábitat más diverso fue el bofedal, donde se registraron tres especies (dos anfibios y un reptil), seguido del hábitat de césped, donde se registraron dos especies. Los hábitats césped de puna y suelo crioturbados son aquellos donde las lagartijas presentaron mayores valores de abundancia. Por otro lado, la microcuenca Collpamayo – Chacaconiza - Jarapampa presentó mayor diversidad de anfibios y reptiles, seguida de la microcuenca Imaginamayu.

En el área de estudio la avifauna registrada fue típica de la zona altoandina; se registraron 43 especies pertenecientes a 18 familias y 11 órdenes, donde los órdenes que presentaron mayor número de especies fueron los Passeriformes, con 25 especies, seguido de Charadriiformes y Apodiformes, ambas con cuatro especies; mientras que las familias con mayor número de especies fueron *Tyrannidae*, con nueve especies, seguido de la familia *Furnariidae*, con siete especies y la familia *Thraupidae*, con cinco especies. Estos grupos taxonómicos son los más representativos de los ecosistemas altoandinos del Perú. De las 43 especies registradas, 41 fueron consideradas residentes y dos migratorias (*Muscisaxicola cinereus* y *M. flavinucha*); de las residentes, 27 especies fueron de ambientes terrestres y 14 de ambientes acuáticos. Asimismo, la especie con mayor número de individuos fue el churrete de ala crema (*Cinclodes albiventris*), con 82 individuos; seguido del fringilo de pecho cenizo (*Phrygilus plebejus*), con 79 individuos. La microcuenca Imaginamayu y el hábitat Bofedal fueron los que presentaron la mayor riqueza y abundancia de aves. Es importante mencionar el registro de las especies pato de la puna (*Spatula puna*, antes *Anas puna*) y flamenco chileno (*Phoenicopterus chilensis*), especies nuevas en el área de estudio.

Con relación a los mamíferos silvestres, se registraron ocho especies de mamíferos mayores, divididos en cuatro órdenes, siete familias y ocho géneros. El orden con mayor riqueza de especies fue el orden Carnívora, con cuatro especies: puma (*Puma concolor*), zorro (*Lycalopex culpaeus*), zorrino o añás (*Conepatus chinga*) y gato de pajonal (*Leopardus colocolo*). La microcuenca Imaginamayu fue la que presentó el mayor registro de especies de mamíferos silvestres por medio de recorridos y cámaras trampa, con seis y cinco especies respectivamente. Las especies con mayor número de registros mediante la evaluación por cámaras trampa y los recorridos por transectos fueron la Vizcacha (*Lagidium peruanum*) y la vicuña (*Vicugna vicugna*). De los mamíferos identificados, cinco de ellos se encuentran en la lista de conservación nacional e internacional, entre los que destacan la taruca (*Hippocamelus antisensis*), categorizada como especie Vulnerable (VU) por la IUCN del 2018 y en el Apéndice I por la Cites del 2017; el puma, categorizado como una especie Casi amenazada (NT, por sus siglas en inglés) por la legislación nacional y por la Cites en su Apéndice II; el gato de pajonal, categorizado como Datos insuficientes (DD, por sus siglas en inglés) por la legislación nacional y por la Cites en su Apéndice II, y NT por la IUCN. Asimismo, la

vicuña se encuentra en categoría de NT por la legislación nacional y por la Cites en su Apéndice I; y por último, el zorro fue considerado en el Apéndice II de la Cites.

En cuanto a los anfibios, sólo la especie de rana (*Telmatobius cf. Marmoratus*) se encuentra categorizada como una especie VU de acuerdo con la legislación nacional y a la IUCN del 2018.

Respecto a la avifauna, según la legislación nacional, se registraron cuatro especies en categoría de conservación, la bandurria de cara negra (*Theristicus melanopis*) está categorizada como VU, las otras tres especies, de hábitos acuáticos, son el flamenco chileno (*Phoenicopterus chilensis*), el zambullidor plateado (*Podiceps occipitalis*) y la gallareta gigante (*Fulica gigantea*), categorizadas como NT. Según la legislación internacional, el flamenco chileno está categorizado como especie Casi Amenazada (NT) según la IUCN (2018), y se encuentra en el Apéndice II de la Cites; mientras que las especies aguilucho variable (*Geranoaetus polyosoma*), aguilucho de pecho negro (*Geranoaetus melanoleucus*), caracara cordillerano (*Phalcoboenus megalopterus*) y estrellita andina (*Oreotrochilus estella*) se encuentran listados en el Apéndice II de la Cites. Por último, se registró al minero andino (*Geositta saxicolina*) como especie endémica del Perú.

Evaluación hidrobiológica

En la evaluación del 2017 se identificaron 131 taxas de perifiton vegetal, siendo el *phylum bacillariophyta* el mejor representado, con 69 taxas (52,67 % del total). En la evaluación del 2018, los valores de riqueza presentaron 229 taxas de perifiton vegetal en los 46 puntos de muestreo evaluados, siendo el *phylum bacillariophyta* el más representativo, con 112 taxas (48,9 % del total).

En el 2017 se registraron 68 taxas de macroinvertebrados bentónicos, siendo el orden Díptera el mejor representado, con 37 taxas (54,41 % del total). En el 2018 se registraron 22 taxas, siendo el orden Díptera el mejor representado, con nueve (40,91 % del total); mientras que los organismos del *phylum annelida* (orden *Opisthopora*) fueron los más abundantes (16,28 % de la abundancia total), y principales representantes en los puntos de muestreo con pésima y mala calidad ecológica. En contraste a esto último, los órdenes *Ephemeroptera*, *Plecoptera* y *Trichoptera* fueron más representativos en los puntos con calificativos de calidad óptimos (moderada, buena y muy buena calidad).

Conclusiones

En la evaluación de las cuatro microcuencas, la microcuenca Supayhusi fue la que presentó mayor cantidad de metales cuyas concentraciones superaron los ECA para agua del 2017 de las categorías 3 y 4, tanto en época seca (julio 2017) como en época húmeda (febrero 2018). Asimismo, se registraron niveles de pH que incumplieron la normativa en mención.

Según el análisis hidroquímico, el diagrama de Piper en el agua de las microcuencas Supayhusi, Imaginamayú y Quelcaya reportó facies bicarbonatadas sódicas en la mayoría de puntos evaluados. Sólo en la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa la mayoría de los puntos evaluados presentaron facies sulfatadas mixtas.

En las cuatro microcuencas evaluadas se presentaron concentraciones de arsénico en el sedimento que superaron la normativa canadiense referencial en las dos temporadas de evaluación (2017 y 2018). De las cuatro microcuencas evaluadas, la microcuenca Supayhusi fue la que presentó concentraciones en seis metales (arsénico, cobre, mercurio, plomo, zinc y cadmio) que superaron la normativa canadiense, mientras que en las otras microcuencas sólo se presentaron concentraciones elevadas de dos a tres metales.

De acuerdo al análisis hidrobiológico, la calidad ecológica en la microcuenca Supayhuasi presentó una calidad biológica e hidromorfológica que varió entre mala y pésima en ambas evaluaciones; con excepción de la mayoría de los puntos de muestreo de las quebradas Intisayana y Pinchalli, donde la calidad biológica e hidromorfológica fue moderada. En esta microcuenca una especie indeterminada de la familia Lumbricidae fue la más frecuente y abundante.

La moderada calidad ecológica en la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa fue el resultado de una moderada calidad biológica e hidromorfológica; con excepción de la quebrada Minacucho, evaluada solamente en el 2018 y con una calificación de mala calidad biológica e hidromorfológica, en la que predominó el phylum annelida, presente en ambientes con alta carga orgánica.

La moderada calidad ecológica en las microcuencas Imaginamayu y Quelcaya fue el resultado de una moderada calidad biológica e hidromorfológica, con excepción de los bofedales evaluados solamente en el 2018 y con una calificación de mala calidad biológica e hidromorfológica, donde predominaron organismos habituales en ambientes con alta carga orgánica. En estas microcuencas se registró frecuente presencia de taxas de los órdenes ephemeroptera y trichoptera en los puntos evaluados, así como también una composición comunitaria heterogénea.

En la evaluación de la calidad del aire, las concentraciones de PM_{10} y $PM_{2.5}$ reportadas en los dos puntos de monitoreo cumplieron con el ECA para aire del 2017. Por otro lado, las concentraciones de metales evaluados en los dos puntos fueron menores a las señalados en los criterios de calidad de aire establecidos por el Ministerio del Ambiente de Ontario de 2012, comparados referencialmente.

Según la caracterización geológica, las unidades litoestratigráficas identificadas en el área de influencia del proyecto minero Corani varían temporalmente desde el Paleozoico (formaciones Sandia, Ananea, Ambo y Tarma), Mesozoico (grupo Mitu y Formación Huancané) y Cenozoico (formación Quenamari y depósitos superficiales inconsolidados). Estructuralmente no presenta fallas regionales cartografiadas, debido a la cobertura volcánica de la formación Quenamari; sin embargo, esta unidad volcánica presenta alineamientos preferenciales de dirección NO-SE. Localmente está controlado por una tectónica frágil, caracterizado por fracturas y fallas de dirección NS a NO-SE. El área de actividad minera del proyecto Corani presenta fallas y fracturas de dirección NE-SO.

Respecto a los resultados de nivel de fondo de suelos, las concentraciones de plomo, cadmio y bario fueron mayores en las zonas cercanas al tajo principal, tajo este y al depósito de desmonte de mina principal, disminuyendo conforme se alejan

de estos componentes; mientras que las concentraciones de arsénico, mercurio y cromo fueron homogéneas en el área de evaluación. Además, se encontraron concentraciones de cadmio y plomo que excedieron los ECA para suelo del 2017 de uso agrícola en los puntos ubicados en la comunidad campesina Quelcaya. Asimismo, las concentraciones de arsénico en el punto ubicado en la comunidad campesina Corani-Aconsaya excedieron los ECA mencionados. Las mayores concentraciones de uranio fueron encontradas en los puntos ubicados en la geología de formación Quenamari y grupo Mitu.

En las microcuencas Supayhuasi, Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa, Imaginamayu y Quelcaya se registraron un total de 73, 76, 102 y 53 especies de flora, respectivamente; de las cuales dos, cinco, ocho y dos se encuentran en algún estado de conservación correspondientes a cada microcuenca. Además, las formaciones más diversas fueron el césped de puna y la vegetación de roquedal, con 2,23 y 2,11 nits/individuos, respectivamente. Las microcuencas más diversas fueron las microcuencas Imaginamayu, con 2,04 nits/individuos; y la microcuenca Supayhuasi, con 1,99 nits/individuos.

Sobre el registro de fauna, se identificaron dos especies de anfibios y un reptil, de las cuales solo la rana es considerada como una especie vulnerable (VU) según la normativa nacional y la IUCN del 2018. Esta especie se registró solo en la microcuenca de la quebrada Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa, en el tipo de hábitat de bofedal, que es considerado como un ecosistema frágil. La especie más abundante fue la lagartija, especialmente abundante en los hábitats de césped de puna y suelos crioturbados. Ambas especies podrían ser consideradas como indicadores de perturbación y contaminación de hábitat para el área de estudio.

Respecto a la avifauna, se registraron un total de 43 especies pertenecientes a 18 familias y 11 órdenes, de las cuales cuatro se encontraban en alguna categoría de amenaza según la legislación nacional, una especie dentro de la lista de la IUCN y cinco especies listadas dentro del Apéndice II de la Cites. Los hábitats más importantes, considerando la diversidad y abundancia halladas, fueron el bofedal y pajonal para las especies terrestres, y la laguna Chullumpicocha para las aves acuáticas y especies migratorias.

En cuanto a mamíferos, se registraron ocho especies pertenecientes a cuatro órdenes y siete familias, de las cuales tres se encontraban listados dentro de la conservación nacional, dos especies listadas dentro de la IUCN, y cinco especies dentro de los apéndices de la Cites. La microcuenca Imaginamayu, fue la que presentó el mayor registro de especies de mamíferos silvestres por medio de recorridos y cámaras trampa, con seis y cinco especies respectivamente.

El análisis de geoquímica de rocas en la microcuenca Supayhuasi presentó concentraciones de antimonio, boro, bario, cobre, plomo, zinc, cadmio, mercurio, selenio, tantalio, rutenio y uranio que superaron los valores promedios establecidos para la corteza continental, los cuales son potenciales generadores de acidez, debido a la presencia de rocas volcánicas alteradas del Miembro Chacaconiza y presencia de sulfuros, que generan drenaje ácido de roca en las zonas asociadas a los futuros tajos.

Las características geoquímicas en la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa indicaron la existencia de concentraciones de arsénico, estaño, bario, cromo, rubidio, zinc y uranio en los miembros Chacacuniza y Sapanuta; y de arsénico, estaño, rubidio, uranio y galio en los subvolcánicos Cayo Orco y Huaña, que superaron los valores promedios establecidos para la corteza continental. Cabe precisar que estos elementos se encuentran en la estructura mineral de las rocas frescas.

La composición geoquímica en la microcuenca Imaginamayu de las rocas volcánicas presentó valores de arsénico, berilio, estaño, molibdeno, zinc, rubidio, torio, uranio y galio que superaron los valores promedio de la corteza continental, lo cual se correlacionó con la asociación de minerales en condiciones félsicas.

La geoquímica de las rocas volcánicas del miembro Chacacuniza, en la microcuenca Quelcaya, indicó que los elementos arsénico, bario, cromo, estaño, rubidio, torio, uranio y galio superaron los valores promedio de la corteza continental.

Bibliografía

Ayala, E. (2008). *Estudio estructural del yacimiento epitermal Ag-Pb-Zn-Au de Corani* (Tesis de maestría). Universidad Politécnica de Madrid. España.

Clark, A.H., Farrar, E., Kontak, D.J., Langridge, R.J., Arenas, M.J., France, L.J., McBride, S.L., Woodman, P.L., Wasteneys, H.A., Sandeman, H.A. & Archibald, D.A. (1990). *Geologic and geochronologic constraints on the metallogenic evolution of the Andes of Southeastern Peru*. *Econ. Geol.*, 85, 1520-1583.

Chao A. y Jost L. (2012). *Coverage-based rarefaction and extrapolation: standardizing samples by completeness rather than size*. *Ecology*, 93, 2533–2547.

Convención Internacional sobre el Comercio de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (Cites). (2015). *Apéndices I, II y III*. <https://www.cites.org/sites/default/files/esp/app/2015/S-Appendices-2015-02-15.pdf>.

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

Convention on the Conservation of Migratory Species of Wild Animals (CMS). (2015). *Appendices I and II*. [Internet]. <http://www.cms.int/en/page/appendix-i-ii-cms>

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

Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico. (2016). *Manual de estándares de cartografía para la digitalización de los mapas geológicos CGN a escala 1:100 000*. Dirección de Geología Regional del Ingemmet. <http://www.ingemmet.gob.pe/bases-de-datos>.

Moreno C. E. (2001). *Métodos para medir la Biodiversidad*. 1era Edición. Manuales y Tesis. Editado por CYTED (Programa Iberoamericano de ciencia y Tecnología para el Desarrollo). Volumen 1: 83 pp.

Ferreyra R. (1944). *Revisión del género Onoseris*. *J. Arnold Arbor*. Vol. 25 n° 3, p. 349-395.

Ferreyra R. (1946). *A revision of the Peruvian species of Monnina (Polygalaceae)*. *J. Arnold Arbor*. Vol. 27, n° 2, p. 123-167.

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 para Agua*. Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM., Lima-Perú.

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

Molau U. (1990). *The genus Bartsia (Scrophulariaceae-Rhinanthoideae)*. Opera Bot. n° 102, p 1-99.

Mostacedo B. y Fredericksen T. S. (2000). *Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal*. Proyecto de Manejo Forestal Sostenible (BOLFOR). Santa Cruz –Bolivia, Ed. El País. 87 pp.

Oksasen J. (2011). *Multivariate analysis of ecological communities in R: vegan tutorial*. R package version 1.17-7. <http://vegan.r-forge.r-project.org/>.

Sagástegui, A. y Leiva, S. (1993). *Flora invasora de los cultivos del Perú*. 1nd ed. Trujillo, Editorial Libertad EIRL. 539 p.

Shannon C. E. (1948). *A Mathematical Theory of Communication*. Bell System Technical Journal 27 (3): 379-423.

Soberón J. & J. Llorente. (1993). *The use of species accumulation functions for the prediction of species richness*. Conservation biology, 7: 480-488.

Tovar O. (1993). *Las gramíneas (Poaceae) del Perú*. Ruizia. vol. 13, pp. 480.

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.

Base de datos

- Portal de Datos Abiertos.
<http://datosabiertos.oefa.gob.pe/dashboards/20539/evaluaciones-ambientales-tempranas-eat/>
- Repositorio de Ciencia y Tecnología del OEFA
<https://repositorio.oefa.gob.pe/handle/20.500.12788/108>

Evaluación Ambiental Temprana en el área de influencia del proyecto minero Corani Fission Energy.

Distrito de Corani, provincia de Carabaya, departamento de Puno, 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 ámbito de influencia del proyecto de exploración minera de Corani Fission durante los años 2017 y 2018, en el que se cuantificó la presencia de reservas de uranio existentes en el distrito de Corani, provincia de Carabaya, departamento de Puno. Para ello, se realizó un diagnóstico de la calidad ambiental mediante el muestreo de agua superficial y sedimentos en quebradas y manantiales; además, se realizaron estudios especializados como caracterización geológica e hidroquímica, evaluación de comunidades hidrobiológicas, flora y fauna, y determinación de niveles de fondo en suelos. La evaluación en quebradas y manantiales dio como resultado que las concentraciones de metales, en su mayoría, cumplieron con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua del 2008 y 2017, lo cual se reflejó en las comunidades hidrobiológicas que presentaron una calidad biológica buena. Adicionalmente, se realizó la clasificación hidroquímica mediante la aplicación del diagrama de Ficklin.

Respecto a la evaluación de flora silvestre en el área de estudio, se registraron 77 especies agrupadas en 24 familias botánicas y 52 géneros. Asimismo, en la evaluación de fauna se registró una especie de anfibio, el sapo (*Pleurodema marmoratum*) y una especie de reptil, la lagartija (*Liolaemus gr. Signifer*), las cuales no se encontraron en ninguna categoría de amenaza. La avifauna es típica de la zona altoandina, y la especie con mayor número de individuos fue el fringilo de pecho cenizo, con 22 ejemplares, seguido del carpintero andino, con 17 ejemplares. Por otro lado, en la evaluación de mamíferos silvestres se registraron dos especies de mamíferos mayores, pertenecientes al orden *Rodentia* y *Carnivora*, con mayor abundancia del *Rodentia*. Ninguna de estas especies se encontró en las listas de conservación nacional o internacional.

Con relación al nivel de fondo en suelos, las concentraciones de arsénico, bario, cromo, mercurio y plomo en las áreas evaluadas presentaron distribución espacial similar. Las mayores concentraciones se ubicaron en la parte central del área evaluada; mientras que para el cadmio, litio y uranio las mayores concentraciones se ubicaron en los extremos del área evaluada (próximos a las áreas de exploración). Cabe resaltar que el uranio presentó un comportamiento más homogéneo en comparación a los otros elementos.

Palabras clave: minería, uranio, Evaluación Ambiental Temprana, flora y fauna altoandina, nivel de fondo de suelos.

Abstract

OEFA, within the framework of the preventive principle of the evaluation function, carried out an Early Environmental Assessment (EAT) with citizen participation during the years 2017 and 2018, in the sphere of influence of the Corani Fission mining exploration project, in which the presence of existing uranium reserves in the Corani district, Carabaya province, Puno department was quantified. To do this, a diagnosis of environmental quality was carried out by sampling surface water and sediments in streams and springs; furthermore,

specialized studies were carried out such as geological and hydrochemical characterization, evaluation of hydrobiological communities, flora and fauna, and determination of background levels in soils. The results of the evaluation in streams and springs prove that the concentrations of metals mostly met the Environmental Quality Standards (ECA) for water of 2008 and 2017, which was reflected in the hydrobiological communities that presented a good biological quality. Furthermore, the hydrochemical classification was carried out by applying the Ficklin diagram.

Regarding the evaluation of wild flora in the study area, 77 species grouped in 24 botanical families and 52 genera were registered. Likewise, in the fauna evaluation, a species of amphibian, the toad (*Pleurodema marmoratum*) and a species of reptile, the lizard (*Liolaemus gr. Signifer*) were recorded, which were not found in any category of threat. The avifauna is typical of the high andean zone, the species with the highest number of individuals was the ash-chested fringil, with 22 specimens, followed by the andean woodpecker, with 17 specimens. On the other hand, in the evaluation of wild mammals, two species of larger mammals belonging to the order Rodentia and Carnivora were recorded, with a greater abundance of Rodentia. None of these species were found on the national or international conservation lists.

Regarding the background level in soils, the concentrations of arsenic, barium, chromium, mercury and lead in the evaluated areas had similar spatial distribution. The highest concentrations are located in the central part of the work area; while, for cadmium, lithium and uranium, the highest concentrations are located at the extremes of the search area (close to the exploration areas). It should be noted that uranium presented a more homogeneous behavior compared to the other elements.

Keywords: mining, Uranium, Early Environmental Assessment, high andean flora and fauna, bottom level of soils.

Equipo a cargo del estudio

Profesión	Equipo técnico
Biología	García Aragón, Francisco; Saldaña Alfaro, Diber; Cari Abril, Francis; Ríos García, Jhonny; Trinidad Patricio, Huber; Delgado Cornejo, Jackeline; Chunga Benavides, Dany; Ramos Matías, Pedro.
Química	Chuquisengo Picón, Llojan.
Ingeniería Química	Fajardo Vargas, Lázaro; Ancco Pichuilla, Luis.
Ingeniería Ambiental	Fernández Najarro, Jorge; Pinto Cieza, Lucila.
Ingeniería Geológica	Yanapa Huaquisto, Fray
Ingeniería en Recursos Naturales Renovables	Morga Castellanos, Ericka

Objetivo

Evaluar la calidad ambiental en el ámbito de influencia del proyecto Corani Fission para orientar el ejercicio de la fiscalización ambiental para la prevención de impactos ambientales negativos.

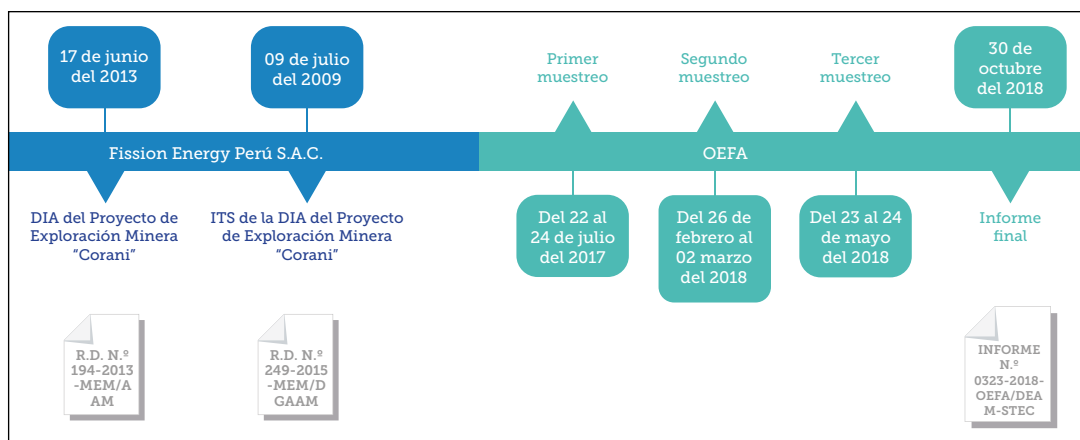
Antecedentes

El proyecto de exploración minera de Corani Fission (en adelante, proyecto Corani Fission) tiene como finalidad realizar trabajos de exploración que permitan cuantificar las reservas de uranio existentes en el área de las concesiones mineras de la empresa Fission Energy Perú S.A.C. ubicada en dos áreas específicas, definidas actualmente para dichas actividades. El alcance del proyecto comprende la perforación diamantina en un total de 20 plataformas de perforación y 11 trincheras, para lo cual se utilizarán dos equipos de perforación. Las plataformas se ubicarán en las concesiones mineras Suyupia 2004 B y Roca Muerto 2¹.

A efectos de la planificación de la EAT, se tomó como referencia la Declaración de Impacto Ambiental (DIA)² del Proyecto Corani Fission y el Informe Técnico Sustentatorio (ITS) de la DIA. Asimismo, se determinó que los puntos de toma de muestras estarían en la zona de influencia directa declarada en dicho Instrumento de Gestión Ambiental (IGA), comprendida sobre los terrenos de la Comunidad Campesina de Corani - Aconsaya, cercanos al límite distrital entre Olla Chea y Macusani, a una altitud comprendida entre los 4,200 y 4,800 m.s.n.m. Adicionalmente, con el apoyo de la ciudadanía del área de influencia directa, se realizó un monitoreo participativo.

Figura 1

Cronología de los IGA del proyecto de exploración minera Corani y monitoreo ambiental en el marco de la EAT.



1 Según el Primer Informe Técnico Sustentatorio de la Declaración de Impacto Ambiental del Proyecto de Exploración Minera Corani, 2015, aprobado mediante Resolución Directoral N°249-2015-MEM/DGAAM, el 19 de junio de 2015.
2 Aprobado mediante Resolución Directoral N° 194-2013-MEM/AAM, el 17 de junio de 2013.

Aspectos sociales

La EAT en el ámbito de influencia del proyecto Corani Fission contempló la participación ciudadana considerando lo establecido en el Reglamento de participación ciudadana aprobado por el OEFA³. Las etapas⁴ establecidas en dicho reglamento se desarrollaron entre junio del 2017 y mayo del 2018, e involucraron a los/as agentes sociales representantes de las comunidades campesinas de Corani – Aconsaya, de Quelcaya, y de Chacaconiza, los centros poblados de Chimboya e Isivilla, y las autoridades de las municipalidades del distrito Corani y de la provincia de Carabaya.

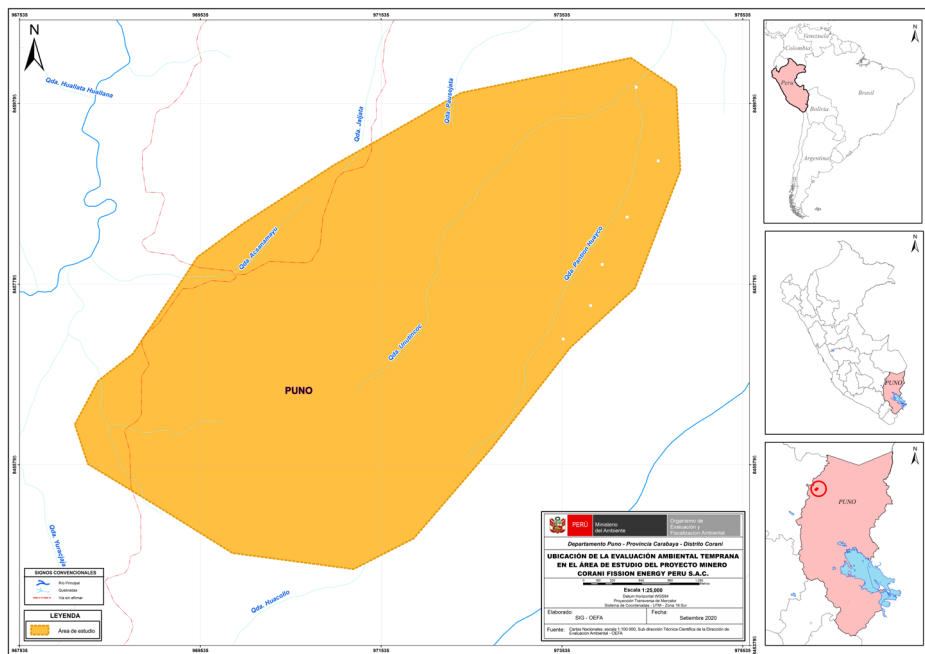
Es necesario mencionar que la información descrita es de suma importancia para la toma de decisiones de las entidades o autoridades competentes para la prevención de conflictos socioambientales y la generación de confianza en los actores sociales.

Área de estudio

El proyecto Corani Fission se encuentra ubicado en el distrito de Corani, provincia de Carabaya, departamento de Puno. Geográficamente, se localiza en la zona suroriental del Perú. El área del proyecto se emplaza en la cabecera de la vertiente del Atlántico. Los ríos que se encuentran en el área de influencia directa e indirecta ambiental del proyecto Corani forman parte de la cuenca del río San Gabán.

Figura 2

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



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

Período de estudio

El periodo de estudio de la EAT en el ámbito de influencia del proyecto Corani Fission inició con la etapa de coordinación previa con los/as agentes sociales durante la penúltima semana de junio del 2017, así como en la primera semana de febrero del 2018. Luego, se realizaron las etapas de convocatoria, inducciones y presentación del plan, en julio del 2017. La ejecución del monitoreo en época seca se realizó del 22 al 24 de julio del 2017; mientras que la ejecución en época de lluvia fue del 26 de febrero al 02 de marzo del 2018 y el 23 y 24 de mayo del 2018. La emisión del informe final fue el 30 de octubre del 2018⁵.

Tabla 1

Etapas de la EAT en el área de influencia del proyecto Corani Fission.

Etapa	2017	2018
Etapa preliminar: Visita de reconocimiento	Del 18 al 23 de junio del 2017	No aplica
Etapa 1: Coordinación previa con los/as agentes involucrados	Del 18 al 23 de junio del 2017	Del 31 de enero al 6 de febrero del 2018
Etapa 2: Convocatoria	Del 9 al 12 de julio del 2017	No aplica
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	Del 17 al 27 de julio del 2017	Del 15 al 26 del febrero de 2018 Del 14 al 25 de mayo de 2018
Etapa 7: Taller para la presentación de resultados	No aplica	No se realizó

Metodología

El muestreo de agua en época seca y época húmeda, de quebradas y manantiales, se realizó en julio del 2017 y febrero del 2018, respectivamente, considerando los lineamientos del Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales⁶. Los resultados fueron comparados con los valores establecidos en la Categoría 3 de los ECA para agua del 2008⁷ y 2017⁸. Asimismo, se realizó la clasificación hidroquímica mediante el diagrama de Ficklin, basada en el pH versus metales combinados (pesados), donde las aguas de mina pudieron ser clasificadas de acuerdo con el pH y contenido total de metales disueltos.

5 Aprobado mediante Informe final N° 323-2018-OEFA/DEAM-STEC.

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

7 Aprobado mediante Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, el 30 de julio de 2008.

8 Aprobado mediante Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, el 07 de junio de 2017.

La evaluación de sedimentos en las quebradas se enmarcó en el Procedimiento de Operación Estándar (SOP, por sus siglas en inglés) - Muestreo de Sedimento, de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos⁹ y los resultados fueron comparados referencialmente con la guía de calidad ambiental canadiense para sedimentos de aguas continentales¹⁰.

El muestreo de comunidades hidrobiológicas en época seca y época húmeda, en ríos, quebradas y manantiales, se realizó en julio del 2017 y febrero del 2018, considerando 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 continentales (Unmsm, 2014). Dicho análisis se basó en el cálculo de diferentes atributos de la comunidad, tales como composición, riqueza, abundancia e índices de diversidad alfa y beta. Asimismo, la calidad ecológica en los distintos sectores evaluados se realizó a través del Índice Biótico Andino (ABI, por sus siglas en inglés).

Para el muestreo de suelo se consideró el tipo, la capacidad de uso mayor de suelos y geología, el cual se realizó en julio del 2017 y mayo 2018, considerando las recomendaciones establecidas en la sección 1.3.3 (tipos de muestreo), sección 5 (determinación de puntos de muestreo) y el Anexo N° 2 de la Guía para muestreo de suelos¹¹. Para el estudio del nivel de fondo también se tomaron como referencia las secciones antes mencionadas de dicha guía.

La caracterización geológica se realizó en el área de influencia ambiental del proyecto. Los Puntos de Observación Geológica (POG) se ubicaron estratégicamente en la zona asociada a los componentes mineros proyectados, considerando los lineamientos del Manual de estándares de cartografía para la digitalización de los mapas geológicos de la Carta Geológica Nacional (CGN) a escala del Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico del Perú (Ingemmet, 2016). Los puntos de control geológico y el mapa de campo fueron georreferenciados y digitalizados para preparar el mapa geológico local. Además, se generaron secciones geológicas a escala 1:10 000, con la finalidad de entender el contexto geológico del subsuelo en zonas aledañas a los componentes mineros proyectados.

El Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal (Mostacedo y Fredericksen, 2000) y la Guía de inventario de la flora y vegetación del Ministerio del Ambiente (Minam, 2015)¹² fueron utilizados para la evaluación de flora silvestre, la cual se realizó en mayo del 2018; las muestras colectadas fueron analizadas en el Laboratorio de Florística del Museo de Historia Natural, mediante el uso de Claves¹³ especializadas como las de Ferreyra (1944 y 1946); Molau (1990); Sagástegui y Leiva (1993); Tovar (1993); entre otros.

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

10 Canadian Council of Minister of the Environmental, CCME (1999, actualizado en 2002).

11 Aprobada mediante Resolución Ministerial N° 085-2014-MINAM, el 31 de marzo de 2014.

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

13 Manual que facilita la identificación de especies.

La evaluación de fauna silvestre se realizó en mayo del 2018, en donde se utilizó la Guía de inventario de fauna silvestre¹⁴. Los puntos de muestreo se ubicaron tomando en cuenta la presencia de ecosistemas frágiles¹⁵, específicamente bofedales y hábitats aledaños, considerando la disposición de los componentes mineros propuestos en los IGA del proyecto Corani Fission y el riesgo de generación de impactos, a futuro, sobre los hábitats y/o formaciones vegetales producidos por las operaciones y actividades mineras.

Parámetros de comparación

Se presentan los parámetros evaluados en agua y suelo que fueron comparados con un ECA establecido en la legislación peruana y/o aprobados en el IGA, mientras que para sedimentos se compararon con la guía de calidad ambiental canadiense¹⁶.

Tabla 2

Parámetros evaluados durante la EAT durante los años 2017 y 2018.

Componente	Parámetro evaluado		Estandar de calidad
	Julio 2017 (época seca)	Febrero 2018 (época húmeda)	
Agua	<ul style="list-style-type: none"> • Sólidos suspendidos totales^a • DQO • Cloruros • Sulfatos • Carbonatos • Bicarbonatos • Mercurio total y disuelto • Metales totales (incluido uranio) y disueltos • Sulfuros • Nitrógeno Amoniacal^a • Nitratos • Nitrógeno Total kjeldahl • Sólidos totales disueltos^a 	<ul style="list-style-type: none"> • Carbonato • Bicarbonato • Cloruros • Metales disueltos • Metales totales (incluido uranio) • Sólidos totales disueltos • Sólidos suspendidos totales^a • Sulfatos 	<p>ECA para agua 2008^b</p> <p>ECA para agua 2017^c</p>
Suelo	<ul style="list-style-type: none"> • Mercurio • Arsénico • Bario • Cadmio 	<ul style="list-style-type: none"> • Cromo VI • Plomo • Cianuro libre 	ECA para suelo 2017
Sedimento	<ul style="list-style-type: none"> • Arsénico • Cadmio • Cobre 	<ul style="list-style-type: none"> • Mercurio • Plomo • Zinc 	Guía de calidad ambiental canadiense

^a Parámetros sin valor de comparación

^b Norma del instrumento de gestión ambiental

^c Norma vigente o referencial

14 Aprobado mediante Resolución Ministerial N° 057-2015-MINAM, el 19 de marzo de 2015.

15 Según la Ley General del Ambiente, Ley N° 28611. Título III Integración de la legislación ambiental, Capítulo 2. Conservación de la diversidad biológica. Artículo 99° De los ecosistemas frágiles.

16 Canadian Environmental Quality Guidelines (CEQG, 2012) – Sediment Quality Guidelines for freshwater.

Los demás componentes evaluados no cuentan con alguna norma de comparación porque son considerados con fines de caracterización y correlación. En ese sentido, se utilizó la normativa nacional sobre categorización de especies amenazadas de flora silvestre¹⁷, la Convención Internacional sobre el Comercio de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (Cites) del 2015 y la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, por sus siglas en inglés) del 2018.

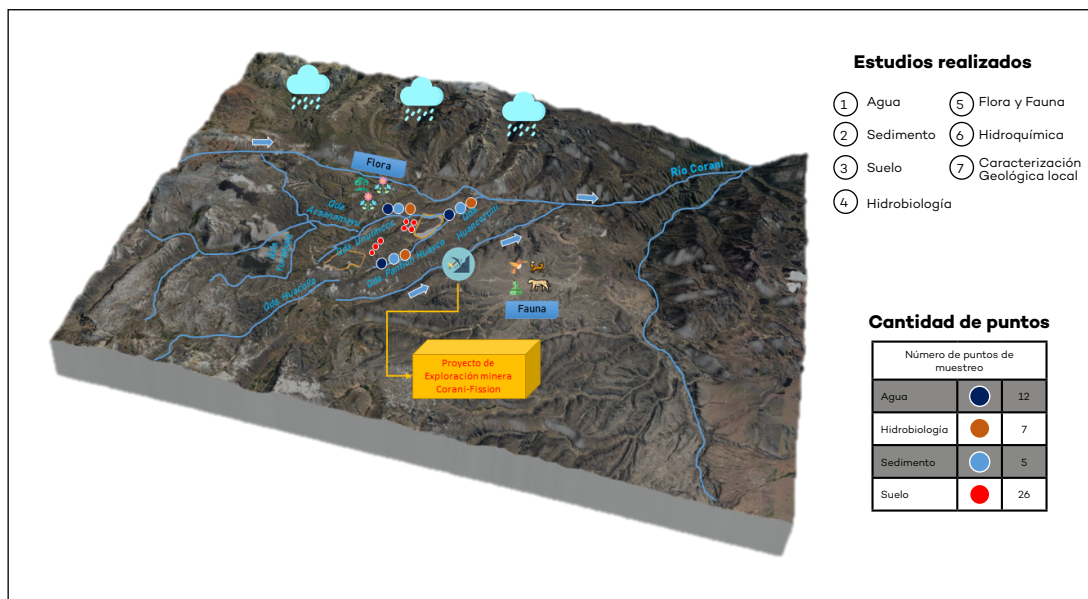
Resultados

Modelo conceptual

Se evaluó la calidad del agua superficial (quebradas y manantiales), sedimentos; y además se realizaron estudios especializados como la evaluación de comunidades hidrobiológicas, nivel de fondo, caracterización geológica, evaluación hidroquímica y evaluación de flora y fauna silvestre.

Figura 3

Modelo conceptual de la EAT realizada en el ámbito del proyecto Corani Fission.

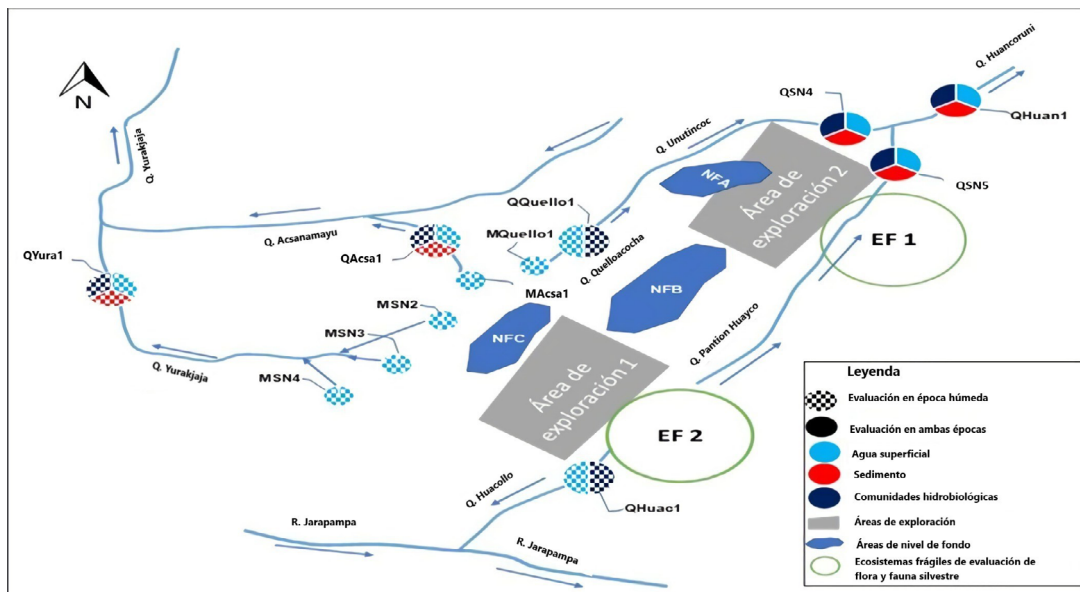


Calidad de agua, hidroquímica, hidrobiología y sedimentos

Los recursos hídricos evaluados comprenden las quebradas Unutincoc, Patión Huayco, Huancoruni, Acsanamayu, Yurakjaja, Quelloacocha y Huacollo, así como cinco manantiales que tributan a las quebradas mencionadas. Se evaluaron tres puntos en época seca y 12 puntos en época húmeda.

Figura 4

Distribución de puntos de muestreo en época húmeda y seca.



Fuente: DEAM-OEFA, 2018.

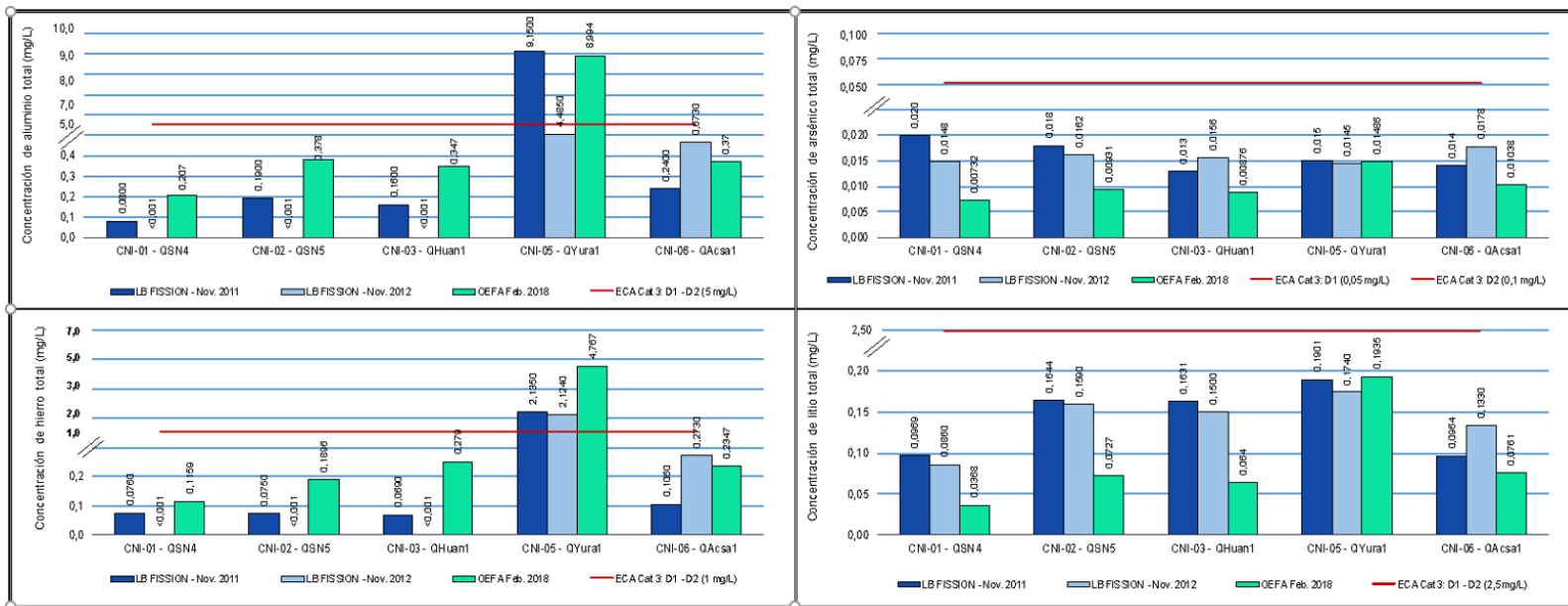
En la quebrada Huancoruni (QHuan1), formada por las quebradas Unutincoc (QSN4, MQuello1 y QQuello1¹⁸) y Patión Huayco (QSN5), evaluada en la época húmeda y seca, los parámetros evaluados cumplieron con los ECA para agua Cat3 del 2008, lo cual es similar a lo reportado en la línea base del IGA¹⁹ (ver Figura 5). Además, presentaron facies bicarbonatadas-sódicas (diagramas de Piper y Stiff), y según la clasificación de Ficklin, se clasificaron como casi neutras con baja concentración de metales.

18 MQuello1 y QQuello1: puntos evaluados solo en época húmeda.

19 Aprobada por R.D. N° 194-2013-MEM/AAM. Declaración de Impacto Ambiental (DIA) del Proyecto de Exploración Minera Corani, distrito de Corani, provincia de Carabaya, departamento de Puno.

Figura 5

Comparación de los resultados reportados por el OEFA con la línea de base respecto al aluminio, arsénico, hierro y plomo.



Fuente: DEAM-OEFA, 2018.

Con relación a la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en época húmeda, los puntos de muestreo HID-QQuello1, HID-QSN4 y HID-QHuan1 presentaron una calidad biológica, mientras que HID-QSN5 presentó una calidad biológica moderada; esto debido a que se registró una alta densidad de organismos de los órdenes *Plecoptera* y *Ephemeroptera* en los puntos de muestreo HID-Huan1, HID-QSN5 y HID-QSN4. Además, en estos puntos de muestreo el taxón *Claudioperla sp.* (orden *Plecoptera*) fue la especie de mayor densidad. Cabe precisar que los órdenes *Plecoptera* y *Ephemeroptera* comprenden taxones sensibles que son empleados como indicadores de buena calidad de agua (Roldán, 1996). La concentración de mercurio total en sedimento tomado en la quebrada Sin Nombre (QSN4) excedió referencialmente el valor del Nivel de Efecto Probable (PEL, por sus siglas en inglés) de la guía de calidad ambiental canadiense, únicamente para la época húmeda, sin tener influencia sobre el desarrollo de las comunidades hidrobiológicas en este punto.

En la quebrada Acsanamayu (QAcsa1) y en un manantial del mismo nombre (MAcsa1), los parámetros evaluados en época húmeda cumplieron con los ECA para agua Cat3, los cuales son similares a la línea base del IGA en el punto QAcsa1; los mismos que presentaron facies bicarbonatadas-sódicas y, de acuerdo con el diagrama de Ficklin, se clasificaron como casi neutras con baja concentración de metales. Con relación a la comunidad de macroinvertebrados bentónicos, en el punto de muestreo HID-QAcsa1 se presentó una calidad biológica moderada, con un predominio de organismos del taxón *Hyaella sp.* (*Amphipoda*).

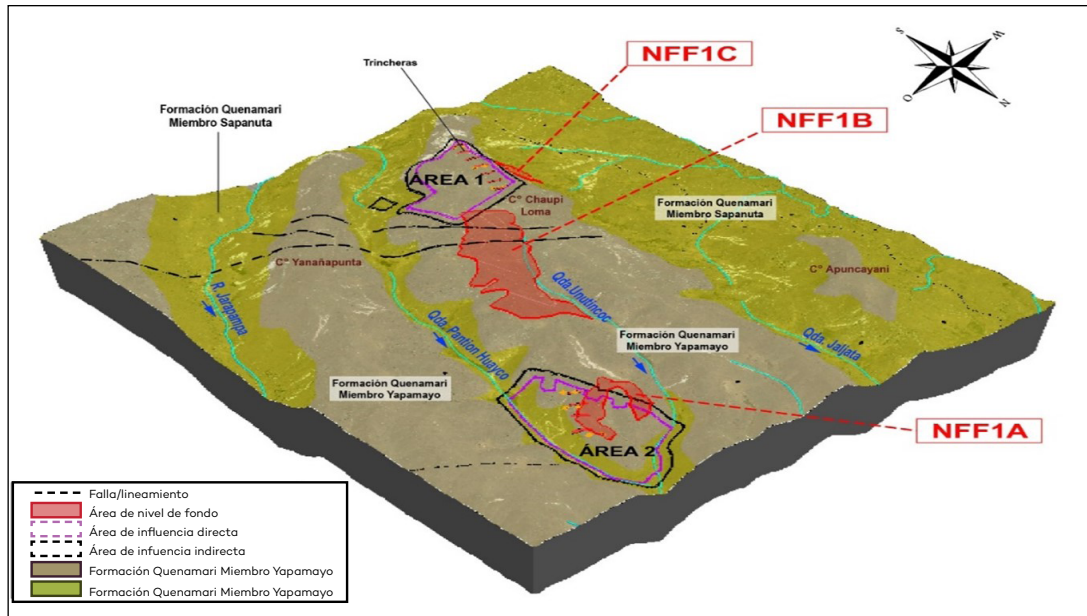
En la quebrada Yurakjaja (QYura1) y en los manantiales MSN2, MSN3 y MSN4 (ubicados en la formación Sapanuta), los parámetros evaluados en época húmeda cumplieron con los ECA para agua Cat3, a excepción del hierro y aluminio total en el punto QYura1, los cuales fueron similares a los de la línea base del IGA. Los cuatro puntos evaluados presentaron facies bicarbonatadas-sódicas, y según el diagrama de Ficklin se clasificaron como casi neutras con baja concentración de metales. Con relación a la comunidad de macroinvertebrados bentónicos, en el punto de muestreo HID-QYura1 se obtuvo una calidad biológica buena (índice ABI), debido a la presencia (aunque en bajas densidades) de taxones sensibles de los órdenes *Ephemeroptera*, *Plecoptera* y *Trichoptera*, indicadores de buena calidad de agua (Roldán, 1999).

Calidad de suelo

Con relación al nivel de fondo de suelos, se determinaron tres áreas a evaluar: NNF1A, NNF1B y NNF1C, ubicadas entre las áreas de exploración 1 y 2 (Figura 6). Los resultados del nivel de fondo fueron comparados referencialmente con los ECA para suelo de uso agrícola e industrial²⁰. Adicionalmente, se analizaron los resultados de uranio y litio, por tratarse de una zona mineralizada.

Figura 6

Ubicación de las áreas de nivel de fondo de suelos.



Las concentraciones de arsénico, bario, cromo, mercurio y plomo en las áreas evaluadas para la realización del nivel de fondo de suelos presentaron similar distribución espacial, donde las mayores concentraciones se ubicaron en la parte central del área evaluada, mientras que para el cadmio, litio y uranio las mayores concentraciones se ubicaron en los extremos del área evaluada (próximo a las áreas de exploración). Cabe resaltar que el uranio presentó un comportamiento más homogéneo en comparación a los otros elementos.

Caracterización geológica

Las áreas de exploración se establecieron en los cerros Chaupiloma y Pilliranepata; estas áreas se ubican sobre rocas volcánicas de la formación Quenamari, específicamente sobre los miembros Sapanuta y Yapamayo. La litología consiste en tobas riolíticas (composición félsica) que presentan mineralización de uranio en fosfatos, silicatos y vanadatos mediante rellenos de fracturas y diseminado en la matriz rocosa. La mineralogía principal de uranio consiste en autunita y presenta como mineral secundario a la meta-autunita. Respecto a la caracterización geológica, el proyecto de exploración minera Corani de Fission corresponde a un yacimiento de uranio asociado a rocas volcánicas félsicas de la formación Quenamari, específicamente a los miembros Sapanuta y Yapamayo (Rivera *et al.*, 2011).

El uranio se presenta de forma diseminada en la matriz de las tobas riolíticas, pero las anomalías mayores se presentan en venillas (> 1000 ppm). El *background* de uranio en estas rocas es de 25 ppm (Rivera *et al.*, 2011). Las unidades litoestratigráficas identificadas en el área de influencia del proyecto Corani Fission varían temporalmente desde el Triásico Medio-Jurásico Inferior (grupo Mitu²¹), Neógeno (formación Quenamari) y depósitos superficiales inconsolidados. La litología del grupo Mitu se ha dividido en dos secuencias, la secuencia inferior corresponde a areniscas y lutitas, y la secuencia superior se caracteriza por lavas andesíticas gris violáceas de textura porfídica. La formación Quenamari logra diferenciar tres miembros, a los cuales denomina Chacacuniza, Sapanuta y Yapamayo, en todos los casos corresponden a secuencias volcánicas félsicas de carácter peraluminoso. Los depósitos glaciares se refieren al material erosionado y depositado en forma de morrenas laterales y frontales que cubren a las rocas volcánicas e intrusivas (Cordillera Oriental), los cuales se observan en la margen izquierda de los ríos Chimboya y Corani. Este depósito está constituido por bloques polimícticos subangulosos y heterométricos englobados en matriz arenolimososa; mientras que los depósitos aluviales corresponden a sedimentos depositados en las terrazas del fondo de los valles, los cuales se ubican en la quebrada Pascamayú, río Chimboya y río Corani, y están constituidos por gravas polimícticas en matriz arenosa.

Evaluación de flora

Con relación a la flora silvestre, las 77 especies registradas representaron el 65 % de las especies mencionadas en la línea base del IGA, en el que se indican un total de 119 especies para el área de estudio. Cabe mencionar que el estudio realizado se enfocó principalmente en los bofedales como ecosistemas frágiles, siendo el área evaluada menor a la de la línea base del IGA.

En el bofedal EF 1 se registraron un total de 57 especies en las tres formaciones vegetales evaluadas, en las que el bofedal presentó 21 especies. Las especies con mayor abundancia relativa en el bofedal fueron *Calamagrostis brevifolia* y *Plantago tubulosa*, (25,3 y 14,1 %, respectivamente), especies propias de ambientes húmedos. Del total de especies en este ecosistema frágil, tres se encuentran en algún estado de conservación, entre ellas *Perezia coerulescens*, que está categorizada como vulnerable (VU) según la normativa nacional, y *Austrocylindropuntia lagopus*, categorizada como VU según la IUCN del 2018; mientras que en el bofedal EF2 se registró un total de 58 especies en las tres formaciones vegetales evaluadas, en las que el bofedal presentó 20 especies. Las especies con mayor abundancia relativa en el bofedal fueron *Calamagrostis brevifolia* y *Aciachne pulvinata* (con 18,8 y 14,4 % respectivamente), propias de ambientes húmedos. Del total de especies en este ecosistema, dos se encontraron en algún estado de conservación, *Perezia coerulescens*, categorizada como VU según la norma nacional, y *Myrosmodes paludosa*, presente en el Apéndice II del Cites del 2015.

21 El repositorio de unidades litoestratigráficas publicado por Ingemmet (2016), asigna al Grupo Mitu la edad de Pérmico-Triásico, sin embargo, dataciones en el sur del Perú de Reitsma *et al.*, (2010), Miskovic *et al.*, (2009) y Semperé *et al.*, (2002) le asignaron edades más recientes, correspondiente al Triásico Medio – Jurásico Inferior.

Evaluación de fauna

Para fauna silvestre fueron evaluados los grupos taxonómicos anfibios y reptiles, aves y mamíferos. Respecto a anfibios y reptiles, la composición y diversidad estuvo conformada por dos especies. Para anfibios se registró el sapo *Pleurodema marmoratum* (Figura 7 a), y en cuanto a los reptiles se registró a la lagartija *Liolaemus* gr. *Signifer* (Figura 7 b).

Figura 7

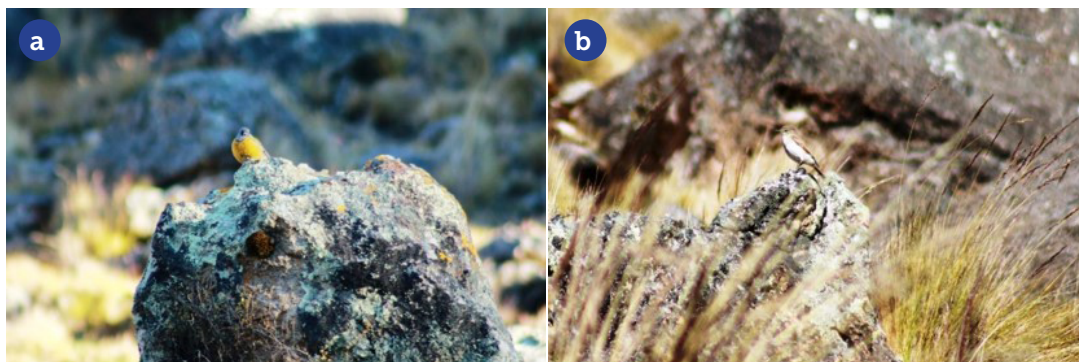
Especies de anfibios y reptiles registradas en el área de estudio de la EAT: a) *Pleurodema marmoratum*; b) *Liolaemus* gr. *Signifer*.



La avifauna presente en el área de estudio comprende un total de 20 especies, cuya composición es propia de la sierra suroeste del Perú, donde las familias con mayor representatividad son la *Thraupidae* (fringilos y espigueros), *Tyrannidae* (mosqueritos y arrieros) y *Fumariidae* (canasteros). La EAT permitió registrar 15 especies que no habían sido registradas en evaluaciones anteriores: *Gallinago andina*, *Attagis gayi*, *Thinocorus orbignyianus*, *Colaptes rupicola*, *Geositta tenuirostris*, *Upucerthia validirostris*, *Cinclodes albiventris*, *Muscisaxicola maculirostris*, *M. cinereus*, *M. griseus*, *Ochthoeca oenanthoides*, *Troglodytes aedon*, *Phrygilus punensis*, *P. plebejus* y *Sicalis uropygialis*, de las cuales ninguna se encuentra en las listas de conservación nacional o internacional. Algunas de estas especies se muestran en la Figura 8.

Figura 8

Especies de aves registradas en el área de estudio de la EAT: a) *Phrygilus punensis* (Fringilo peruano), b) *Muscisaxicola maculirostris* (Dormilona chica), c) *Upucerthia validirostris* (Bandurita de Jelski) y d) *Sicalis uropygialis* (Chirigüe de lomo brillante).





Con relación a los mamíferos silvestres, se registraron las especies vizcacha (*Lagidium peruanum*) y el zorrino o añás (*Conepatus chinga*) mediante los métodos de recorridos por transectos y cámaras trampa, en comparación con la línea base del IGA, en el que se reporta solamente a la vizcacha como especie silvestre (Figura 9).

Figura 9

Especies de mamíferos registrados en el área de estudio: a) Individuo vizcacha identificado por medio de recorridos, b) excavación de zorrino o añás identificado por medio de recorridos, c y d) registros de vizcacha en la cámara trampa FisMaCT-2.



Conclusiones

Los parámetros evaluados en la quebrada Huancoruni, formada por las quebradas Unutincoc y Pation Huayco, durante la época húmeda y seca cumplieron con los ECA para agua 2008. Además, presentaron facies bicarbonatadas-sódicas, y sus aguas se clasificaron como casi neutras con baja concentración de metales. Con relación a las comunidades de macroinvertebrados bentónicos en época húmeda, los puntos de muestreo ubicados en las quebradas Quelloacocha, Sin Nombre y Huancoruni (HID-QQuello1, HID-QSN4 y HID-QHuan1) presentaron una calidad biológica buena (Índice ABI); mientras que el punto HID-QSN5 presentó una calidad biológica moderada. Además, en estos puntos de muestreo el taxón *Claudioperla sp.* (orden *Plecoptera*) fue la especie de mayor densidad. Cabe precisar que los órdenes *Plecoptera* y *Ephemeroptera* comprenden taxones sensibles que son empleados como indicadores de buena calidad del agua. Asimismo, la concentración de mercurio en sedimentos en el punto ubicado en la quebrada Sin Nombre (QSN4) excedió en la época húmeda el valor referencial del Nivel de Efecto Probable de la norma canadiense.

En la quebrada Acsanamayu y manantial Acsanamayu los parámetros evaluados en época húmeda cumplieron con los ECA para agua Cat3 del 2008 y 2017, presentando facies bicarbonatadas-sódicas; y se clasificaron como casi neutras con baja concentración de metales. Con relación a la comunidad de macroinvertebrados bentónicos, en el punto de muestreo HID-QAcsa1 se presentó una calidad biológica ABI moderada, con un predominio de organismos del taxón *Hyaella sp.* (*Amphipoda*), que vive en aguas de corrientes y remansos de quebradas, asociado a materia orgánica en descomposición, donde forma densas poblaciones.

En la quebrada Yurakjaja y en tres manantiales (MSN2, MSN3 y MSN4), los parámetros evaluados en época húmeda cumplieron con los ECA para agua Cat3 2008, a excepción del hierro y aluminio total en el punto QYura1, que incumplieron este estándar, presentando facies bicarbonatadas-sódicas y se clasificaron como casi neutras con baja concentración de metales. Con relación a la comunidad de macroinvertebrados bentónicos, en la quebrada Yurakjaja se obtuvo una calidad biológica buena (índice ABI), debido a la presencia (aunque en bajas densidades) de taxones sensibles de los órdenes *Ephemeroptera*, *Plecoptera* y *Trichoptera*, los cuales son indicadores de buena calidad de agua. Asimismo, en sedimentos del punto QYura1 los parámetros evaluados no excedieron los valores de la norma canadiense.

En las áreas evaluadas para la determinación de los valores de nivel de fondo y referencia para suelos, se obtuvieron valores inferiores a los valores del ECA para suelo de uso agrícola e industrial. Asimismo, las concentraciones de arsénico, bario, cromo, mercurio y plomo presentaron similar distribución espacial. Las mayores concentraciones se ubicaron en la parte central del área evaluada, mientras que para el cadmio, litio y uranio las mayores concentraciones se ubican en los extremos del área evaluada (próximo a las áreas de exploración). Cabe resaltar que el uranio presentó un comportamiento más homogéneo en comparación a los otros elementos.

Referente a la caracterización geológica, las unidades litoestratigráficas identificadas en el área de influencia del proyecto de exploración minera Corani varían temporalmente desde el Triásico Medio-Jurásico Inferior (grupo Mitu), Neógeno (formación Quenamari) y depósitos superficiales inconsolidados. Estructuralmente no se observan fallas regionales, debido a la cobertura volcánica de la formación Quenamari; sin embargo, se observan fallas inferidas y lineamientos menores de dirección nor oeste y sur este que cortan de manera pseudoperpendicular a las quebradas y ríos.

En la evaluación de flora silvestre en el área de estudio se registraron 77 especies, agrupadas en 24 familias botánicas y 52 géneros, donde las familias más diversas fueron *Asteraceae* y *Poaceae*, y los géneros más diversos fueron *Calamagrostis* y *Senecio*. La vegetación de roquedal fue la formación con mayor riqueza, con 55 especies; seguida del césped de puna con 26 y, por último, bofedal, con 25. Del total de especies en el área de estudio, se registraron tres especies en estado de conservación (*Perezia coerulescens*, *Austrocyllindropuntia lagopus* y *Myrosmodes paludosa*).

En la evaluación de fauna referente a reptiles y anfibios, se registró una especie de anfibio del orden Anura, el sapo (*Pleurodema marmoratum*), y una especie de reptil del orden *Squamata*, la lagartija (*Liolaemus gr. Signifer*), las cuales no se encuentran en ninguna categoría de amenaza. El tipo de hábitat más diverso fue el de césped de puna, del cual se registraron dos especies (un anfibio y un reptil), seguido del hábitat de roquedal, en el que se registró la mayor abundancia para la lagartija. Asimismo, en el hábitat bofedal no se registró ninguna especie al momento de la evaluación.

La avifauna es típica de la zona altoandina, y se registró 20 especies pertenecientes a nueve familias y cuatro órdenes, de las cuales 15 especies son nuevos registros en el área de estudio. Del mismo modo, 16 son de ambientes terrestres y cuatro de ambientes acuáticos. La especie con mayor número de individuos fue el Fringilo de pecho cenizo, con 22 ejemplares, seguido del Carpintero andino, con 17 ejemplares. Por otro lado, con referencia a los mamíferos silvestres, se registró un total de dos especies de mamíferos mayores pertenecientes al orden *Rodentia* y *Carnivora*, siendo el orden *Rodentia* el de mayor abundancia. Ninguna de estas especies se encuentra en las listas de conservación nacional o internacional.

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.

Convención Internacional sobre el Comercio de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (Cites). (2017). *Apéndices I, II y III*. 46 pp. En vigor a partir del 4 de octubre del 2017.

Ferreyra R. (1944). *Revisión del género Onoseris*. J. Arnold Arbor. Vol. 25 n° 3, p. 349-395.

Ferreyra R. (1946). *A revision of the Peruvian species of Monnina (Polygalaceae)*. J. Arnold Arbor. Vol. 27, n° 2, p. 123-167.

Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico. (2016). *Manual de estándares de cartografía para la digitalización de los mapas geológicos CGN a escala 1:100 000*. Dirección de Geología Regional. <http://www.ingemmet.gob.pe/bases-de-datos>.

Ministerio del Ambiente (2008). *Estándares de Calidad Ambiental*. Decreto Supremo N° 002-2008-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.

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

Molau, U. (1990). *The genus Bartsia (Scrophulariaceae-Rhinanthoideae)*. Opera Bot. N° 102, p 1-99.

Mostacedo B. y Fredericksen T. S. (2000). *Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal*. Proyecto de Manejo Forestal Sostenible (BOLFOR). Santa Cruz- Bolivia, Ed. El País. 87 pp.

Rivera, R., Condori, N. y Valencia, J. (2011). *Metalogenia del Uranio en las regiones de Cusco y Puno*. Boletín N.º 23, serie B, Instituto geológico, minero y metalúrgico-Ingemmet.

Roldán. G. (1996). *Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia*. FEN-Colombia, COLCIENCIAS - Universidad de Antioquia, Medellín. 217 pp.

Roldán, G. (1999). *Los Macroinvertebrados y su valor como indicadores de la calidad del agua*. Departamento de Biología. Universidad de Antioquia, Medellín - Colombia.

Sagástegui, A. y Leiva, S. (1993). *Flora invasora de los cultivos del Perú*. 1nd ed. Trujillo, Editorial Libertad EIRL. 539 p.

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.

Tovar O. (1993). *Las gramíneas (Poaceae) del Perú*. Ruizia. Vol. 13, pp. 480.

Base de datos

- Portal de Datos Abiertos.
<http://datosabiertos.oefa.gob.pe/dashboards/20539/evaluaciones-ambientales-tempranas-eat/>
- Repositorio de Ciencia y Tecnología del OEFA
<https://repositorio.oefa.gob.pe/handle/20.500.12788/114>

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

Distrito de La Encañada, provincia y departamento de Cajamarca, Perú (2018 - 2019)

Resumen

El Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA), en el marco de la función de evaluación, realizó la Evaluación Ambiental Temprana (EAT) en el área de influencia del proyecto minero Michiquillay ubicado en el distrito de La Encañada, provincia y departamento de Cajamarca, Perú. El área de estudio incluyó las microcuencas del río La Encañada (confluencia de los ríos Challhuamayo y Quinuamayo) y de las quebradas Chanche, Cotocuna y Yanacocha. Se realizaron evaluaciones de reconocimiento en el año 2018 y de monitoreo ambiental en temporadas de avenida y estiaje durante el 2019.

Se tomaron muestras de agua superficial en ríos, quebradas, bofedales y lagunas; en agua subterránea de afloramientos y piezómetros; en agua residual industrial, sedimentos y comunidades hidrobiológicas. Asimismo, se realizaron estudios especializados de caracterización geológica, evaluación de flora y fauna, determinación de los valores de nivel de fondo y de referencia para metales y metaloides de los diferentes tipos de suelo, además de ruido ambiental y del diagnóstico de la situación comunitaria.

Los manantiales, quebradas y ríos evaluados de la microcuenca La Encañada presentaron en su mayoría facies bicarbonatadas cálcicas y con bajo contenido de metales en agua, excepto por el cobre y manganeso en algunos puntos de la microcuenca. La microcuenca Yanacocha presentó facies sulfatadas cálcicas y bicarbonatadas cálcicas, además de bajo contenido de metales en agua. La microcuenca Chanche presentó en su mayoría facies bicarbonatadas cálcicas con bajas concentraciones de metales en agua, y la microcuenca Cotocuna también presentó facies bicarbonatadas cálcicas y registró bajas concentraciones de metales en agua. En relación a las lagunas del área de estudio, se registraron altas concentraciones de metales en sedimentos como arsénico, cadmio, cobre, mercurio, plomo y zinc; mientras que los bofedales se mostraron conservados y con pH ácido, característico de estos ecosistemas. La diversidad hidrobiológica fluctuó en ríos y quebradas entre media y alta; y la flora y fauna también presentó alta diversidad, registrándose especies endémicas y categorizadas en el área de estudio.

Palabras clave: minería, Evaluación Ambiental Temprana, hidroquímica, sedimentos, hidrobiología.

Abstract

The Environmental Assessment and Enforcement Agency (OEFA) carried out the Early Environmental Assessment (EAT) in the area of influence of the Michiquillay mining project, located in the district of La Encañada, province and department of Cajamarca, Perú. The study area included the micro-basins of the La Encañada river (confluence of the Challhuamayo and Quinuamayo rivers) and the Chanche, Cotocuna and Yanacocha streams. Reconnaissance evaluations were carried out in 2018 and environmental monitoring in flood and low water seasons during 2019.

Surface water samples were taken in rivers, streams, wetlands and lagoons; in groundwater from outcrops and piezometers; in industrial wastewater, sediments

and hydrobiological communities. Likewise, specialized studies of geological characterization, flora and fauna evaluation, determination of the background and reference level values for metals and metalloids of the different types of soil, as well as environmental noise and the diagnosis of the community situation were carried out.

The springs, streams and rivers evaluated in the La Encañada micro-basin presented mostly calcium bicarbonate facies with low content of metals in water, except for copper and manganese in some points of the micro-basin. The Yanacocha micro-basin presented calcium sulphated and calcium bicarbonate facies, as well as a low content of metals in water. The Chanche micro-basin presented mostly calcium bicarbonate facies with low concentrations of metals in water. The Cotocuna micro-basin also presented calcium bicarbonate facies and registered low concentrations of metals in water. In relation to the lagoons in the study area, high concentrations of metals were recorded in sediments such as arsenic, cadmium, copper, mercury, lead and zinc; while the wetlands were conserved and with an acid pH characteristic of these ecosystems. The hydrobiological diversity in rivers and streams fluctuated between medium and high; the flora and fauna also presented high diversity, registering endemic and categorized species in the study area.

Keywords: mining, Early Environmental Assessment, hydrochemistry, sediments, hydrobiology.

Equipo a cargo del estudio

Profesión	Equipo técnico
Biología	García Aragón, Francisco; Álvarez Tejada, Jorge; Sajamí Reymundo, Janet; Rimarachín Chin, Vania; Trinidad Patricio, Huber; Cáceres Muña, Alex; Delgado Cornejo, Jackeline; Escobedo Torres, Mario; Rivas Mogollón, Emil
Química	Fajardo Vargas, Lázaro; Ancco Pichuilla, Luis
Ingeniería Química	Fajardo Vargas, Lázaro; Ancco Pichuilla, Luis.
Ingeniería Ambiental	Ocas Rumay, Heber
Ingeniería Geológica	Pechuga Melgar, Jacqueline

Objetivo

Evaluar la calidad ambiental en el área de influencia del proyecto minero Michiquillay para orientar el ejercicio de la fiscalización ambiental para la prevención de impactos ambientales negativos.

Antecedentes

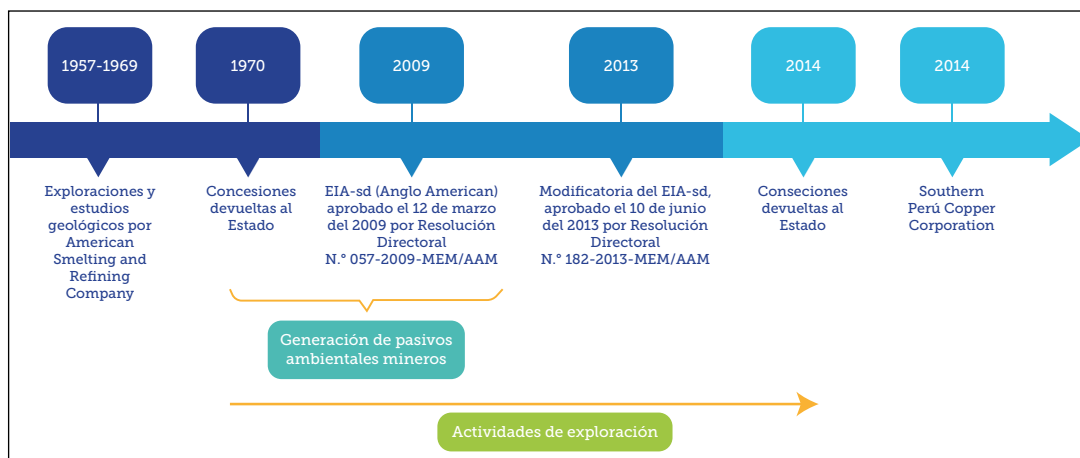
El proyecto minero Michiquillay, a cargo de la empresa minera Southern Perú Copper Corporation, sucursal del Perú, está ubicado en el distrito de La Encañada, provincia y departamento de Cajamarca. El denuncia del yacimiento Michiquillay se remonta

al año 1957, y posteriormente se realizaron exploraciones y estudios geológicos, hasta 1969, por American Smelting And Refining Company (Asarco). En 1970, las concesiones se revierten al Estado, y luego, mediante una cooperación con el gobierno japonés, continuaron las investigaciones, construyendo galerías, chimeneas y una planta piloto para el tratamiento de 100 TM/día. Estas investigaciones realizadas en el área del proyecto generaron pasivos ambientales mineros¹.

En el 2005, el Estado peruano, a través de Pro Inversión, anunció la privatización de las concesiones, cuya licitación fue ganada por la empresa minera Anglo American en abril de 2007, que presentó un Estudio de Impacto Ambiental semidetallado (EIA-sd) en el 2009 y una modificatoria en el 2013 y ejecutó 77 plataformas de perforación, tres accesos y un depósito de material excedente. En diciembre de 2014 las concesiones fueron devueltas al Estado. En febrero de 2018, Pro Inversión adjudicó el proyecto Michiquillay a la empresa Southern Perú Copper Corporation.

Figura 1

Cronología de antecedentes de la EAT en el ámbito de influencia del proyecto minero Michiquillay.



Aspectos sociales

La EAT en el área de influencia del proyecto minero se realizó en el marco de un proceso de participación ciudadana, contemplando a las comunidades campesinas (CC) de Michiquillay y La Encañada, las cuales están organizadas por sectores y caseríos: la CC Michiquillay está conformada por 11 sectores y un Anexo; y la CC La Encañada por cuatro caseríos y un Anexo.

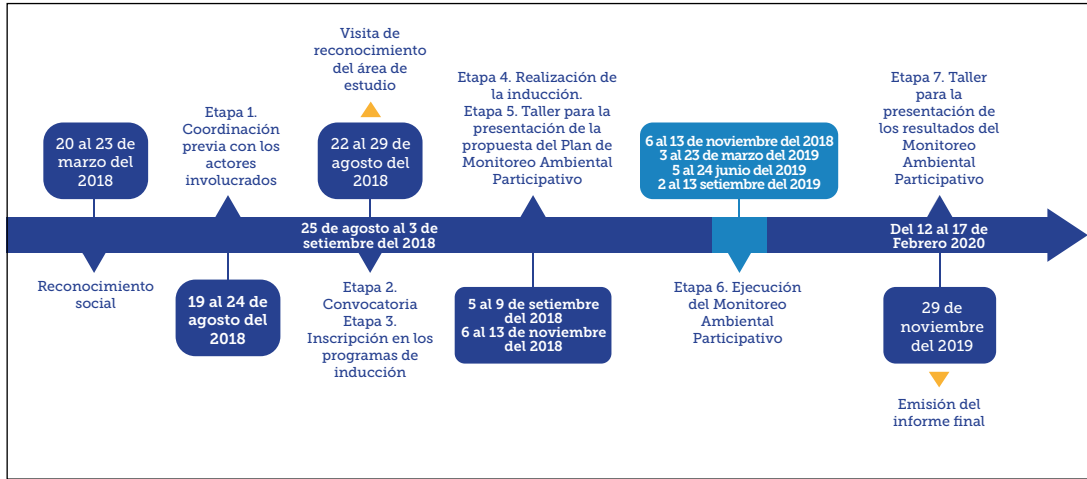
Se implementaron las siete etapas del Reglamento de participación ciudadana aprobado por el OEFA² en el 2014 y modificado en el 2016, las cuales se desarrollaron desde el 20 de marzo del 2018 al 29 de noviembre de 2019.

1 Actualizan Inventario Inicial de Pasivos Ambientales Mineros, mediante Resolución Ministerial N° 010-2019-EM/DM.

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

Figura 2

Periodo de estudio de la EAT en el área de influencia del proyecto minero Michiquillay.

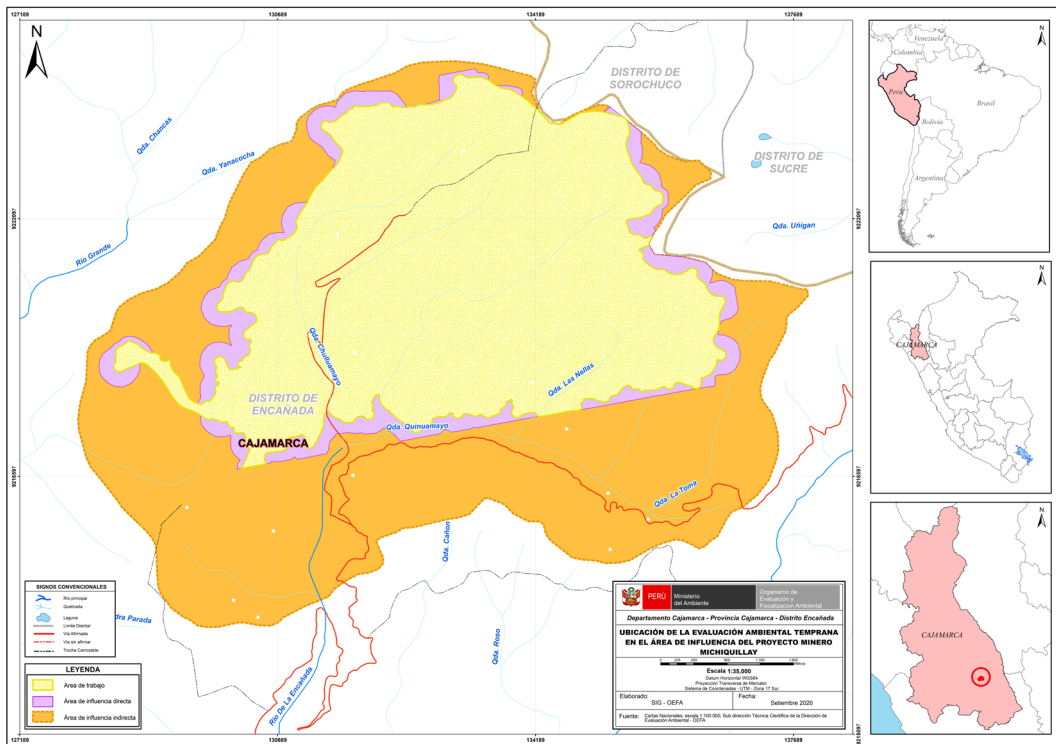


Área de estudio

La EAT se realizó en el ámbito de influencia del proyecto minero Michiquillay, ubicado en el distrito de La Encañada, provincia y departamento de Cajamarca, sobre terrenos de las comunidades campesinas Michiquillay y La Encañada. El área contempla las microcuencas del río La Encañada (confluencia de los ríos Challhuamayo y Quinuamayo) y de las quebradas Chanche, Cotocuna y Yanacocha. Las microcuencas del río La Encañada y la quebrada Yanacocha se localizan al noreste de la cuenca Crisnejas, mientras que las microcuencas Chanche y Cotocuna se localizan en la Intercuenca Alto Marañón IV. La microcuenca La Encañada comprende las unidades hidrográficas menores conformadas por los ríos Seco, Michiquillay, Challhuamayo, y las quebradas Quishque-Quinuayoc, Las Nellas, Jatunsacha y La Toma (las tres últimas quebradas confluyen por la margen derecha con el río Quinuamayo); Chanche comprende a las quebradas El Carbón, El Lago, Luchocolpana y La Boya; Cotocuna comprende las quebradas sin nombre y Vigón; y Yanacocha incluye la quebrada del mismo nombre (Figura 2).

Figura 3

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



Período de estudio

El periodo de estudio de la EAT inició con la etapa de coordinación previa con los/as agentes sociales, el 20 de marzo de 2018, hasta la emisión del informe final N° 313-2019-OEFA/DEAM-STEC, el 29 de noviembre de 2019.

Metodología

La colecta de muestras de agua se realizó en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio). Para el monitoreo de agua superficial y afloramientos de agua subterránea se utilizaron las siguientes guías: el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales, de la Autoridad Nacional del Agua (ANA, 2016)³, el Manual de Hidrometría del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (Senamhi, 2016), la Guía de Prácticas Hidrológicas de la Organización Meteorológica Mundial (OMM, 2011)⁴, el Manual de Buenas Prácticas en la Investigación de Sitios Contaminados y Muestreo de Aguas Subterráneas del Ministerio del Ambiente (Minam, 2016) y el Manual de Campo Nacional para la Colecta de Muestras de Calidad de Agua de Estados Unidos de América (USGS, 2015)⁵.

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

4 Organización Meteorológica Mundial, N° 168

5 Servicio Geológico de los Estados Unidos de América, 2015.

Para el monitoreo del agua residual industrial se tuvo como referencia el Protocolo de Monitoreo de Calidad de Agua del Ministerio de Energía y Minas (Minem, 1994)⁶, y se evaluaron 45 puntos en ríos y quebradas, nueve puntos en bofedales, 24 puntos en lagunas, 48 puntos en manantiales, dos piezómetros, cinco puntos de agua residual industrial y 24 puntos de sedimentos.

Respecto a los parámetros considerados, se tomó *in situ* la temperatura, el potencial hidrógeno (pH), la conductividad eléctrica, el oxígeno disuelto, la turbidez, el Potencial de Óxido Reducción (ORP, por sus siglas en inglés) y el caudal, este último parámetro sólo fue medido en ríos, quebradas y manantiales. Además, se analizaron los parámetros relacionados con las actividades de explotación de yacimientos mineros polimetálicos, y los contemplados en los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua del 2017⁷ para las categorías correspondientes a los cuerpos de agua ubicados en el área de estudio. Los parámetros considerados en piezómetros y agua residual industrial fueron seleccionados en referencia a las actividades de cierre del pasivo ambiental minero, fuente generadora y parámetros de control para establecer relaciones hidroquímicas.

Las referencias para el muestreo de sedimentos fueron el Manual Técnico, Métodos para Colección, Almacenamiento y Manipulación de Sedimento para Análisis Químicos y Toxicológicos (EPA, 2001) y Muestreo de Sedimento de Estados Unidos de América (EPA, 2003). Para el análisis se consideraron los parámetros pH, metales totales, incluido mercurio, análisis granulométrico, sulfatos y materia orgánica.

El muestreo de las comunidades hidrobiológicas fue realizado tomando en cuenta lo establecido 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). Con los resultados de las comunidades hidrobiológicas se determinó la composición, riqueza y abundancia, índice de diversidad alfa y beta y calidad ecológica. En el caso del necton sólo se consideraron la composición, riqueza y abundancia, debido a que sólo fueron reportados en algunos cuerpos de agua. Las comunidades hidrobiológicas (macroinvertebrados bentónicos y perifiton) sólo fueron consideradas en ríos, quebradas y bofedales, mientras que en lagunas se consideraron macroinvertebrados bentónicos y plancton. También se determinó la calidad ecológica a través del Índice Biótico Andino (ABI, por sus siglas en inglés), propuesto por Acosta et al. (2009).

Para el monitoreo del ruido se utilizó lo establecido en el Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido⁸, y se evaluaron siete puntos durante la temporada de estiaje en el distrito de La Encañada.

Para la caracterización hidroquímica del agua superficial se elaboraron los diagramas Stiff y Piper, que permitieron describir a 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. El procesamiento de los diagramas hidroquímicos se realizó mediante softwares libres.

6 Aprobado mediante Resolución Directoral N° 004-94-EM/DGAA, el 2 de marzo de 1994.

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

8 Aprobado mediante Decreto Supremo N° 085-2003-PCM, el 30 de octubre de 2003.

Parámetros de comparación

Se presentan los parámetros evaluados en agua, sedimentos, ruido y suelo que fueron comparados con el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) establecido en la legislación peruana y/o aprobados en el Instrumento de Gestión Ambiental (IGA). Los demás componentes evaluados no presentan ninguna norma de comparación porque son considerados con fines de caracterización y correlación.

Tabla 1

Parámetros de comparación de agua, sedimentos, ruido y suelo.

Componente	Parámetro	ECA o norma de referencia
Agua superficial	Metales totales + mercurio (Hg), Metales disueltos + mercurio (Hg), Demanda bioquímica de oxígeno (DBO), Demanda química de oxígeno (DQO), Sulfatos, Cloruros, Carbonatos, Bicarbonatos, Nitratos, Silicatos, Fosfatos, Nitrógeno total, Carbono orgánico total, Nitrógeno amoniacal, Sólidos totales disueltos (STD), Sólidos totales suspendidos (STS), Aceites y grasas	ECA para agua del 2017.
Agua subterránea	Metales totales + mercurio (Hg), Metales disueltos + mercurio (Hg), Sulfatos, Cloruros, Carbonatos, Bicarbonatos, Nitratos, Silicatos, Fosfatos, Sólidos totales disueltos (STD), Sólidos totales suspendidos (STS).	ECA para agua del 2017
Agua residual industrial	Metales totales + mercurio (Hg), Metales disueltos + mercurio (Hg), Sulfatos, Cloruros, Carbonatos, Bicarbonatos, Nitratos, Silicatos, Fosfatos, Sólidos totales disueltos (STD).	Límites Máximos Permisibles (LMP) para la descarga de efluentes líquidos de actividades minero metalúrgicas ^a
Sedimentos	pH, Metales totales incluido mercurio, Análisis granulométrico, Sulfatos, Materia orgánica.	Guía de calidad ambiental de Canadá ^b
Ruido	Niveles de presión sonora.	ECA para ruido
Suelo	Incluye análisis físico químicos (Carbonato de calcio, conductividad, materia orgánica, pH, fósforo y potasio disponible), cationes cambiables (Capacidad de intercambio catiónico, Al ⁺⁺⁺ +H ⁺ , Ca ⁺² , K ⁺ , Mg ⁺² , Na ⁺), y clase textural	ECA para suelo de uso agrícola ^c

^a Aprobado mediante Decreto Supremo N° 010-2010-MINAM, el 20 de agosto de 2010.

^b Guía de calidad ambiental de Canadá (Canadian Environmental Quality Guidelines, CEQG), 2014. Establece dos valores y un rango: ISQG (Interim Sediment Quality Guidelines – Guías para calidad de sedimentos interinos, el cual es el límite por debajo del cual ocurre rara vez efectos biológicos adversos sobre los ecosistemas acuáticos) y el PEL (Probable Effect Level – Nivel de Efecto Probable, el cual es el límite por encima del cual ocurren frecuentemente efectos biológicos adversos sobre los ecosistemas acuáticos).

^c Aprobado mediante Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM.

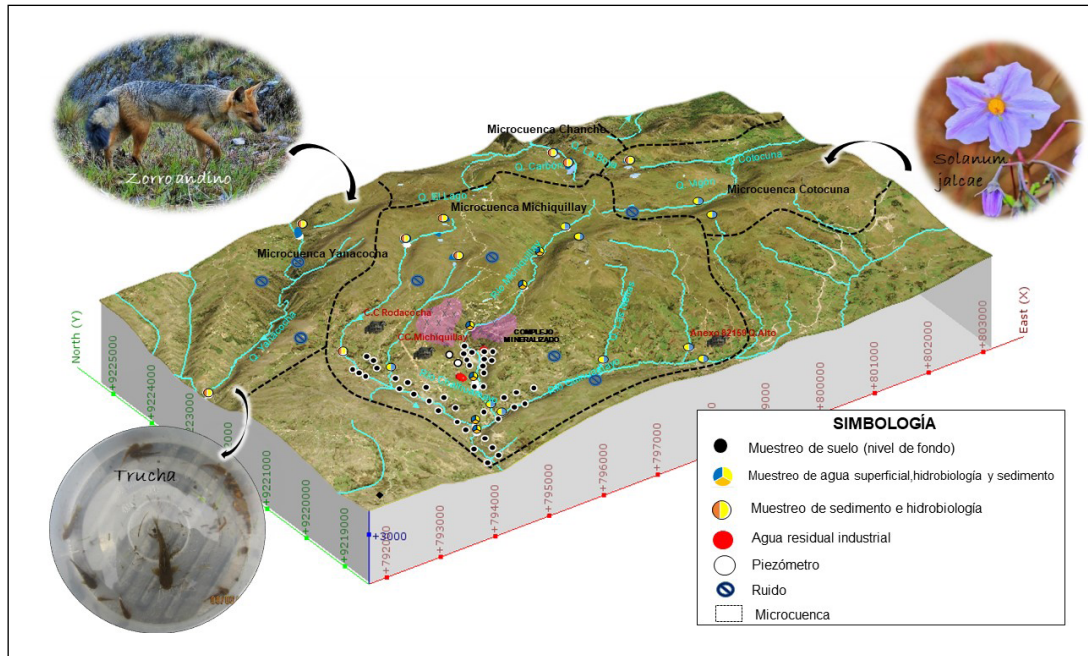
Resultados

Modelo conceptual

La EAT se realizó en las microcuencas Yanacocha, Chanche, Cotocuna y La Encañada. Esta última se subdividió en cuatro secciones para facilitar la evaluación.

Figura 4

Modelo conceptual de la EAT del ámbito de influencia del proyecto de exploración minera Michiquillay.



Calidad de agua

La siguiente tabla muestra los parámetros fisicoquímicos que se reportaron fuera del rango establecido o superaron la normativa nacional o de referencia en las diferentes matrices de ríos y quebradas, bofedales, lagunas, manantiales, agua subterránea, sedimento y agua residual industrial.

Tabla 2

Parámetros que superaron la normativa ambiental en las diferentes matrices evaluadas

Matriz	Cuerpo receptor	Código de punto de muestreo	Parámetros	
			Avenida (mar-19)	Estiaje (jun-19)
Ríos y quebradas ^a	Quebrada Cochechorral	QCoch1	pH	pH
	Quebrada Los Agujeros	QLAgu1		
		QLAgu2		
		Q.Tr.LAgu1		
		Q.Tr.LAgu2		
	Río Michiquillay	RMich6	Cobre (Cu)	pH, Cu
		RMich4	-	pH
		RMich5	Cu	pH, Cu
	Quebrada Quishque	QQuish1	pH	-
		QQuish2	pH	pH
	Río Seco	RSeco1	Manganeso (Mn)	-
	Quebrada Carbón	QCarb1	pH	pH
	Quebrada El Lago	QELag	Mn	pH
	Río La Encañada	REnc	-	Cu
	Río Quinuamayo	RQuin8	-	pH, Cu
RQuin6		-	pH	
Quebrada Challhuamayo	RChal1	-		
Quebrada Yanacocha	QYana3	-		
Quebrada Chanche	QChan	-		
Quebrada Carbón	QCarb2	-		
Bofedales ^a	Bofedal - Tarucacocha	HBof-1b	pH, Nitrógeno total	pH, Nitrógeno total, Fósforo total
		HBof-2b		Oxígeno disuelto, pH, Nitrógeno total
	Bofedal - Río Michiquillay	HBof-3	pH	pH
		HBof-5	-	
		HBof-6	pH	
		HBof-7	-	Oxígeno disuelto, pH
	Bofedal - Quebrada Oxa Segana	HBof-8	pH	pH
HBof-9		Oxígeno disuelto	-	
Lagunas ^b	Laguna Cochechorral	LCoch1	pH, Nitrógeno total	pH, Nitrógeno total
		LCoch2		

Matriz	Cuerpo receptor	Código de punto de muestreo	Parámetros			
			Avenida (mar-19)	Estiaje (jun-19)		
Lagunas ^b	Laguna Brava 1	LBrav1	pH, Nitrógeno total	Nitrógeno total		
		LBrav2				
	Laguna Brava 2	LBrav3		pH, Nitrógeno total	pH, Nitrógeno total	
		LBrav4			Nitrógeno total	
	Laguna Caballero	LCaba1			Nitrógeno total	-
		LCaba2				
	Laguna Huachacocha	LHuac1				Nitrógeno total
	Laguna La Arena	LLAren1				
	Laguna Señoracocha	LSCoch1				
		LSCoch2				
	Laguna Lipiac	LLipi1	pH, Nitrógeno total			
	Laguna Tarucacocha	LTaru1	Nitrógeno total			
		LTaru2		pH, Nitrógeno total		
		LTaru3		Nitrógeno total		
		LTaru4		pH, Nitrógeno total		
		LTaru5		Nitrógeno total		
	Laguna La Boya Monte Redondo	LBoy1	pH, Nitrógeno total, Cu, plomo (Pb)	pH, Nitrógeno total		
		LBoy2	pH, Nitrógeno total, Cu, Pb			
	Laguna La Boya	LBoy3	pH, Nitrógeno total	Nitrógeno total		
		LBoy4	Nitrógeno total			
Laguna El Carbón	LCarb1	pH	pH, Nitrógeno total			
	LCarb2					
Manantiales ^a	Quebrada Primera	FMana1	pH	pH pH pH		
	Quebrada La Toma	AFPCum1				
		AFPCum2	-			
	Quebrada Jatunsacha	AFJavier	pH	pH		
	Quebrada La Toma	AFLmin1		-		
	Quebrada Jatunsacha	AFVuelt	-	pH		
		AFQuinB1	pH			
AFPaccha2						

Matriz	Cuerpo receptor	Código de punto de muestreo	Parámetros		
			Avenida (mar-19)	Estiaje (jun-19)	
Manantiales ^a	Quebrada Cochecorral	AFCocho2	pH	pH	
		AFCocho1		-	
		AFPamPm			
		AFCocho3			
	Quebrada Los Agujeros	AFMaMaq		pH	
	Río Quinuayoc	MPuqui4			
	Río Michiquillay	AFBaNg3			
		AFBaNg4			
		FMich-04			
		AFMichi1			
		AFMichi2			
		AFLRSub1			
		AFLRSub3		-	
		AFBaNg5		pH	
	FMich-01				
	Quebrada Oxa Segana	AFMagM		-	Mn
		AFCoch2			
	Laguna Señoracocha	AFPeñm		pH	pH
	Quebrada Quishque	FMich-02			-
Río Seco	AFCuschc1	-			
Quebrada Quishque	MCort1	pH	pH		
	MCort2				
Río Seco	AFQuiMa	Oxígeno disuelto	-		
Quebrada Quishque	MLCahu1	-	pH		
Agua subterránea ^c	Piezómetro	PZ-01	Mn	-	
Sedimentos de ríos y quebradas ^d	Río Michiquillay	RMich2	Arsénico (As), cadmio (Cd), Cu, Pb, Zinc (Zn)	-	
		RMich5	As, Cu, mercurio (Hg)	As, Cd, Cu, Hg	
		RMich6	As, Cu, Hg	-	
	Río Seco	RSeco2	Pb	Pb	
Sedimentos de Laguna ^d	Laguna Cochecorral	LCoCh1	As, Cu, Hg, Pb	As, Cu, Hg, Pb	
		LCoCh2	As, Cu, Pb	As, Cu, Hg, Pb	

Matriz	Cuerpo receptor	Código de punto de muestreo	Parámetros	
			Avenida (mar-19)	Estiaje (jun-19)
Sedimentos de Laguna ^d	Laguna Brava 2	LBrav3	Cu	Cu
		LBrav4	Cu	Cu
	Laguna Caballero	LCaba1	Cu, Pb, Zn	Cu, Pb
		LCaba2	Pb	As, Cu, Pb
	Laguna Huachacocha	LHuac1	Cu, Pb, Zn	Pb, Zn
	Laguna La Arena	LLAren1	As, Pb	As, Pb
	Laguna Señoracocha	LSCoch1	As, Cu, Pb	As, Cd, Cu, Pb
		LSCoch2	As, Cu, Pb	As, Cd, Cu, Pb
	Laguna Lipiac	LLipi1	As, Cu, Hg, Pb	Cu, Hg, Pb
	Laguna Tarucacocha	LTaru1	Hg	As, Cd, Hg, Zn
		LTaru2	Cu, Hg, Pb, Zn	Cd, Cu, Pb, Zn
		LTaru3	As, Cu, Pb, Zn	As, Cd, Cu, Pb, Zn
		LTaru4	Zn	Cd, Zn
		LTaru5	As, Zn	Cd, Zn
	Laguna La Boya	LBoy3	As, Cu, Hg, Pb, Zn	As, Cd, Cu, Hg, Pb
LBoy4		As, Hg	As, Cd, Cu, Hg, Pb	
Agua residual industrial ^e	Río Michiquillay	ARI-03	Zn	pH, Zn
		ARI-04	pH, Cu, Hierro disuelto (Fe)	pH, Cu, hierro disuelto (Fe)
		ARI-05	-	pH, Cd, Cu, Zn

^a Comparado con el ECA para Agua Categoría 3: Subcategoría D1 y D2 (2017)

^b Los puntos HBof-1 y HBof-2 fueron comparados con el ECA para Agua Cat 4. Subcategoría E1 Lagunas y lagos (2017).

^c Comparación referencial con los ECA para Agua Categoría 3: Subcategoría D1 y D2.

^d Comparación referencial con la Guía de Calidad Ambiental de Canadá.

^e Comparado con los LMP para efluentes líquidos de actividades minero metalúrgicas.

Caracterización hidroquímica y calidad de suelo

Las facies⁹ hidroquímicas en los cuerpos de agua de las cuatro microcuencas estudiadas fueron principalmente bicarbonatadas cálcicas y sólo algunos puntos de agua fueron sulfatadas cálcicas y bicarbonatadas sódico potásicas.

Los niveles de fondo y referencia determinados no superaron los valores establecidos en los ECA para suelo de uso agrícola¹⁰ ni los valores de la guía

9 Facies hidroquímicas: son zonas que tienen concentraciones de cationes y aniones dentro de categorías de composición definida.

10 Aprobado mediante Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM, el 02 de diciembre del 2017.

canadiense (CEQG-SQG), a excepción del nivel de referencia para zinc, que superó los valores de la guía en la unidad Michiquillay (asociación de suelo Misceláneo Roca). El plomo excedió el ECA suelo en la unidad Quinuayoc Sogoron y en bofedales; mientras que el cobre y zinc superaron los valores de la guía canadiense en la Unidad Michiquillay.

Evaluación hidrobiológica, flora y fauna

En cuanto a las comunidades hidrobiológicas, se registraron altos valores de riqueza del perifiton y macroinvertebrados bentónicos en la microcuenca La Encañada. Respecto a la calidad ecológica, se tomó como referencia el ABI y determinó que en los ríos y quebradas de las cuatro microcuencas la calidad varió entre pésima a muy buena, resaltando una calidad buena en la mayoría de ríos y quebradas. Los bofedales y las lagunas estuvieron mejor representados por los microorganismos y fitoplancton, respectivamente; mientras que la comunidad de macroinvertebrados bentónicos estuvo poco representado dada las características de los ecosistemas.

Se registraron 351 especies de flora, 56 especies de aves, nueve mamíferos mayores, cuatro especies de anfibios y tres especies de reptiles. De las especies de flora registradas, nueve especies están en categoría de amenaza y casi amenaza¹¹, 13 especies están dentro del Apéndice II de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre (Cites por sus siglas en inglés) del 2017, y 38 son endémicas del Perú.

De las 56 aves registradas, una especie está En Peligro y una especie Casi Amenazada¹², 11 especies están incluidas en el Apéndice II del Cites; ocho especies listadas a nivel de familia están en el Apéndice II de la Convención de Especies Migratorias (CMS, por sus siglas en inglés); cuatro son especies endémicas para Perú; tres especies son endémicas en el Área de Endemismos de Aves (EBA, por sus siglas en inglés) en la categoría "051 Altos Andes del Perú" y 10 especies son endémicas en el bioma Andes Centrales (CAN, por sus siglas en inglés). Respecto a los mamíferos¹³, la especie puma (*Puma concolor*) se encuentra en la categoría Casi amenazado según la legislación nacional, mientras que en la lista de la IUCN el oscollo (*Leopardus colocolo*) se encuentra en la categoría Casi amenazado. Por último, el zorro andino (*Lycalopex culpaeus*), el oscollo (*Leopardus colocolo*) y el puma (*Puma con color*) se encuentran comprendidas en los Apéndices II de la Cites.

Calidad de ruido ambiental

La medición del ruido involucró los sectores o caseríos Rodacocha, Quinuayoc, Michiquillay, Pampa Grande y Quinuamayo Bajo. Los resultados comprenden el

11 De acuerdo a lo establecido por el Decreto Supremo N° 043-2006 AG, Categorización de especies amenazadas de flora silvestre, aprobado el 13 de julio del 2006; y por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN por sus siglas en inglés).

12 Según el Decreto Supremo N° 004-2014-MINAGRI. Actualización de la lista de clasificación y categorización de las especies amenazadas de fauna silvestre legalmente protegidas, aprobada el 8 de abril del 2014 y por la IUCN.

13 Según el D.S. N° 004-2014-MINAGRI, aprobado el 8 de abril del 2014 y IUCN

sonido total (nivel de presión sonora continuo equivalente con ponderación A - LAeqT), el nivel de presión sonora mínima (LAFmin) y el nivel de presión sonora máxima (LAFmax). Cabe señalar que los resultados de los niveles de presión sonora se encuentran con ponderación en frecuencia A y en la unidad decibel (dB). Los resultados de los sonidos totales en los puntos de monitoreo evaluados, estuvieron comprendidos entre 45,1 dB y 57,4 dB, de modo que, no excedieron el ECA para ruido para zona residencial en horario diurno (60 dB).

Conclusiones

Microcuenca La Encañada: las nacientes de las quebradas de la microcuenca La Encañada están constituidas de cuarcitas que se caracterizan por ser generadoras de acidez. El incremento del nitrógeno total en bofedales y lagunas se debe a los procesos de descomposición de material vegetal que acentuaron las características ácidas. Las lagunas presentaron elevadas concentraciones de metales en sedimento como arsénico, cadmio, cobre, mercurio, plomo y zinc que excedieron los valores de la guía canadiense, la presencia de estos metales y metaloides están relacionados a este tipo de yacimiento (pórfido Cu-Mo) por ser elementos guía (pathfinder).

Los manantiales, bofedales, quebradas y ríos evaluados presentaron en su mayoría facies bicarbonatadas cálcicas en ambas temporadas, propia de aguas meteóricas o recientes (flujos sub-superficiales). Sólo cinco manantiales presentaron diferentes facies hidroquímicas, cuatro presentaron facies sulfatadas¹⁴ y uno clorurada¹⁵. Estas variaciones se deberían al contacto entre intrusivos y cuarcitas, la presencia de componentes iónicos bajos y a las actividades de exploración. En las comunidades hidrobiológicas de macroinvertebrados bentónicos y perifiton en ríos y quebradas se observaron valores de diversidad media y alta en los puntos con características neutras-alcálicas, mientras que los valores bajos de diversidad estuvieron asociados a las condiciones de acidez de los cuerpos de agua. En ambientes lenticos, las comunidades hidrobiológicas estuvieron adaptadas a las características de cada laguna, presentando especies oportunistas y tolerantes que pueden aumentar su población de acuerdo a los cambios de nutrientes y temporalidad. En bofedales, la comunidad de perifiton presentó mayor riqueza en comparación con los macroinvertebrados bentónicos, registrando especies adaptadas a la temporalidad de estos ecosistemas.

El efluente ubicado en tierras afectadas superficialmente por drenaje ácido y material de desmonte¹⁶ presentó facies sulfatadas cálcicas, pH ácido y elevadas concentraciones de cobre y zinc total que superaron los LMP de efluentes líquidos de actividades minero metalúrgicas. Asimismo, el efluente proveniente del subdrenaje del depósito de relaves¹⁷ presentó facies sulfatadas cálcicas, pH alcalino (9,41 unidades) y concentraciones de zinc total que superaron los LMP.

14 Puntos de muestreo AFCocho1, AFCohco3, AFBaNg4 y FMich-04.

15 Punto de muestreo AFMichi2.

16 Punto de muestreo ARI-05

17 Punto de muestreo ARI-03

Microcuenca Yanacocha: esta microcuenca presentó bajo contenido de metales, que no superaron los ECA para agua categoría 3, y variaciones en sus facies hidroquímicas y pH, influenciados por la litología. Esto se debe a que en la parte alta de la microcuenca se presentan rocas intrusivas y cuarcitas de la formación Farrat; en cambio, en la parte media y baja, se encuentran rocas carbonatadas de las formaciones Yumagual, Pariatambo y Chulec, donde afloraban manantiales que contribuían con esa variación. La laguna Lipiac presentó facies bicarbonatadas cálcicas, pH ácido y nitrógeno total que superaron los ECA para agua categoría 4 subcategoría E1, valores relacionados principalmente a los procesos de humificación de la materia orgánica. En sedimento, las concentraciones de arsénico, cobre, mercurio y plomo superaron los valores de la guía canadiense, por ser elementos guía del pórfido cobre – molibdeno.

Microcuenca Chanche: las quebradas El Carbón, Luchocolpana y El Lago presentaron facies bicarbonatadas cálcicas, bajas concentraciones de metales en ambas temporadas, valores de pH que se encontraron dentro de lo establecido en los ECA para agua categoría 3, a excepción del pH en las quebradas El Carbón¹⁸ en ambas temporadas; y El Lago, El Carbón¹⁹ y Chanche en estiaje. Asimismo, el manganeso superó los ECA para agua en la quebrada El Lago, producto de la erosión del suelo por precipitación. Las lagunas El Carbón y La Boya presentaron facies bicarbonatadas cálcicas, y Monte Redondo sulfatada cálcica. Todas presentaron pH ácidos y nitrógeno total que superaron los ECA para agua categoría 4 subcategoría E1. Además, se registraron concentraciones de plomo y cobre que superaron el estándar referido en la laguna Monte Redondo. El pH ácido y nitrógeno total fueron relacionados a la descomposición de materia orgánica, mientras que los metales a las características geológicas (intrusivos) en las que se emplazan estas lagunas. Las concentraciones de arsénico en sedimento excedieron los valores ISQG y PEL en la laguna La Boya en ambas temporadas, y el mercurio excedió el valor ISQG en los puntos²⁰ evaluados de esta laguna.

Microcuenca Cotocuna: los bofedales asociados a la laguna Tarucacocha y quebrada Vigón tuvieron bajo contenido de metales que no superaron los ECA para agua categoría 3 y 4. Los pH ácidos estuvieron asociados al emplazamiento de las cuarcitas de la formación Carhuaz y fueron incrementados por la degradación de la turba de los bofedales, el mismo que aumentó las concentraciones de nitrógeno total que superaron los ECA para agua categoría 4. En relación al sedimento, la laguna Tarucacocha presentó tres puntos²¹ que excedieron los valores ISQG y PEL de la norma canadiense para sedimentos.

18 Punto de muestreo QCarb1

19 Punto de muestreo QCarb2

20 Punto de monitoreo LBoy3 y LBoy4

21 Punto de muestreo LTaru1, LTaru3 y LTaru5

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. DOI: 10.23818/limn.28.04

Autoridad Nacional del Agua (2016). *Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales*. Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/r.j._010-2016-ana_0.pdf

Canadian Council of Ministers of the Environment (2014). *Canadian Environmental Quality Guidelines (CEQG). Sediment. Quality Guidelines (SQG) for Protection of Aquatic Life – Fresh water* <http://ceqg-rcqc.ccmec.ca/download/en/317>.

Centeno, E.R. (2014). *Optimización en la estimación de recursos y límite de explotación en el proyecto Michiquillay*. <http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/2441>

Comité Especial de Privatización - CEPRI (2002). *Perú: Mining privatization process*. Ministerio de Energía y Minas. p. 12.

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

Davies R. y Williams P. (2005). *The Galeno and Michiquillay porphyry Cu-Au-Mo deposits: geological descriptions and comparison of miocene porphyry systems in the Cajamarca district, northern Perú* (Pág. 26-28)

Environmental Protection Agency (2001). *Methods for collection, storage and manipulation of sediments for chemical and toxicological analyses: technical manual*.

Environmental Protection Agency (2003). *Sediment Sampling, from the United States Environmental Protection Agency*.

Holdridge, L. (1978). *Ecología basada en zonas de vida*. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (IICA), San José. 216p.

Hollister, V. F. and Sirvas, E. B. (1974). *The Michiquillay porphyry copper deposit*. *Mineralium Deposita*, 9. Pág. 261-269.

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (1980). *Geología de los cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajambamba 15-f, 15-g, 16-g*. Boletín A 31. Lima. Perú.

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (2007). *GR-4: Volcanismo cenozoico (Grupo Calipuy) y su asociación a los yacimientos epitermales, Norte del Perú*. Lima, Perú.

International Union for Conservation of Nature (IUCN). (2019). *The IUCN Red List of Threatened Species*. Versión 2019.1. <http://www.iucnredlist.org>

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

Ministerio de Energía y Minas (1994). *Protocolo de monitoreo de calidad de agua*. Resolución Directoral N° 004-94-EM/DGAA

Minero Perú (1979). *Proyecto en estudio Michiquillay - Informe de proyectos minerometalúrgicos*. Minero Perú, Lima, 18 p.

Ministerio de Agricultura. (2006). *Categorización de especies amenazadas de flora silvestre*. Decreto Supremo N° 043-2006-AG, aprobado el 13 de julio del 2006.

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

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

Ministerio del Ambiente. (2017). *Estándares de Calidad Ambiental para suelo*. Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM, aprobado el 2 de diciembre del 2017.

Ministerio de Energía y Minas. (2019). *Inventario de Pasivos Ambientales Mineros*. Resolución Ministerial N° 010-2019-EM/DM. <http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/Mineria/REGISTROS/PASIVOS/2019-PAMS.pdf>

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (2014). *Reglamento de Participación Ciudadana en las Acciones de Monitoreo Ambiental*. Resolución de Consejo Directivo N° 032-2014-OEFA-CD.

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 - OEFA.

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (2019). *Evaluación ambiental temprana en el área de influencia del proyecto minero Michiquillay de Southern Perú Copper Corporation Sucursal del Perú, durante del 2018 y 2019*. Lima, Perú.

Organización Meteorológica Mundial – OMM. (2011). *Guía de prácticas hidrológicas*. No.168

United States Geological Survey [USGS]. (2015). *National Field Manual for the Collection of Water-Quality Data. U.S. Geological Survey Techniques of Water-Resources Investigations, Book 9*. United States Geological Survey [USGS]. <https://DOI.org/10.3133/twri09>

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (2016). *Manual de hidrometría*. Lima, Perú.

Shibata, K., and Uchida, K. (1976). *K-Ar ages of altered rocks from the Michiquillay mine, Peru*. Bulletin of the Geological Survey of Japan 27,745-749.

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.

BASE DE DATOS

- Portal de Datos Abiertos.
<http://datosabiertos.oefa.gob.pe/dashboards/20539/evaluaciones-ambientales-tempranas-eat/>
- Repositorio de Ciencia y Tecnología del OEFA
<https://repositorio.oefa.gob.pe/handle/20.500.12788/138>

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

Distrito de Ichuña, provincia de Sánchez Cerro, departamento de Moquegua, Perú (2018)

Resumen

Sobre la base del principio de prevención de la función de evaluación, el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) realizó acciones de Evaluación Ambiental Temprana (EAT) en el proyecto minero San Gabriel durante el año 2018, involucrando a los/as agentes sociales para generar información sobre la calidad del ambiente que oriente el ejercicio de la fiscalización ambiental para controlar la generación de impactos ambientales negativos. En ese sentido, se realizaron estudios especializados de caracterización geológica y de drenaje ácido de roca, comunidades hidrobiológicas, flora y fauna, además del muestreo del agua superficial de las quebradas que conforman las microcuencas Agani-Ansamani, Itapallone (sector Corire), Chaclaya y Oyo Oyo, y el agua subterránea en la microcuenca Agani-Ansamani. Los puntos evaluados corresponden a 74 puntos de agua superficial (53 quebradas y 21 manantiales), cinco para agua subterránea, 49 para hidrobiología, 27 para sedimentos, 124 puntos para nivel de fondo en suelos, 35 transectos para flora y 54 transectos para fauna.

Respecto al agua superficial y subterránea, 18 de los 79 puntos evaluados en la Microcuenca Agani-Ansamani incumplieron los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, Categoría 3 (2015 y 2017) en al menos un parámetro. Las concentraciones más altas de arsénico (As) se registraron en los sedimentos de la quebrada Jamochini (QJamo-01 As: 207 mg/kg) y en menor proporción en la quebrada Ansamani (QAnsa-01 As: 10,78 mg/kg). Para la microcuenca Itapallone los puntos evaluados incumplieron los ECA para agua, Categoría 3, los cuales fueron el pH, aluminio, cobre, cadmio, hierro, manganeso, níquel, selenio, cobalto, plomo, zinc y sulfato, incrementando su concentración en la temporada de estiaje en relación a la temporada de avenida. Las muestras de sedimentos presentaron concentraciones de metales arsénico, cadmio, cobre, mercurio, plomo y zinc en los sedimentos en ambas temporadas, resaltando la mayor concentración de estos metales en la temporada de avenida (marzo 2018), a diferencia de la temporada de estiaje (junio 2018). En la microcuenca Chaclaya el valor del pH en el manantial FJapu-01 tuvo un valor ligeramente ácido (6,04 unidades) en temporada de estiaje, valor que incumplió referencialmente los ECA para agua, Categoría 3. La riqueza de macroinvertebrados bentónicos en la microcuenca Chaclaya (QPaco-01, QChac-01 y QLlau-01) fue menor en la temporada de estiaje en comparación con la temporada de avenida; esto podría deberse a la disminución del caudal de las quebradas en estiaje. En la microcuenca Oyo Oyo, el manantial FSaya-01 registró un pH ligeramente ácido (5,55 unidades) que incumplió referencialmente los ECA para agua, Categoría 3, en la temporada de avenida.

Se registraron 262 especies de flora, agrupadas en 43 familias botánicas y 130 géneros. Las familias más diversas fueron *Asteraceae* y *Poaceae*. La vegetación de roquedal fue la formación con mayor riqueza, con 148 especies; seguida del matorral mixto, con 102 especies. En el área de estudio se registraron dos especies de anfibios *Telmatobius peruvianus* y una especie de reptil, la lagartija, que fue la especie más abundante y que presentó mayor distribución en el área de estudio.

Palabras clave: minería, Evaluación Ambiental Temprana, agua, nivel de fondo de suelos, hidroquímica.

Abstract

Based on the principle of prevention of the evaluation function, OEFA carried out Early Environmental Evaluation (EAT) actions in the San Gabriel mining project during 2018, involving social agents to generate information on the quality of the environment to guide the exercise of environmental inspection to control the generation of negative environmental impacts. Specialized studies were carried out on geological characterization and acid rock drainage, hydrobiological communities, flora and fauna; in addition, sampling of surface water from the streams that make up the Agani-Ansamani, Itapallone (Corire sector), Chaclaya and Oyo Oyo micro-basins and the subway water in the Agani-Ansamani micro-basin. The points evaluated correspond to 74 points for surface water (53 streams and 21 springs), five for groundwater, 49 for hydrobiology, 27 for sediments, 124 points for ground level in soils, 35 transects for flora and 54 transects for fauna.

Surface and groundwater in 18 of the 79 points evaluated in the Agani-Ansamani Microbasin did not meet the Environmental Quality Standards (EQS) for water, Category 3 (2015 and 2017) in at least one parameter. The highest concentrations of arsenic (As) were recorded in the sediments of Jamochini Creek (QJamo-01 As: 207 mg/kg) and in a smaller proportion in Ansamani Creek (QAnsa-01 As: 10.78 mg/kg). For the Itapallone micro-basin, the points evaluated did not comply with the RCTs for water, Category 3, which were pH, aluminum, copper, cadmium, iron, manganese, nickel, selenium, cobalt, lead, zinc and sulfate, increasing their concentration in the low water season in relation to the flood season. The sediment samples showed concentrations of the metals arsenic, cadmium, copper, mercury, lead and zinc in the sediments in both seasons, highlighting the higher concentration of these metals in the flood season (March 2018) as opposed to the dry season (June 2018). In the Chaclaya micro-basin, the pH value in the FJapu-01 spring had a slightly acidic value (6.04 units) in the low water season, a value that did not comply with the RCTs for water, Category 3. The richness of benthic macroinvertebrates in the Chaclaya microbasin (QPaco-01, QChac-01 and QLlau-01) was lower in the low season compared to the flood season; this could be due to the decrease in the flow of the streams in low season. In the Oyo Oyo micro-basin, the FSaya-01 spring registered a slightly acidic pH (5.55 units) that failed to comply with the RCTs for water, Category 3, during the flood season.

A total of 262 species of flora were registered, grouped in 43 botanical families and 130 genera, where the most diverse families were Asteraceae and Poaceae. The rocky vegetation was the richest formation, with 148 species; followed by mixed brush with 102 species. In the study area, two species of amphibians *Telmatobius peruvianus* were registered and one species of reptile, the lizard, which was the most abundant species and presented the greatest distribution in the study area.

Keywords: mining, Early Environmental Assessment, water, bottom level of soils, hydrochemistry.

Equipo a cargo del estudio

Profesión	Equipo técnico
Biología	García Aragón, Francisco; Peralta Argómeda, Jorge; Ríos García, Jhony; Trinidad Patricio, Huber; Chunga Benavides, Dany; Delgado Cornejo, Jackeline
Ingeniería Agrónoma	Pérez Quispe, Caleb
Ingeniería Química	Fajardo Vargas, Lázaro; Ancco Pichuilla, Luis; Pereyra Juárez, Luis; Pinto Alcarraz, Giovanna
Ingeniería Ambiental	Ramos Canales, Santos; Lumbreras Huamán, Rubí
Ingeniería Geológica	Vásquez Cardeña, Shianny; Yanapa Huaquisto, Fray
Ingeniería en Recursos Naturales Renovables	Morga Castellanos, Ericka

Objetivo

Evaluar la calidad ambiental en el área de influencia del proyecto minero San Gabriel para orientar el ejercicio de la fiscalización ambiental para la prevención de impactos ambientales negativos.

Antecedentes

Desde el 2003, Minera Gold Fields Perú S.A. (MGF) obtuvo las concesiones mineras Chucapaca, Chucapaca Norte, Orcori, Yaretapampa y Yaretapampa Sur, la zona de cerro Chucapaca y sus alrededores. Desde el 2008, MGF cedió sus derechos a Compañía de Minas Buenaventura (CMB). Bajo la dirección de CMB se presentaron estudios exploratorios Categoría I, así como el Estudio de Impacto Ambiental semidetallado (EIA-sd) del proyecto de exploración Chucapaca (2009).

A partir del 2009 la CMB (49 %) y la MGF (51 %) formaron la empresa Canteras del Hallazgo S.A.C. (CDH), para dar continuidad al proyecto de exploración Chucapaca. Bajo la titularidad de CDH se llevó a cabo la primera y segunda modificatoria del EIA-sd del proyecto de exploración Chucapaca (2010 y 2013).

En el 2014 la CMB adquirió el 51 % de las acciones de la MGF, haciéndose del 100 % de la participación sobre CDH, por tanto, la titularidad del proyecto Chucapaca pasó a ser de la CMB, proponiendo el nombre de proyecto San Gabriel. Finalmente, en el 2017 se aprobó el EIA detallado (EIA-d) de dicho proyecto minero¹.

El OEFA, a través de la Dirección de Evaluación Ambiental (DEAM) realizó una evaluación ambiental de las aguas superficiales y sedimentos de la cuenca del río Tambo durante el año 2016. A su vez, la Autoridad Nacional del Agua (ANA) realizó

dos monitoreos de agua superficial durante el año 2014 en la misma cuenca. Posteriormente, se aprobó el plan de la EAT en el área de influencia del proyecto minero San Gabriel².

Aspectos sociales

La EAT en el área de influencia del proyecto minero San Gabriel contempló la participación ciudadana, considerando lo establecido en el Reglamento de participación ciudadana aprobado por el OEFA³. Las siete etapas⁴ establecidas en dicho reglamento se desarrollaron durante los meses de febrero a mayo de 2018, en las cuales se involucraron a los actores sociales de las comunidades campesinas de Corire, San Juan de Miraflores, Santa Cruz de Oyo Oyo, Maicunaca y Antajahua.

Tabla 1

Participación ciudadana en la ejecución de la EAT en el área de influencia del proyecto minero San Gabriel.

Etapa	Fecha	Participantes Hombres	Participantes mujeres	Total
Etapa preliminar: Visita de reconocimiento ^a	Del 4 al 15 de Febrero del 2018	9	3	2
Etapa 1: Coordinación previa con los/as agentes involucrados/as	Del 5 al 8 de Febrero del 2018	9	2	11
Etapa 2 Convocatoria ^b		9	2	11
Etapa 3: Inscripción en los programas de inducción	Del 10 al 12 de Marzo del 2018	132	60	192
Etapa 4: Realización de la inducción	Del 10 al 12 de Marzo del 2018	132	60	192
Etapa 5: Taller para la presentación de la propuesta del plan	Del 10 al 12 de Marzo del 2018	132	60	192
Etapa 6: Ejecución del monitoreo	Del 13 al 25 de marzo del 2018	17	1	18
	Del 15 al 29 de junio de 2018	6	4	10
Etapa 7: Talleres de presentación de resultados	16, 17 y 30 de noviembre del 2019	240	142	382

^a Esta etapa no está considerada en el Reglamento de Participación Ciudadana, pero fue necesaria para el reconocimiento técnico del área de estudio.

^b La convocatoria se realizó a través de avisos radiales y escritos.

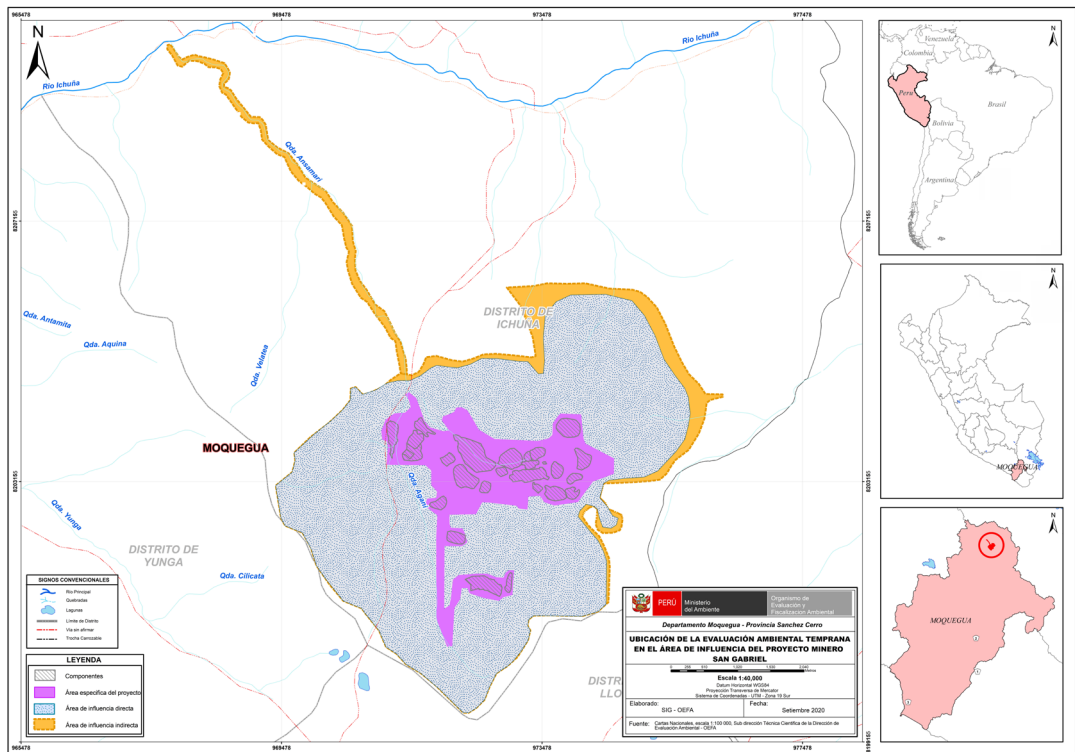
-
- 2 Mediante el Informe N° 0037-2018-OEFA-STEC del 28 de febrero de 2018.
- 3 Mediante Resolución de Consejo Directivo N° 032-2014-OEFA/CD el 2 de setiembre de 2014 y su modificatoria mediante Resolución de Consejo Directivo N° 003-2016-OEFA/CD del 27 de febrero de 2016.
- 4 Etapa 1: Coordinación previa 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 Ambiental participativo; Etapa 7: Taller para la presentación de los resultados.

Área de estudio

El área de estudio comprendió zonas de cuatro microcuencas (Agani-Ansamani, Itapallone, Chaclaya y Oyo Oyo) de la subcuenca Ichuña. Las tres primeras microcuencas contemplaron parte del área de influencia del proyecto minero San Gabriel, y la última se encuentra fuera del área de influencia de dicho proyecto minero. Políticamente se encuentra en el distrito de Ichuña, provincia de General Sánchez Cerro, departamento de Moquegua, a una altura que varía entre 4,450 y 5,000 m.s.n.m.; asimismo, se localiza en la región hidrográfica del Pacífico, unidad hidrográfica de la cuenca del río Tambo⁵.

Figura 1

Ubicación del área de estudio de la EAT en el área de influencia del proyecto minero San Gabriel.



Período de estudio

El periodo de estudio de la EAT en el área de influencia del proyecto minero San Gabriel inició con la etapa de coordinación previa con los/as agentes sociales, el 4 de febrero del 2018, y se desarrolló hasta la emisión del informe final, el 26 de noviembre del 2018⁶.

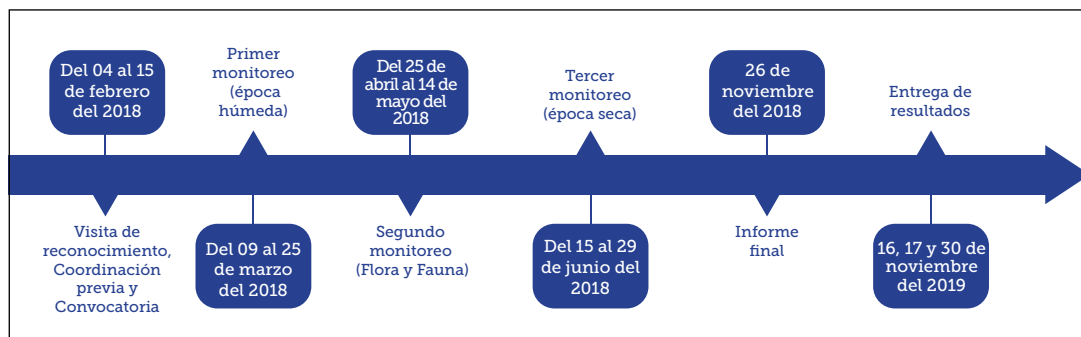
5 Autoridad Nacional del Agua (2009). Unidades hidrográficas del Perú: aprobado mediante Resolución Ministerial N° 033-2009-AG

6 Aprobado mediante Informe N° 340-2018-OEFA/DEAM-STEC.

El periodo se dividió en tres etapas principales, que se iniciaron con el plan de trabajo para la visita de reconocimiento, que dio como resultado un Plan de Evaluación Ambiental (PEA) aprobado con fecha 28 de febrero del 2018 y un informe de visita de reconocimiento aprobado con fecha 16 de abril del 2018. Seguidamente se hicieron tres monitoreos, considerando la época húmeda y época seca, para luego elaborar el informe final en gabinete, el mismo que fue aprobado el 26 de noviembre del 2018. (ver Figura 2)

Figura 2

Línea de tiempo de la EAT en el área de influencia del proyecto minero San Gabriel.



Metodología

Para la evaluación de la calidad de agua, se tomaron muestras en agua superficial (quebradas y bofedales) y en agua subterránea (piezómetros y manantiales⁷) teniendo como referencia la sección 6 del Protocolo Nacional para el Monitoreo de Calidad de Recursos Hídricos Superficiales⁸. Dentro del área de influencia del proyecto minero se establecieron 36 puntos de muestreo de agua superficial (quebradas), nueve puntos para manantiales, y cinco puntos para agua subterránea (piezómetros). Asimismo, fuera del área de influencia del proyecto minero, se consideraron 17 puntos de muestreo de agua superficial en quebradas y 12 en manantiales.

Los resultados de análisis obtenidos del monitoreo fueron comparados con los ECA para agua, Categoría 3, subcategoría D1: Riego de cultivos de tallo bajo y alto y subcategoría D2: Bebida de animales del año 2015⁹, de acuerdo con el Instrumento de Gestión Ambiental (IGA)¹⁰ y de manera referencial con los ECA para agua categoría 3 del 2017¹¹. Asimismo, se realizó la caracterización hidroquímica para determinar si las facies¹² de las muestras de agua superficial son semejantes.

7 Según lo establecido en el artículo 226°, Título IX, Aguas subterráneas, Capítulo I. Disposiciones generales del Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos, Ley N° 29338, 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

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

9 Aprobado mediante Decreto Supremo N° 0-2017-MINAM, el 19 de diciembre de 2015.

10 Estudio de impacto ambiental detallado del proyecto de explotación minera San Gabriel, aprobado mediante Resolución Directoral N° 099-2017-MEM/DGAAM.

11 Aprobado mediante Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, el 06 de junio de 2017.

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

Para el muestreo de sedimentos, se establecieron 40 puntos distribuidos en la microcuenca Agani-Ansamani e Itapallone, de los cuales 23 se tomaron en época húmeda y 17 en época seca, en los meses de marzo y junio del 2018 respectivamente. Los resultados obtenidos para el parámetro metales totales fueron comparados con el IGA, y referencialmente con los criterios del Consejo Canadiense de Ministros de Medio Ambiente (CCME, 2001) que define dos valores límites¹³.

En el muestreo de comunidades hidrobiológicas se consideraron 49 puntos en época húmeda y 40 puntos en época seca, los cuales fueron distribuidos en 24 cuerpos de agua entre quebradas y bofedales. El muestreo se realizó en marzo y junio del 2018, considerando como base el Manual de Métodos de Colecta, Identificación y Análisis de Comunidades Biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú¹⁴. Asimismo, la calidad en la colecta de las comunidades hidrobiológicas y su posterior análisis se basa en las indicaciones descritas en el manual¹⁵.

Para el análisis de la calidad de suelos, se tomó en cuenta la distribución de las concentraciones y el cálculo de valores de nivel de fondo y referencia, para lo cual se emplearon los datos de campo del muestreo de suelos en la zona de estudio y las concentraciones de metales encontradas en estas. Se diseñó un plan de muestreo con un total de 123 muestras compuestas (cada cinco submuestras) y dos simples. La evaluación consistió en la recopilación de la información existente y de los estudios contemplados en el IGA aprobado¹⁶; posteriormente se consideró un 5 % de muestras como duplicado, de acuerdo con el apartado 1.3.1. de la Guía de Muestreo de Suelos del Ministerio del Ambiente (Minam)¹⁷; es decir, el 10 % de muestras a ser analizadas para áreas menores o iguales a 20 ha, y 5 % para áreas mayores a 20 ha.

Los resultados de los valores de nivel de fondo fueron comparados referencialmente con los ECA para suelo de uso agrícola e industrial/extractivo¹⁸. Los resultados de pH y materia orgánica del suelo se clasificaron tomando como referencia la Guía de Clasificación de los Parámetros Edáficos¹⁹.

La caracterización geológica corresponde a los cuadrángulos de Ichuña (33-u), que forma parte de la Carta Geológica Nacional (CGN) a escala 1:100 000, y del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (Ingemmet) a escala 1:50 000. La referencia local corresponde a los estudios realizados y mencionados en los IGA. Los puntos de

-
- 13 Canadian Council of Ministers of the Environment. 2001. Canadian sediment quality guidelines for the protection of aquatic life: Introduction. Updated. In: Canadian environmental quality guidelines, 1999, Canadian Council of Ministers of the Environment, Winnipeg.
- 14 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.
- 15 En las secciones: 4.3 perifiton, 5.3 macroinvertebrados bentónicos y 6.3 peces
- 16 Línea base de suelos, extraída del Capítulo III (Línea base) del Estudio de Impacto Ambiental Detallado EIA-d, categoría III Proyecto San Gabriel (Elaborado por la consultora INSIDEO, 2016).
- 17 Aprobada mediante Resolución Ministerial N° 085-2014-MINAM, el 31 de marzo de 2014.
- 18 Aprobado mediante Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM, el 2 de diciembre de 2017.
- 19 Aprobado mediante Decreto Supremo N° 017-2009-AG, Reglamento de Clasificación de Tierras por su Capacidad de Uso Mayor, el 2 de setiembre de 2009.

control geológico y el mapa de campo fueron georreferenciados y digitalizados en el software ArcGis 10.3²⁰ para preparar el mapa geológico local.

La caracterización del Drenaje Ácido de Roca (DAR) fue realizada mediante la descripción y análisis de la composición mineralógica y el contenido de metales totales en 10 muestras; de cada zona evaluada, seis muestras fueron utilizadas para la prueba estática de Balance Ácido-Base (ABA, por sus siglas en inglés). Además, se realizó la evaluación de metales solubles a través del método de extracción secuencial según la metodología de Tessier en cinco muestras, lo cual permitió caracterizar la potencial movilidad y biodisponibilidad de ciertos elementos presentes en los DAR y su relación con los puntos de monitoreo de agua. Asimismo, emplearon las pruebas de *Synthetic Precipitation Leaching Procedure* (SPLP) en seis muestras para representar la posible movilidad de analitos inorgánicos presentes en las formaciones geológicas asociadas a zonas mineralizadas. Finalmente, el análisis de los resultados obtenidos del muestreo de rocas asociados a drenajes ácidos fue complementado con la interpretación del mapeo geológico.

Para la evaluación de flora silvestre se consideraron 35 puntos de muestreo en seis zonas de evaluación, teniendo como referencia la metodología de transectos denominada "punto de intersección" establecida en el Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal (Mostacedo y Fredericksen 2000), debido a que fue la metodología más apropiada para evaluar formaciones vegetales presentes en ecosistemas altoandinos. Además, se consideraron los lineamientos establecidos en la Guía de inventario de la flora y vegetación, publicada y aprobada por el Minam²¹.

Para determinar el estado de las especies en estado de conservación registradas en el área de estudio se determinó su presencia o ausencia en tres listas de conservación, como La Lista Roja de Especies Amenazadas de la IUCN y los apéndices de la Cites, en el que el Apéndice I de la convención señala las especies en peligro y los Apéndices II y III señalan las especies que están más relacionadas con la extracción y comercio (Cites 2018).

Los parámetros que se evaluaron en las comunidades de fauna silvestre (anfibios, reptiles, aves y mamíferos) fueron composición taxonómica, riqueza de especies, abundancia (número de individuos), diversidad alfa, diversidad beta. Adicionalmente, se realizó una curva de acumulación de especies para determinar la eficacia del inventario de especies y análisis multivariados. La evaluación de anfibios y reptiles consistió en el recorrido de nueve transectos distribuidos en cinco zonas y 28 búsquedas por el métodos de Búsquedas por Encuentros Visuales (VES, por sus siglas en inglés)²²; la evaluación de aves consistió en 31 transectos distribuidos en cinco zonas; mientras que la evaluación de mamíferos consistió en el recorrido de 14 transectos distribuidos en cinco zonas y se instalaron 10 cámaras trampa distribuidas en cinco zonas durante los meses de abril y mayo del 2018, considerando los lineamientos de los Capítulos 4 y 5 de la guía del Minam²³. La identificación de

20 Environmental Systems Research Institute. ArcGis. (versión 10.3) [software].

21 Mediante Resolución Ministerial N° 059-2015-MINAM, el 21 de marzo de 2015.

22 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).

anfibios y reptiles se realizó mediante la revisión de bibliografía especializada, como descripciones de especies para la comparación de caracteres morfológicos; mientras que el análisis de mamíferos se basó en datos cualitativos y cuantitativos. La información sirvió para determinar la composición y el estado de conservación.

Parámetros de comparación

Se presentan los parámetros evaluados en agua, aire y ruido que fueron comparados con los ECA establecidos en la legislación peruana y/o aprobados en el IGA. Los demás componentes evaluados no presentan ninguna norma de comparación porque son considerados con fines de caracterización y correlación.

Tabla 1

Parámetros de comparación establecidos en la legislación peruana y norma referencial.

Componente	Parámetro evaluado		Estándar de Calidad Ambiental (ECA) o guías utilizadas
Agua superficial y subterránea	<ul style="list-style-type: none"> • Metales totales + mercurio (Hg) • Metales disueltos + mercurio (Hg) • Cromo VI • Cianuro total • Sulfatos • Cloruros • Carbonatos 	<ul style="list-style-type: none"> • Bicarbonatos • Nitrógeno total • Fósforo total • Sólidos totales disueltos (STD) • Sólidos totales suspendidos (STS) 	<p>Categoría 3: Riego de vegetales subcategoría riego de vegetales de tallo bajo y tallo alto y bebida de animales del Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM</p> <p>Categoría 1 y 3: Poblacional y recreacional, subcategoría A1: Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección (2017) y Categoría 3: Riego de vegetales subcategoría riego de vegetales de tallo bajo y tallo alto y bebida de animales del Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM</p>
Sedimentos	<ul style="list-style-type: none"> • Arsénico (As) • Cadmio (Cd) • Cobre (Cu) • Cromo (Cr) 	<ul style="list-style-type: none"> • Mercurio (Hg) • Plomo (Pb) • Zinc (Zn) 	<p>Guía canadiense de calidad de sedimentos: Nivel de Efecto Probable (PEL, por sus siglas en inglés), y la Guía Interina de Calidad de Sedimentos (ISQG, por sus siglas en inglés) del Consejo Canadiense de Ministros de Medio Ambiente (CCME, por sus siglas en inglés) del 2002</p>
Suelo	<ul style="list-style-type: none"> • Metales • Mercurio • Cromo VI 	<ul style="list-style-type: none"> • Cianuro libre • pH • Materia orgánica 	<p>ECA para suelo de uso agrícola e industrial/extractivo, del Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM.</p>

Resultados

Modelo conceptual

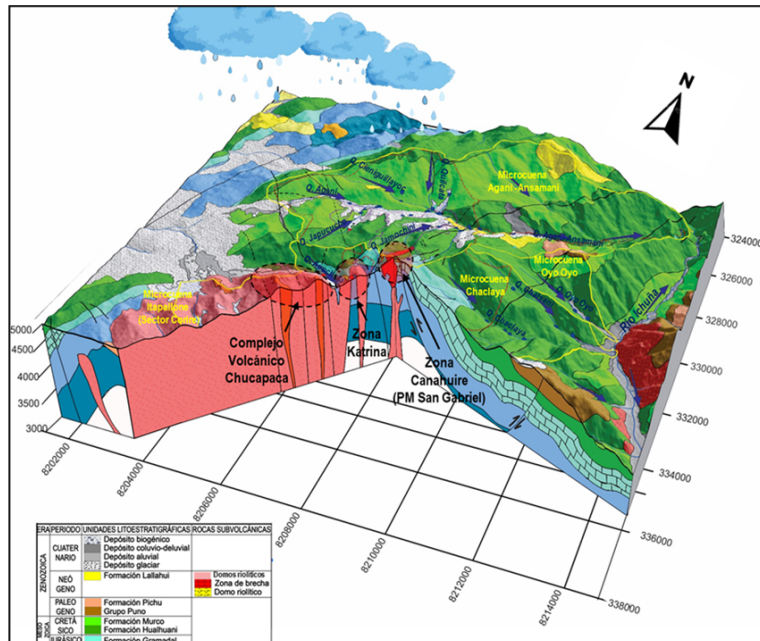
Para el análisis de las matrices de agua, sedimentos y comunidades hidrobiológicas, el área de estudio se dividió en cuatro microcuencas: Agani-Ansamani, Itapallone (Sector Corire), Chaclaya y Oyo Oyo. Además, se incluyeron los estudios especializados de caracterización geológica y DAR (sector Corire), determinación del nivel de fondo en suelos de la zonas adyacentes a los futuros componentes mineros y zonas de cultivo, y la evaluación de flora y fauna silvestre asociados a ecosistemas frágiles.

Caracterización geológica

De acuerdo con el contexto geológico en el área de estudio, se identificaron rocas sedimentarias de edad Jurásica-Cretácica, representada por el grupo Yura, eventos intrusivos desde el Mioceno hasta el Pleistoceno y materiales no consolidados (suelos), que definen las características naturales de los componentes ambientales de la zona evaluada. En el área de estudio se observaron tres zonas mineralizadas: Canahuire (proyecto minero San Gabriel), Katrina y Chucapaca, constituidos principalmente por zonas de oxidación compuestas por limolitas, hematitas, jarositas y zonas con alteración argílica con predominancia de caolinita, illita y sideritización.

Figura 3

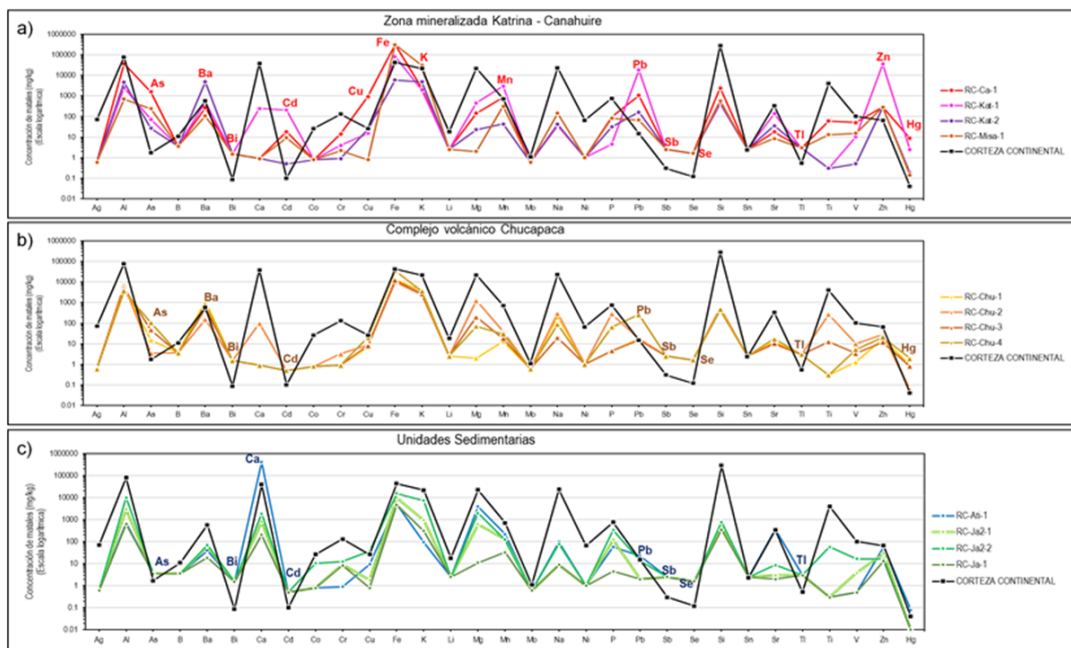
Modelo conceptual de las formaciones geológicas, zonas mineralizadas y microcuencas en el área de influencia del proyecto minero San Gabriel y zonas aledañas.



La zona mineralizada Canahuire se ubica en la divisoria de aguas entre la microcuenca Agani-Ansamani (quebrada Jamochini) e Itapallone (quebrada Atiñayoc), y las zonas mineralizadas de Katrina y Chucapaca están ubicadas en la parte alta de la microcuenca Itapallone (quebrada Apacheta-Corire). De la evaluación macroscópica in situ en las zonas mineralizadas de Canahuire y Katrina se observó la presencia de minerales sulfurosos (pirita, calcopirita, estibina, galena y esfalerita), óxidos (hematita, jarosita y limolitas) y carbonatos (ankerita y siderita), ensambles que ocurren como matriz de las brechas magmáticas. También se observó afloramiento de cuerpos mineralizados en forma de pseudo-gossans conformados por siderita, pirita y óxidos, y en menor proporción pirolusita. En la zona mineralizada de Chucapaca se observó presencia de óxidos (hematita y limolita) y sulfuros (pirita) asociados a zonas de alteración argílica con presencia de caolinita e illita. Estos resultados coincidieron con la información indicada en el EIA del proyecto minero San Gabriel²⁴.

Figura 4

Comparación de las concentraciones de los metales en rocas con la corteza terrestre (Wedepohl, 1994): a) Zonas mineralizadas Katrina – Canahuire, b) Centro volcánico Chucapaca y c) Unidades sedimentarias.



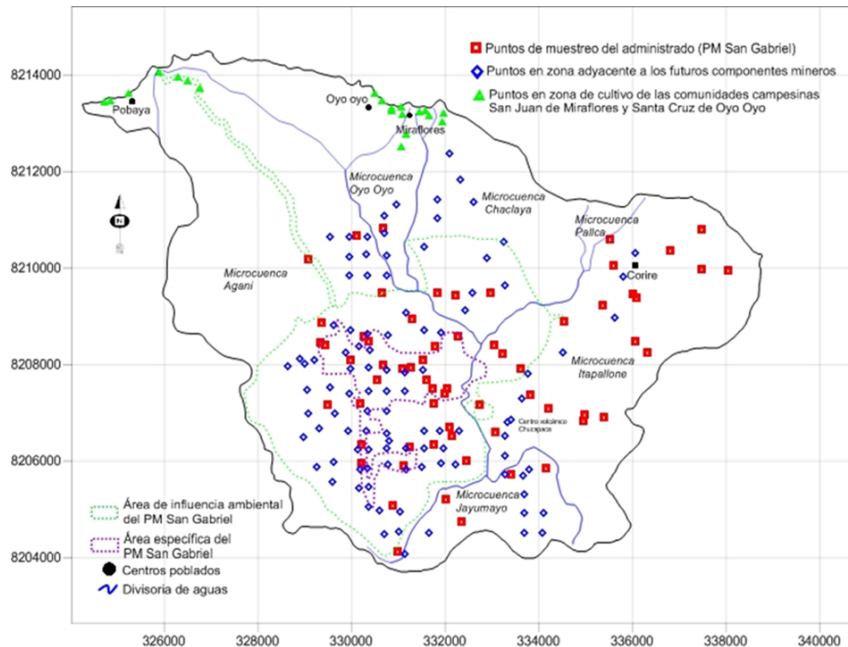
Las mayores concentraciones de hierro, manganeso, cobre, plomo y zinc, y en menor proporción cadmio, selenio, arsénico y mercurio, se encontraron distribuidas en la parte alta de las quebradas Jamochini, Atiñayoc y Corire, y en las partes distales de la quebrada Japucucho, ubicadas en las microcuencas Agani-Ansamani e Itapallone (sector Corire), cubriendo en su totalidad a las zonas mineralizadas y al complejo volcánico Chucapaca. Dichos metales, por la interacción agua-roca, podrían encontrarse en el agua, sedimentos y suelos aledaños a estas zonas.

Calidad de suelo

Los tipos de suelo identificados en las zonas adyacentes a los futuros componentes mineros, según la Línea Base²⁵, corresponden a suelos del orden entisols²⁶, inceptisols²⁷, mollisols²⁸ e histosols²⁹. En la siguiente figura se muestra la distribución de los puntos de muestreo de suelos evaluados (124 puntos), así como los puntos de muestreo registrados en la Línea Base de suelos del proyecto minero San Gabriel (65 puntos).

Figura 5

Distribución de puntos de suelo en la zona adyacente a los futuros componentes mineros y zonas de cultivo.

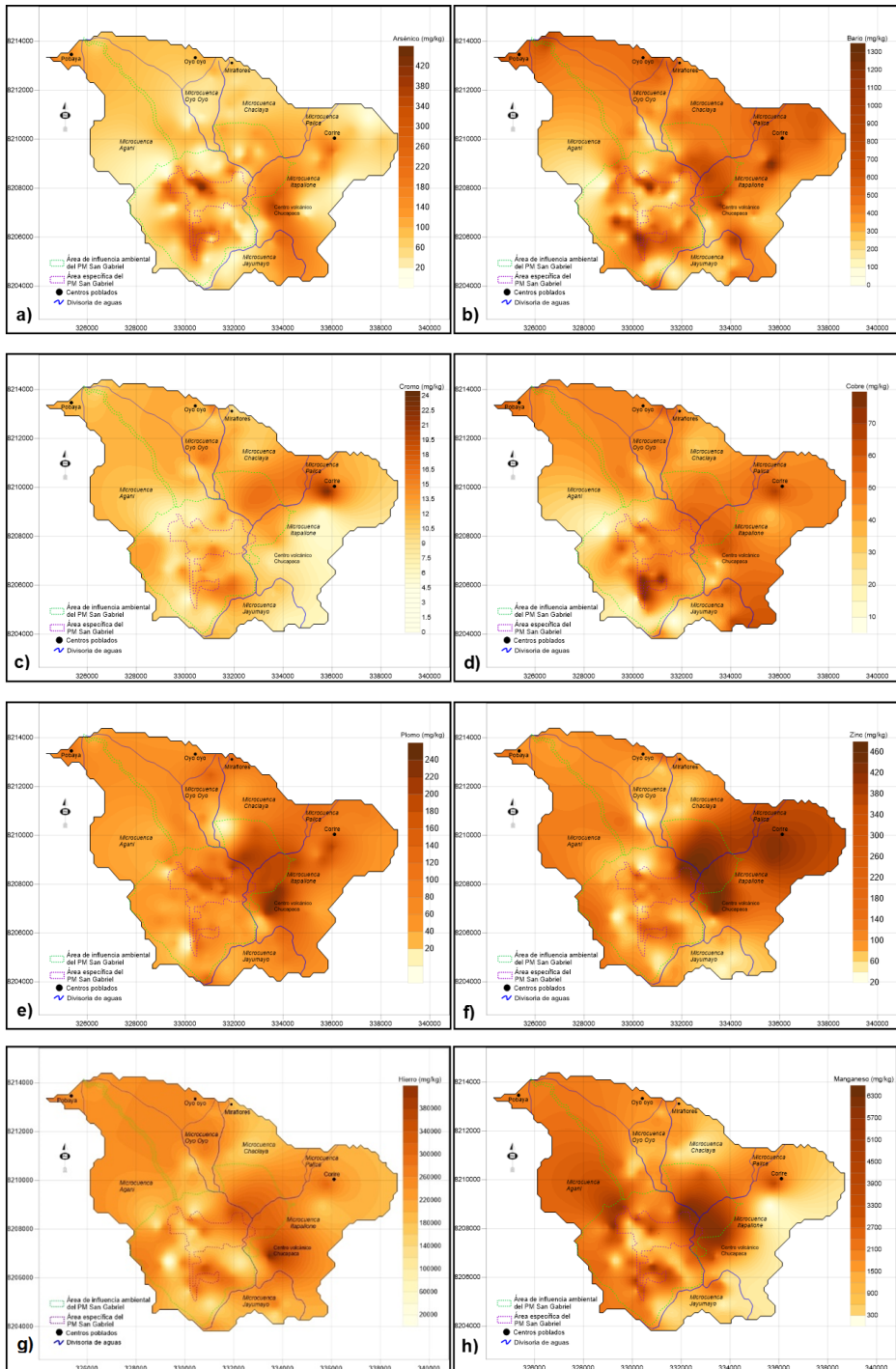


La Figura 6 muestra la distribución de arsénico, bario, cromo, cobre, plomo, zinc, hierro y manganeso. Las concentraciones de estos elementos potencialmente tóxicos fueron mayores en las partes altas de las microcuencas Itapallone (sector Corire), que cubre el centro volcánico Chucapaca; y Chaclaya y Agani-Ansamani; las cuales tienen relación con el contexto geológico.

-
- 25 Estudio de Impacto Ambiental Detallado EIA-d - Categoría III – Proyecto San Gabriel (2016). Capítulo 3, Anexo 3.8: Línea de base de suelo: Informe de identificación de sitios contaminados, 2015.
 - 26 Los entisols son suelos minerales con escaso o nulo desarrollo de horizontes pedogenéticos sus propiedades están determinadas por el material heredado del material original (Porta, 2003).
 - 27 Los inceptisols son suelos jóvenes que empiezan a tener o desarrollar un horizonte con meteorización mínima (Porta, 2003).
 - 28 Los mollisols son suelos minerales con epipedon mólico y tienen un horizonte superficial muy oscuro, coloreado y rico en bases (Porta, 2003).
 - 29 Los histosols son suelos orgánicos con alto contenido de materia orgánica (Porta, 2003).

Figura 6

Mapa de distribución de la concentración de: a) arsénico, b) bario, c) cromo, d) cobre, e) plomo, f) zinc, g) hierro y h) manganeso en el proyecto minero San Gabriel y en zonas aledañas.



Evaluación hidrobiológica

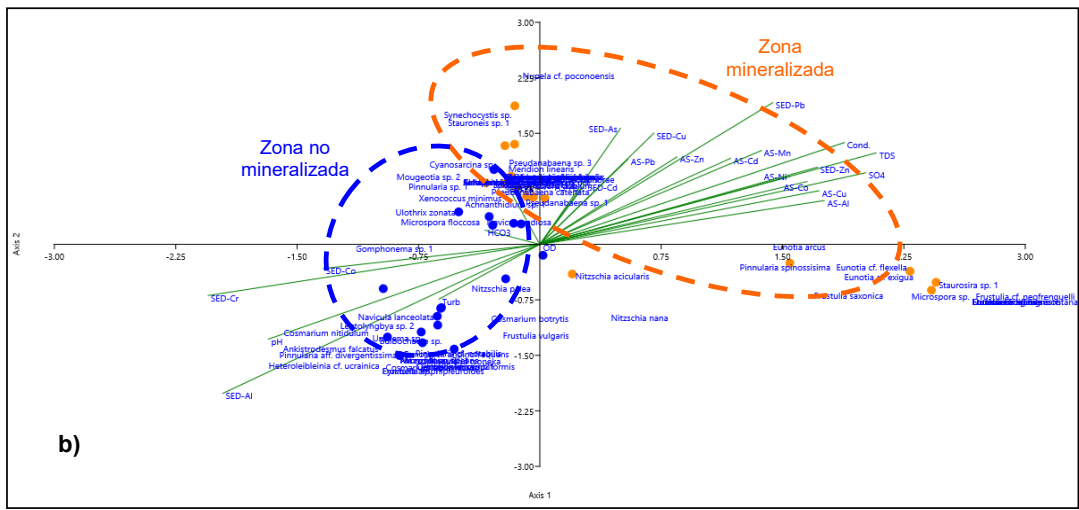
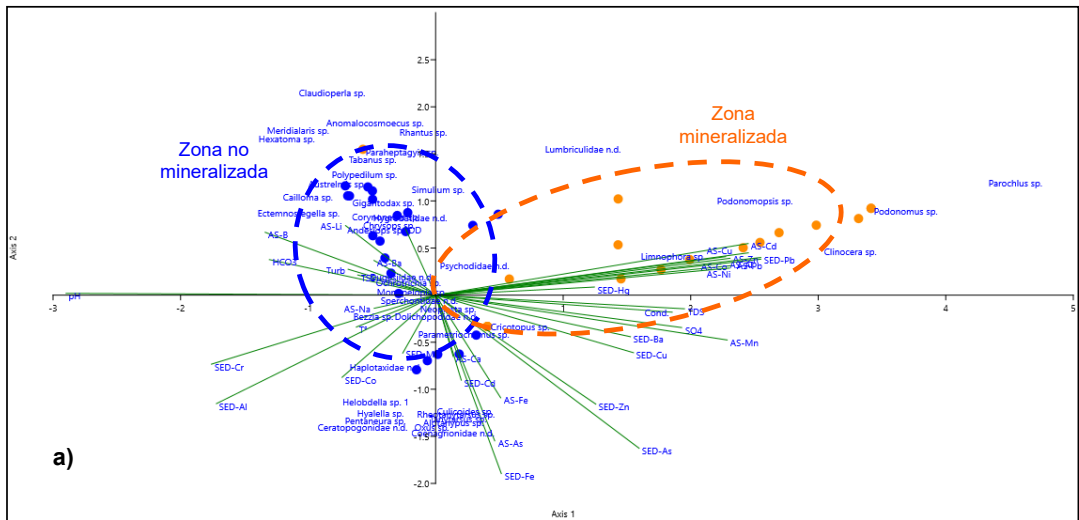
El análisis de similitud de la composición de las comunidades hidrobiológicas mostró diferencias significativas entre los puntos de muestreo de acuerdo a su cercanía a las zonas mineralizadas, tanto para los macroinvertebrados bentónicos ($R = 0,497$ y $p = 0,1 \%$) como para las microalgas de perifiton ($R = 0,393$ y $p = 0,1 \%$).

Según el análisis de similitud para las comunidades hidrobiológicas, los puntos de muestreo que conforman el grupo cercano a la zona mineralizada presentaron una baja riqueza de especies, tanto de macroinvertebrados bentónicos (entre una y nueve especies) como de microalgas del perifiton (entre una y 28 especies). Además, se observó el predominio de especies de macroinvertebrados bentónicos consideradas tolerantes a cambios medioambientales (Domínguez y Fernández, 2009), como los dípteros *Cricotopus sp.* y *Podonomus sp.* (Chironomidae), oligoquetos *Haplotaxidae n.d.* y especies de microalgas asociadas a pH ácidos o acidófilas (Rimet, 2012), como las diatomeas *Eunotia tridentula*, *Frustulia magaliesmontana*, *Stauroneis amphicephala* (Bacillariophyta), las algas verdes *Gloeocystis sp.* (Chlorophyta), *Staurastrum orbiculare* y *Cylindrocystis brebisonii* (Charophyta). Por otro lado, los puntos de muestreo que conforman el grupo más alejado de la zona mineralizada se caracterizaron por presentar una mayor riqueza de especies, tanto de macroinvertebrados bentónicos (entre seis y 25 especies) como de microalgas del perifiton (entre ocho y 52 especies).

Para describir la relación entre las variables ambientales del agua y sedimentos con la composición de las comunidades hidrobiológicas de macroinvertebrados bentónicos (Figura 7a) y microalgas del perifiton (Figura 7b) se utilizó el Análisis de Correspondencia Canónica (ACC). Para ambas comunidades se observó la separación de los puntos de muestreo de la zona no mineralizada, que se caracterizaron por tener un pH neutro-alkalino (entre 6,68 a 8,59), baja conductividad eléctrica (hasta 364 $\mu\text{S}/\text{cm}$) y una menor concentración de metales en agua (arsénico, calcio y hierro) y sedimentos (arsénico, cadmio, cobalto, hierro y manganeso); mientras que los puntos de muestreo de la zona mineralizada se caracterizaron por tener un pH ácido (entre 3,15 a 5,04), alta conductividad eléctrica (hasta 794 $\mu\text{S}/\text{cm}$) y una mayor concentración de metales en agua (aluminio, cadmio, cobalto, cobre, manganeso, níquel, plomo y zinc) y sedimentos (arsénico, cobre, mercurio, plomo y zinc), lo cual se debería al contexto geológico y mineralógico local.

Figura 7

Análisis de correspondencia canónica entre las variables ambientales (agua y sedimentos) y las comunidades hidrobiológicas de: a) macroinvertebrados bentónicos y b) microalgas de perifiton³⁰.



Caracterización hidroquímica, calidad de agua y sedimento

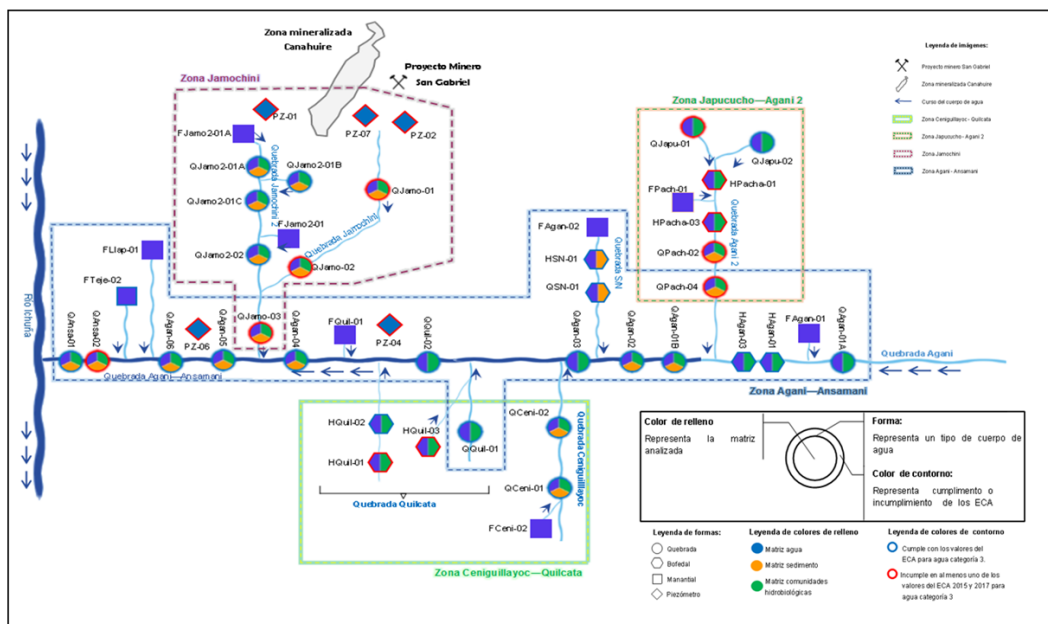
En la caracterización hidroquímica de la microcuenca Agani-Anssamani, el agua superficial y subterránea mostró una tendencia bicarbonatada sulfatada cálcica magnésica ($HCO_3 > SO_4 > Ca > Mg$) en general en las dos temporadas evaluadas (marzo y junio 2018), propio de aguas meteóricas o recientes (flujos sub-

30 Símbolos en azul representan la zona no mineralizada y en anaranjado la zona mineralizada.

superficiales) en interacción con el suelo y rocas sedimentarias (Custodio y Llamas, 1996). En 18 de los 79 puntos evaluados se registró el incumplimiento del ECA para agua categoría 3 (2015 y 2017) en al menos un parámetro.

Figura 8

Ubicación de los puntos de muestreo de agua superficial en la microcuenca Agani-Ansamani.

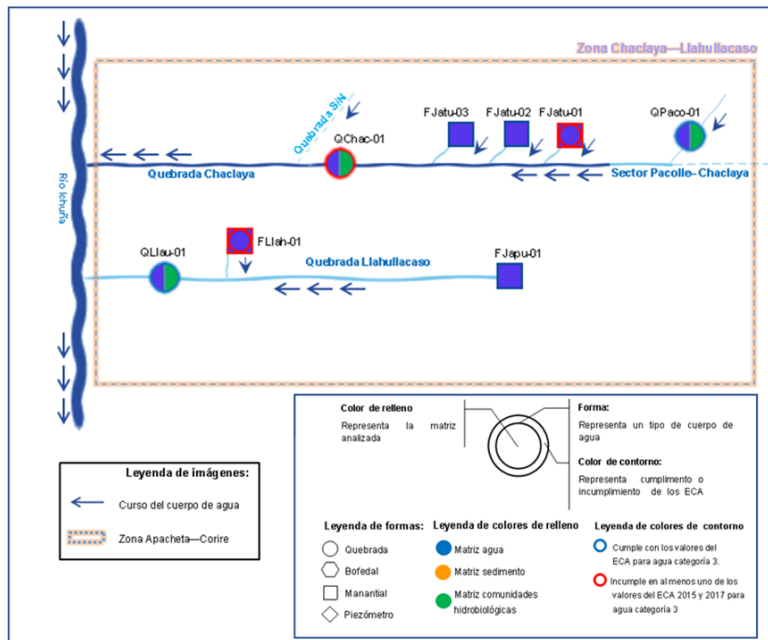


La distribución del arsénico en sedimentos en la microcuenca Agani-Ansamani se evidenció desde la parte alta de la quebrada Agani 2 (QPach-02) hasta la parte baja de la quebrada Agani-Ansamani (QAnsa-01), registrando concentraciones que superaron los valores ISQG y PEL de la guía canadiense de calidad de sedimentos³¹ en todos los puntos evaluados en la temporada de avenida, disminuyendo en la temporada de estiaje. Las concentraciones más altas de arsénico (As) se registraron en la quebrada Jamochini (QJamo-01 As: 207 mg/kg) y en menor proporción en la quebrada Ansamani (QAnsa-01 As: 10,78 mg/kg).

En la microcuenca Itapallone (sector Corire), la caracterización hidroquímica del agua superficial mostró tres facies, la primera corresponde a facies bicarbonatada sulfatada cálcica magnésica ($\text{HCO}_3^- > \text{SO}_4 > \text{Ca} > \text{Mg}$) en las quebradas Atiñayoc (QAtiñ-01 y QAtiñ-02) y Cruzana (QCruz-01) en la temporada de avenida; la segunda facies correspondió a sulfatada cálcica magnésica ($\text{SO}_4 > \text{Ca} > \text{Mg}$) en las quebradas mencionadas y la quebrada Misaorcco (QMisa-01) en temporada de estiaje; y la tercera facie, la sulfatada aluminica cálcica ($\text{SO}_4 > \text{Al} > \text{Ca}$) en las quebradas Apacheta (QApac-01A, QApac-02, QApac-03 y QApac-04), Katrina (QKatr-01, QKatr-02 y QKatr-03), Millahuaico (FMill-01 y QMill-01) y Corire (QCori-02) en ambas temporadas.

Figura 10

Ubicación de los puntos de muestreo de agua superficial en la microcuenca Chaclaya.

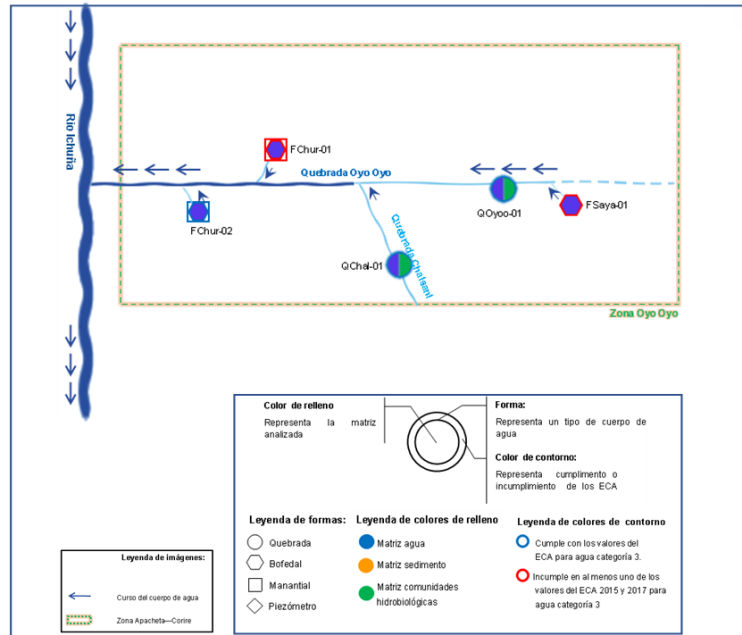


Los manantiales Jatu (FJatu-01, FJatu-02 y FJatu-03) presentaron predominancia del anión bicarbonato en ambas temporadas. Todos los parámetros evaluados en estos puntos cumplieron referencialmente los ECA para agua, Categoría 3 (2015 y 2017), (FJatu-02 y FJatu-03) y Categoría1 - A1 (2015 y 2017) (FJatu-01). Cabe indicar que este manantial es captado para el consumo de la población de San Juan de Miraflores.

En esta microcuenca las quebradas Oyo Oyo (QOyoo-01) y Chalsani (QChal-01) presentaron facies bicarbonatada sulfatada cálcica magnésicas ($\text{HCO}_3 > \text{SO}_4 - \text{Ca} > \text{Mg}$) en ambas temporadas, y todos los parámetros evaluados cumplieron los ECA para agua, Categoría 3 (2015 y 2017). Los manantiales FChur-01 y Fchur-02 presentaron facies bicarbonatada sulfatada cálcica magnésicas ($\text{HCO}_3 > \text{SO}_4 - \text{Ca} > \text{Mg}$) en ambas temporadas, cumpliendo referencialmente los ECA para agua, Categoría 1-A1, (2015 y 2017), a excepción de la turbidez (FChur-01: 19,2 NTU) en la temporada de avenida, debido a la disolución de material suspendido por las lluvias propias de la temporada

Figura 11

Ubicación de los puntos de muestreo de agua superficial en la microcuenca Oyo Oyo.



Conclusiones

En la EAT en el área de influencia del proyecto minero San Gabriel y zonas aledañas el contexto geológico y mineralógico es uno de los factores que podría influir sobre las características físicas y químicas del agua, sedimento y suelo; y en conjunto estas variables influyen sobre la dinámica de las comunidades biológicas (hidrobiología, flora y fauna).

En la microcuenca de Agani-Ansamani las concentraciones altas de arsénico se deberían a la cercanía a la zona mineralizada del proyecto minero San Gabriel y al contexto geológico presente en la zona de estudio, donde predominan rocas sedimentarias de la formación Hualhuani (areniscas cuarzosas y lutitas negras) en contacto con las brechas polimícticas (Canahuire) y la formación Murco (areniscas y lutitas).

En la microcuenca Itapallone (sector Corire) las variaciones de concentraciones de metales se deberían al mayor caudal presente en la temporada de avenida, donde podría ocurrir mayor arrastre y erosión de las rocas y suelos asociados a las alteraciones hidrotermales. Además, el plomo, zinc y arsénico presentaron mayores concentraciones en relación al cobre, cadmio y mercurio, debido al zonamiento vertical, incrementándose en las áreas periféricas las zonas de óxidos y sulfuros como galena (PbS) y esfalerita (ZnS).

En la microcuenca Chaclaya la variación hidroquímica se debería a la temporada de lluvia y estiaje, así como al contexto geológico, en el que afloran calizas y areniscas

de las formaciones Gramadal y Hualhuani. La riqueza de macroinvertebrados fue menor en la época de estiaje, así como el aumento de perifiton y microalgas. La calidad ecológica presentó una pésima calidad, lo que se debería al bajo caudal y a una calidad ecológica buena en la temporada de avenida y moderada en estiaje, con presencia de especies sensibles a los cambios ambientales como *Andesiops sp.*, *Meridialaris sp.*, *Claudioperla sp.*, *Gigantodax sp.* y *Simulium sp.*

El nivel de fondo de las zonas adyacentes a los futuros componentes mineros presentó las mayores concentraciones de aluminio, arsénico, hierro, manganeso, plomo, titanio y zinc en comparación a las zonas de cultivo, debido al contexto geológico y la presencia de zonas mineralizadas (Canahuire, Katrina) y el centro volcánico Chucapaca. En la zona de cultivo los valores de nivel de fondo de bario, boro, calcio, cobalto, cobre, cromo, estroncio, magnesio, fósforo y silicio presentaron mayores concentraciones respecto a la zona adyacente a los futuros componentes mineros, debido a la influencia del contexto geológico, en el que afloran rocas sedimentarias de la formación Hualhuani y la formación Murco, compuestas por calizas, areniscas cuarzosas y lutitas.

Se registraron 262 especies agrupadas en 43 familias botánicas y 130 géneros, donde las familias más diversas fueron *Asteraceae* y *Poaceae*, y los géneros más diversos fueron *Senecio* y *Calamagrostis*. La vegetación de roquedal fue la formación con mayor riqueza, con 148 especies; seguida del matorral mixto, con 102 especies. También se registraron dos especies de anfibios del orden Anura; y 44 especies de aves pertenecientes a 16 familias y 10 órdenes.

Se registró un total de seis especies de mamíferos mayores, con predominio del orden *Carnívora*. La rana *Telmatobius peruvianus* fue la única especie de anfibio incluida en una categoría de protección considerada como una especie Vulnerable (VU). No se registró especies de aves en alguna categoría de amenaza según la legislación nacional; no obstante, las especies *Oreotrochilus estella*, *Geranoaetus polyosoma*, *G. melanoleucus*, *Phalcoboenus megalopterus* y *Falco femoralis*, *Psilopsiagon aurifrons* están incluidas en el Apéndice II de la Cites del año 2018. Igualmente, no se registró especies de aves endémicas del Perú.

Bibliografía

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*. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (Ingemmet).

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*. 35-64. *Limnetica*, 28 (1).

Aduvire O. (2006). *Drenaje ácido de mina: generación y tratamiento*. Instituto Geológico y Minero de España. Dirección de Recursos Minerales y Geoambiente.

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

Compañía de Minas Buenaventura S.A.A. (2017). *Estudio de Impacto Ambiental detallado (EIA) del proyecto San Gabriel*. Aprobado con Resolución Directoral N° 099-2017- MEM/DGAAM.

Convención Sobre El Comercio Internacional De Especies Amenazadas De Fauna y Flora Silvestres. (2018). *Apéndice I, II y III*. UNEP.

Domínguez, E. & Fernández, H. (2009). *Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos: Sistemática y biología*. 1era edición. Tucumán, Argentina. Fundación Miguel Lillo.

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 (2010). *Guía de Evaluación de Flora Silvestre*. Documento en consulta, 20 de setiembre de 2010.

Ministerio del Ambiente (2014). *Guía para Muestreo de Suelos*. Resolución Ministerial N° 085-2014-MINAM.

Ministerio del Ambiente (2015). *Guía de inventario de la fauna silvestre*. Resolución Ministerial N° 057-2015-MINAM. 19 de marzo de 2015.

Ministerio del Ambiente (2015). *Guía de Inventario de la Flora y Vegetación*. Resolución Ministerial N° 059-2015-MINAM.

Moreno, C. E. (2001). *Métodos para medir la Biodiversidad. 1era Edición. Manuales y Tesis*. CYTED (Programa Iberoamericano de ciencia y Tecnología para el Desarrollo). Volumen 1: 83 pp.

Base de datos

- Portal de Datos Abiertos.
<http://datosabiertos.oefa.gob.pe/dashboards/20539/evaluaciones-ambientales-tempranas-eat/>
- Repositorio de Ciencia y Tecnología del OEFA
<https://repositorio.oefa.gob.pe/handle/20.500.12788/116>

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

Distritos de Chaviña y Sancos, provincia de Lucanas, departamento de Ayacucho, Perú (2017-2018).

Resumen

El Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA), en el marco de la función de evaluación, realizó acciones de Evaluación Ambiental Temprana (EAT) en el área de influencia del proyecto minero Sancos durante los años 2017 y 2018. Se realizó un diagnóstico de las causas o efectos de la alteración en el área de influencia del proyecto minero, para lo cual se realizaron estudios especializados como la caracterización geológica e hidroquímica de comunidades hidrobiológicas, y de flora y fauna. Además, se realizó muestreo del agua superficial de las quebradas que conforman las microcuencas de los ríos Sancos y Para, y del agua subterránea de los manantiales de uso poblacional en el ámbito de los componentes mineros proyectados como los tajos, botadero y el *pad* de lixiviación.

Al respecto, en el ámbito de los tajos y botadero proyectados se registraron dos especies de flora endémicas y amenazadas, y dos especies de fauna incluidas en la Convención Internacional sobre el Comercio de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre del 2017, la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, por sus siglas en inglés) del 2018 y las listas de especies amenazadas de flora y fauna silvestre del Perú. Las quebradas en el ámbito del botadero proyectado presentaron pH ácido debido a su cercanía a la zona mineralizada y concentraciones de metales que no superaron los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua del 2017, con menor riqueza, abundancia y diversidad de comunidades hidrobiológicas; mientras que las quebradas en el ámbito del *pad* de lixiviación presentaron pH neutro debido a su lejanía a la zona mineralizada y concentraciones de metales que no superaron los ECA para agua del 2017, con una mayor riqueza, abundancia y diversidad de comunidades hidrobiológicas. Además, se registró un ecosistema frágil conocido como bosque de queñuales, cinco especies de mamíferos y una especie de anfibio con distribución restringida en el departamento de Ayacucho.

También se consideró la determinación de niveles de fondo en tres tipos de suelo, determinándose que el tipo de suelo Sancos presentó las mayores concentraciones de arsénico, plomo y mercurio debido a su cercanía a la zona mineralizada, que es un yacimiento epitermal de alta sulfuración. El monitoreo de aire y ruido se realizó en los receptores más cercanos, que son el Anexo Pueblo Nuevo, el poblado Sancos; así como en las vías de acceso al proyecto, y se obtuvo como resultado concentraciones de metales cuyo valor no superó los ECA para aire del 2001, 2008 y 2017, mientras que los resultados de presión sonora no superaron los ECA para ruido del 2003.

Palabras clave: minería, Evaluación Ambiental Temprana, calidad de agua, flora y fauna.

Abstract

The Environmental Assessment and Enforcement Agency (OEFA, by its acronym in Spanish) carried out Early Environmental Assessment (EAT, by its acronym in Spanish) actions in the area of influence of the Sancos mining project during the years 2017 and 2018. A diagnosis of the causes or effects of the alteration in the area of influence of the mining project was realized. Specialized studies were carried out, such as the geological and hydrochemical characterization of hydrobiological communities,

and of flora and fauna. In addition, a sampling of the surface water of the streams that make up the micro-basins of the Sancos and Para rivers was carried out; such as of groundwater from springs for population use in the area of projected mining components like pits, dumps and the leaching pad.

In this regard, in the area of the projected pits and dump, two endemic and threatened species of flora were registered, and two species of fauna included in the International Convention on Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora of 2017, the International Union for the Nature Conservation of 2018 and the lists of threatened species of flora and fauna of Peru. The streams in the area of the projected dump had an acid pH due to its proximity to the mineralized zone and concentrations of metals that did not exceed the Environmental Quality Standards (ECA, by its acronym in spanish) for water of 2017, with less richness, abundance and diversity of hydrobiological communities; while the streams in the area of the leaching pad showed neutral pH due to their distance from the mineralized zone and concentrations of metals that did not exceed the ECA for water in 2017, with a higher richness, abundance and diversity of hydrobiological communities. In addition, a fragile ecosystem known as the queñual forest, five species of mammals and one species of amphibian with restricted distribution in the department of Ayacucho were recorded.

On the other hand, the determination of background levels in three types of soil was considered, determining that the Sancos soil type presented the highest concentrations of arsenic, lead and mercury due to its proximity to the mineralized zone, which is an epithermal deposit of high sulphidation. The air and noise monitoring was carried out in the closest receivers, which are the Pueblo Nuevo Annex and the Sancos town, as well as in the access roads to the project. The results show that metal concentrations did not exceed the ECA for air approved in 2001, 2008 and 2017, while the sound pressure results did not exceed the ECA for noise for 2003.

Keywords: mining, Early Environmental Assessment, water quality, flora and fauna.

Equipo a cargo del estudio

Profesión	Equipo técnico
Biología	García Aragón, Francisco; Guillermo Paccori, Zulay; Espino Ciudad, Jessica; Ríos García, Jhony; Trinidad Patricio, Huber; Delgado Cornejo, Jackeline
Ingeniería Química	Fajardo Vargas, Lázaro; Ancco Pichuilla Luis; Jaimes De La O, Omar
Ingeniería Ambiental	Álvarez Jaramillo, Richard
Ingeniería Geológica	Pechuga Melgar, Jacqueline; Luna Tello, Marvin
Ingeniería en Recursos Naturales Renovables	Morga Castellanos, Ericka

Objetivo

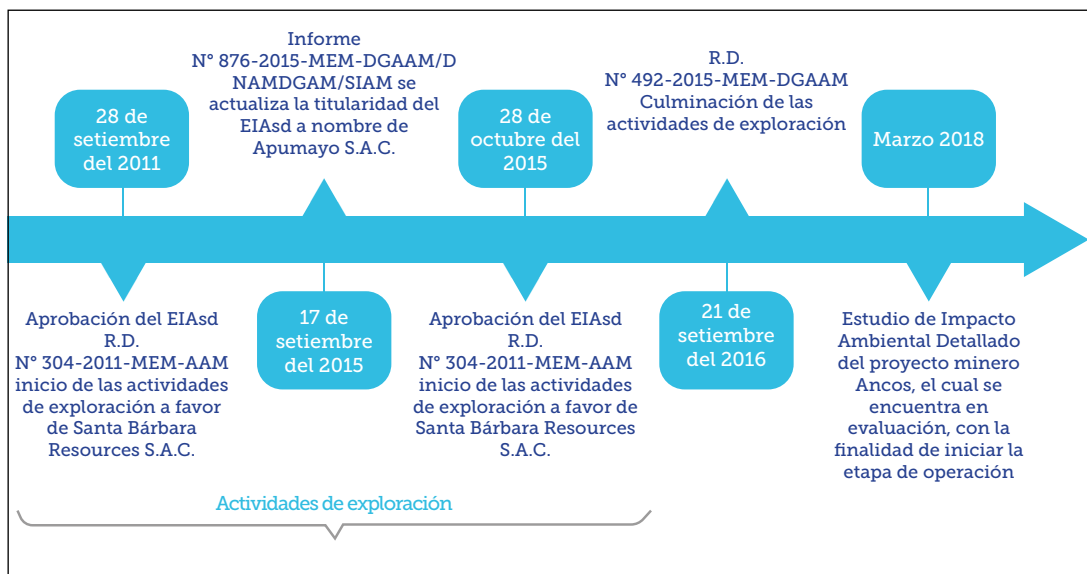
Evaluar la calidad ambiental en el área de influencia del proyecto minero Sancos para orientar el ejercicio de la fiscalización ambiental para la prevención de impactos ambientales negativos.

Antecedentes

Las actividades del proyecto de exploración minera Sancos en las concesiones Nancy I y Nancy II a favor de la empresa Santa Bárbara Resources iniciaron en el año 2011 con la aprobación del Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado (EIA-sd, Categoría II). En el año 2015, la empresa Apumayo S.A.C. asumió la titularidad y presentó el Informe Técnico Sustentatorio (ITS) para la ampliación del cronograma de actividades y ejecución de plataformas de perforación, que culminaron en el 2016. Posteriormente, durante el 2017 y 2018, el OEFA realizó la EAT en el área de influencia del proyecto minero Sancos, en cumplimiento del Plan Anual de Evaluación y Fiscalización Ambiental (Planefa). Se precisa que, en marzo del 2018, Apumayo S.A.C. presentó el Estudio de Impacto Ambiental Detallado (EIA-d) del proyecto minero Sancos ante el Servicio Nacional de Certificaciones Ambientales para las Inversiones Sostenibles (Senace), el cual se encuentra en evaluación, a fin de iniciar la etapa de operación.

Figura 1

Cronología de antecedentes del proyecto minero Sancos.



Aspectos sociales

La EAT en el área de influencia del proyecto minero Sancos contempló la participación ciudadana, considerando lo establecido en el Reglamento de participación ciudadana aprobado por el OEFA¹. De las siete etapas² establecidas en el reglamento mencionado, se desarrollaron seis, desde marzo de 2017 hasta mayo de 2018. Estas involucraron a diferentes agentes sociales, como a los presidentes de las comunidades campesinas de Sancos y Para; a los alcaldes distritales de Chaviña y Sancos, así como a la empresa minera Apumayo S.A.C.

Tabla 1

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

Etapa	Actividad
<ul style="list-style-type: none">• Etapa 1: Coordinación previa con los/as agentes involucrados/as• Etapa 2: Convocatoria• Etapa 3: Inscripción en los programas de inducción	Se desarrollaron del 8 al 14 de marzo del 2017, y en ellas se realizaron reuniones de coordinación previa con los/as representantes de los municipios de Sancos y Chaviña, y las comunidades campesinas de Sancos y Para.
<ul style="list-style-type: none">• Etapa 4: Realización de la inducción• Etapa 5: Taller para la presentación de la propuesta del plan	Los talleres de inducción y presentación de la propuesta del plan de trabajo se desarrollaron del 6 al 11 de abril del 2017 en Sancos, y el 4 de julio del 2017 en Para.

Área de estudio

El área de estudio comprendió el ámbito de influencia ambiental del proyecto minero Sancos³, que ocupa hidrográficamente las microcuencas Sancos y Para, de la cuenca Yauca. Políticamente ocupa los distritos de Chaviña y Sancos, provincia de Lucanas, departamento de Ayacucho. En la microcuenca Sancos se encuentran tres componentes mineros proyectados (un *pad* de lixiviación, un botadero de desmonte y dos tajos) y 13 cuerpos de agua (quebrada B o Yahuarcocha, quebrada intermitente 7, quebrada A, quebrada permanente 1, 2, 3, 4 y 5, quebrada Torpito, quebrada Jarhuisique, quebrada Futja, quebrada Huishue y el río Sancos). En la microcuenca Para se encuentran cuatro cuerpos de agua (quebrada D o Lambre, quebrada Larapage, quebrada intermitente 11 o C y el río Para) y ningún componente minero proyectado.

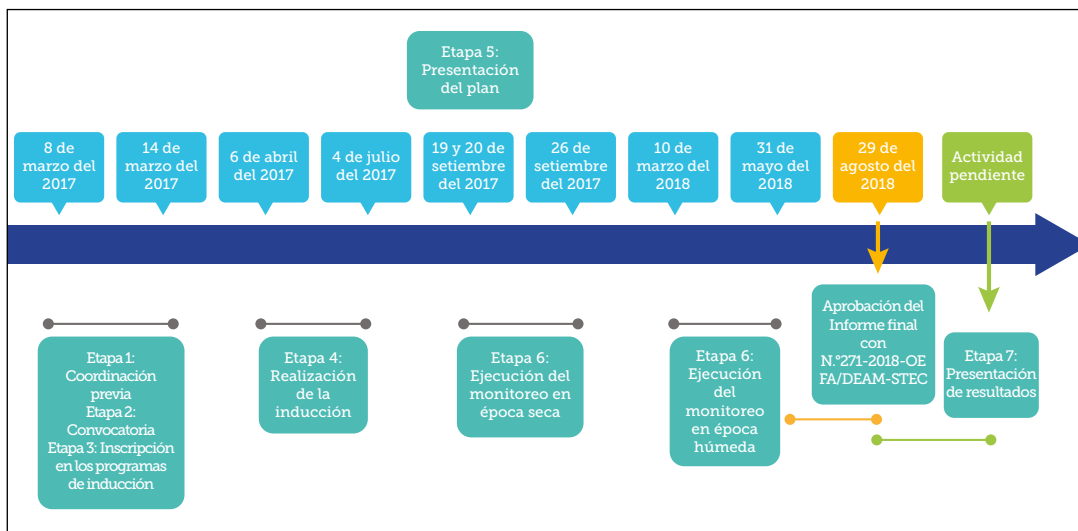
1 Aprobado mediante Resolución de Consejo Directivo N° 032-2014-OEFA/CD el 2 de setiembre de 2014 y su modificatoria mediante Resolución de Consejo Directivo N° 003-2016-OEFA/CD del 27 de febrero de 2016.

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: Taller de presentación de resultados.

3 Estas áreas corresponden al EIA-d presentado por Apumayo S.A.C. en marzo 2018 y que se encuentra en evaluación por el Senace a fin de iniciar la etapa de operación.

Figura 3

Periodo de estudio de la EAT en el ámbito de influencia del proyecto minero Sancos.



Metodología

La caracterización geológica local en 42 puntos de control geológico se realizó en marzo del 2018, los cuales estuvieron distribuidos en el ámbito de los componentes mineros proyectados, considerando los lineamientos del Manual de Estándares de Cartografía para la Digitalización de los Mapas Geológicos⁵. Se digitalizó la información colectada en campo para elaborar secciones geológicas en 2D e interpretar las unidades geológicas de los componentes proyectados en profundidad. Se utilizó el programa de diseño de mapas⁶, que permitió trazar las unidades geológicas en superficie mediante el método de unión de polígonos y la interpretación estructural regional empleando el método indirecto, basado en el procesamiento de imágenes satelitales Landsat 8.

El muestreo del agua en época seca (24 puntos) y época húmeda (49 puntos) de ríos, quebradas y manantiales se realizó en setiembre del 2017 y marzo del 2018, considerando los lineamientos del Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales⁷. Los resultados fueron comparados con los valores establecidos en la Categoría 3 de los ECA para agua 2008⁸, y de manera referencial con los ECA para agua 2017⁹. Asimismo, se realizó la caracterización hidroquímica de los tipos de agua, a fin de determinar el aporte de minerales del medio donde se encuentran.

5 Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico del Perú – 2016.

6 Software ArcGis 10.3.2

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

8 Aprobado mediante Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, el 30 de julio de 2008.

9 Aprobado mediante Decreto Supremo N° 004-2017 MINAM, el 7 de julio de 2017.

El muestreo de comunidades hidrobiológicas en época seca (24 puntos) y en época húmeda (34 puntos) en ríos, quebradas y manantiales se realizó en setiembre del 2017 y marzo del 2018, respectivamente, para lo cual se consideró 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 continentales¹⁰. El análisis de las comunidades hidrobiológicas de perifiton y macroinvertebrados bentónicos se basó en el cálculo de diferentes atributos de la comunidad, como composición, riqueza y abundancia; y también en el ABI, por sus siglas en inglés para determinar la calidad biológica considerando el número de individuos por grupo de macroinvertebrados bentónicos en cada punto evaluado.

Asimismo en el Anexo Pueblo Nuevo y el poblado Sancos se realizó el monitoreo en dos puntos de aire en mayo del 2018, considerando los ítems diseño del monitoreo (5) y escala del monitoreo (6) del Protocolo de Monitoreo de la Calidad del Aire y Gestión de los Datos¹¹, referidos a la representatividad y comparabilidad de los datos colectados en los cinco días de monitoreo a una escala local. Los resultados de PM₁₀ y PM_{2,5} fueron comparados con los valores establecidos en los ECA para aire¹². Los resultados de metales en PM₁₀ fueron comparados de manera referencial con los valores establecidos en la norma canadiense¹³.

En el Anexo Pueblo Nuevo, el poblado Sancos y los caminos de acceso al proyecto minero se realizó el monitoreo de ruido en 11 puntos durante el mes de mayo del 2018, considerando lo estipulado por las Normas Técnicas Peruanas (NTP) sobre Acústica¹⁴. Los resultados fueron comparados con los valores para zona residencial e industrial establecidos en los ECA para ruido¹⁵.

El muestreo de suelo en 90 puntos distribuidos en los suelos Sancos (30), Pacchiri (30) y Yahuarcocha (30) se realizó en mayo del 2018, considerando las recomendaciones establecidas en la sección 1.3.3 (tipos de muestreo), sección 5 (determinación de puntos de muestreo) y el Anexo N° 2 de la Guía para Muestreo de Suelos del Ministerio del Ambiente (Minam)¹⁶.

La evaluación de flora consistió en el recorrido de 20 transectos distribuidos en cuatro zonas, y se realizó en mayo del 2018, considerando los lineamientos establecidos en la Guía de inventario de la flora y vegetación del Minam¹⁷ y el Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal¹⁸. El criterio de análisis de la comunidad de flora se basó en el cálculo de diferentes atributos de la comunidad,

-
- 10 Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Museo de Historia Natural. 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.
 - 11 Aprobado mediante Resolución Directoral N° 1404-2005-DIGESA, el 9 de octubre de 2015
 - 12 Aprobado mediante Decreto Supremo N° 074-2001-PCM, Decreto Supremo N° 003-2008-MINAM y Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM de manera referencial.
 - 13 Ontario's Ambient Air Quality Criteria 2012.
 - 14 NTP - ISO 1996-1:2007. Parte 1 Índices básicos y procedimiento de evaluación y la NTP - ISO 1996-2:2008 Parte 2. Determinación de los niveles de ruido ambiental.
 - 15 Aprobado mediante Decreto Supremo N° 085-2003-PCM, el 30 de octubre de 2003.
 - 16 Aprobado mediante Resolución Ministerial N° 085-2014-MINAM, el 31 de marzo de 2014.
 - 17 Aprobado mediante Resolución Ministerial N° 059-2015-MINAM, el 19 de marzo de 2015.
 - 18 Mostacedo y Fredericksen (2000).

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 según la legislación peruana y/o internacional, como la IUCN del 2018 y/o la Lista de Especies Amenazadas de Flora Silvestre del Perú de la Cites del 2015.

La evaluación de anfibios y reptiles, realizada en marzo del 2018, consistió en el recorrido de siete transectos distribuidos en tres zonas y 34 búsquedas por encuentros visuales distribuidos en cuatro zonas, mientras que la evaluación de mamíferos consistió en el recorrido de 10 transectos distribuidos en cuatro zonas y se instalaron 10 cámaras trampa distribuidas en tres zonas durante 25 a 28 días, considerando los lineamientos de los Capítulos 4 y 5 de la Guía de Inventario de la Fauna Silvestre del Minam¹⁹. La identificación de anfibios y reptiles se realizó mediante la revisión de bibliografía especializada, como descripciones de especies para la comparación de caracteres morfológicos²⁰; mientras que el análisis de mamíferos se basó en los datos cualitativos y los datos cuantitativos. Esta información sirvió para determinar la composición y el estado de conservación según la legislación peruana y/o internacional, como la Cites del 2017.

Parámetros de comparación

Se presentan los parámetros evaluados en agua, aire y ruido que fueron comparados con un estándar de calidad ambiental establecido en la legislación peruana y/o aprobado en el Instrumento de Gestión Ambiental (IGA). Los demás componentes evaluados no presentan ninguna norma de comparación porque son considerados con fines de caracterización y correlación.

Tabla 2

Parámetros de comparación por componente ambiental.

Componente	Parámetro evaluado		Estándar de Calidad Ambiental (ECA) o guías utilizadas
Agua	<ul style="list-style-type: none"> • Demanda Química de Oxígeno • Sólidos Suspendidos Totales^a • Sólidos Totales Disueltos^a • Cromo hexavalente total • Silicio disuelto • Silicio total • Mercurio total • Mercurio disuelto • Metales totales 	<ul style="list-style-type: none"> • Cianuro débil y disociable (WAD) • Bicarbonatos • Cloruros • Sulfuros • Sulfatos • Nitratos • Nitrógeno amoniacal • Carbonatos • Metales disueltos 	<p>Categoría 3 del ECA para agua 2008^b</p> <p>Categoría 3 del ECA para agua 2017^c</p>

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

20 Aguilar C. y Valencia N. 2005, Barrinuevo J.S 2017, Catenazzi A, Vargas V. y Lehr E 2015, De la Riva 2005, De la Riva I, García-París M, Parra-Olea G. 2010, Vellard 1951.

Aire	<ul style="list-style-type: none"> • Material particulado menor a 10 micras (PM_{10}) • Material particulado menor a 2,5 micras ($PM_{2,5}$) • Metales en PM_{10} 	<ul style="list-style-type: none"> • ECA para aire 2001b • ECA para aire 2008b • ECA para aire 2017c • Norma canadiense 2012b
Ruido	<ul style="list-style-type: none"> • Nivel de presión sonora constante, expresado en decibeles A (LAeqT) en horario diurno 	<ul style="list-style-type: none"> • ECA para ruido 2003 - zona residencial e industrial^{b y c}

^a Parámetros sin valor de comparación

^b Norma del IGA

^c Norma vigente o referencial

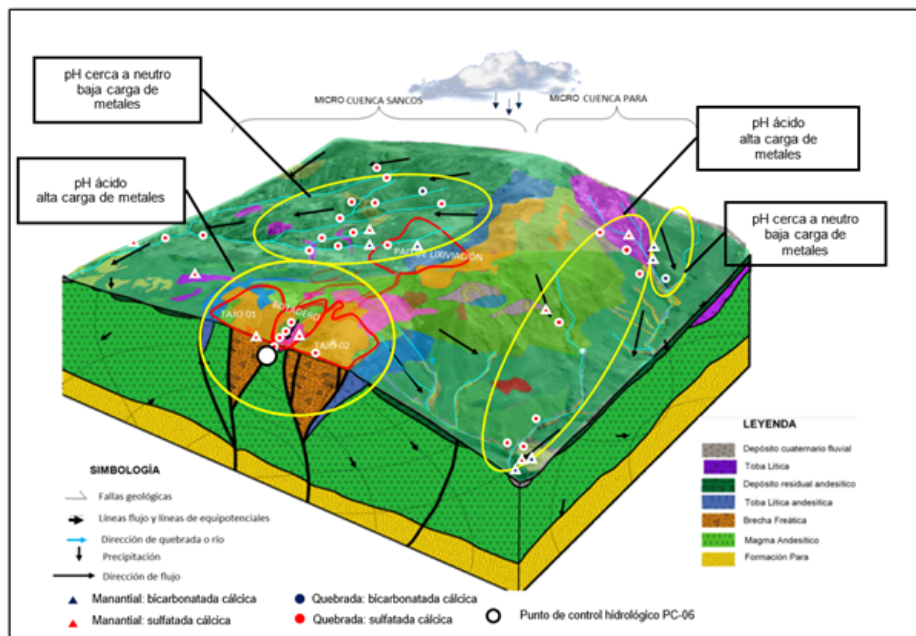
Resultados

Modelo conceptual

La composición hidroquímica de los cuerpos de agua en el área de estudio es determinada por el contexto geológico local, debido a la interacción oxígeno-agua-roca en zonas mineralizadas con alteración argílica, con presencia de minerales de óxido de hierro (hematita, limonita) y oxidación de sulfuros de hierro (pirita) que desencadenan la oxidación de minerales sulfurosos que incrementan la concentración de sulfatos, acidificando el agua y liberando metales como aluminio, hierro y manganeso, entre otros. En zonas alejadas de mineralización el proceso de interacción del agua de lluvia con los suelos orgánicos e inorgánicos otorga las condiciones básicas, liberando menores concentraciones de metales a los cuerpos de agua.

Figura 4

Modelo conceptual de la EAT en el ámbito de influencia del proyecto minero Sancos.



Fuente: OEFA-DEAM, 2018

Calidad de agua, hidroquímica y evaluación hidrobiológica

Las quebradas y ríos del ámbito en el que se ubican los tajos, el botadero y el pad de lixiviación proyectados registraron concentraciones de aluminio, hierro y manganeso que superaron los valores establecidos en los ECA para agua Categoría 3 del 2008 y 2017, excepto en las quebradas Larapage, A, Permanente 1, Permanente 2 y Permanente 3, en las que los valores no superaron los estándares mencionados. Las mayores concentraciones se registraron en las quebradas Lambre, intermitente 7 y Yahuarcocha, ubicadas en un contexto geológico de afloramientos rocosos con múltiples etapas de mineralización y con tres tipos de alteración (argílica, sílica y óxidos de hierro), y afectadas por fallas con dirección preferencial norte-sur y este-oeste. Sus aguas se clasificaron como ácidas con alta carga de metales, y fueron de tipo sulfatada cálcica. Además, estas quebradas presentaron una menor riqueza, abundancia y diversidad de perifiton (microalgas) y macroinvertebrados bentónicos, asociados a ambientes de pH ácidos y conductividades bajas, otorgándole una calidad biológica de pésima a mala según el ABI, por la presencia de las familias *Chironomidae* y *Gyrinidae* que son tolerantes a estas condiciones.

Las quebradas Larapage, A, Permanente 1, Permanente 2 y Permanente 3 que cumplieron con los ECA para agua Categoría 3 del 2008 y 2017 se encuentran en un contexto geológico formado por depósitos morrénicos antiguos y rocas volcánicas con moderada alteración argílica, afectadas por fallas con dirección preferencial noroeste-sureste y este-oeste, que se clasificaron como aguas con pH cerca a neutro y baja carga de metales, y fueron de tipo sulfatada cálcica. Además, estas quebradas presentaron una mayor riqueza, abundancia y diversidad de perifiton (microalgas) y macroinvertebrados bentónicos asociadas a pH cerca a neutros y conductividades bajas, otorgándole una calidad biológica de moderada a buena según el ABI por la presencia de las familias *Leptophlebiidae*, *Gripopterygidae* e *Hydrobiosidae*, que son sensibles a estas condiciones.

Tabla 3

Cantidad de puntos que superaron y/o estuvieron fuera del rango de los ECA para agua en setiembre 2017 – época seca.

Punto de monitoreo	Época	Unidad y parámetro	Norma del IGA ^a (puntos)	Norma o referencia ^b (puntos)
Quebrada D o Lambre	Seca	Unidad de pH	3	3
Quebrada Intermitente 8 o Miskiyacu			1	1
Quebrada B o Yahuarcocha			2	2
Quebrada A			1	1
Quebrada Permanente 1			1	1
Quebrada Permanente 2			1	1
Quebrada Permanente 4			1	1
Quebrada Jarhuisique			1	1
Quebrada Futja			1	1

Punto de monitoreo	Época	Unidad y parámetro	Norma del IGA ^a (puntos)	Norma o referencia ^b (puntos)
Quebrada Huishue	Seca	Unidad de pH	1	1
Río Para			2	2
Río Sancos			2	2
Manantial			1	1
Quebrada Intermitente 8 o Miskiyacu		Oxígeno disuelto	1	1
Manantiales			3	3
Manantial	Seca	Sulfuros	1	No Aplica
Quebrada D o Lambre	Seca	Sulfatos	3	Ninguno
Quebrada Torpito			1	
Quebrada Jarhuisique			1	
Quebrada Futja			1	
Río Para			2	
Río Sancos			2	
Manantial			1	
Quebrada D o Lambre	Seca	Aluminio total	3	3
Quebrada B o Yahuarcocha			2	2
Quebrada Torpito			1	1
Manantial			1	1
Manantial	Seca	Arsénico total	1	1
Quebrada Jarhuisique	Seca	Calcio total	1	Ninguno
Quebrada D o Lambre	Seca	Cobalto total	3	3
Manantiales	Seca	Boro total	Ninguno	2
Quebrada D o Lambre	Seca	Hierro total	2	Ninguno
Quebrada B o Yahuarcocha			2	
Quebrada Permanente 1			1	
Quebrada Torpito			1	
Manantial			1	
Quebrada D o Lambre	Seca	Manganeso total	3	3
Quebrada intermitente 8 o Miskiyacu			1	1
Quebrada B o Yahuarcocha			2	2
Quebrada permanente 4			1	1
Quebrada Jarhuisique			1	1
Quebrada Torpito			1	1
Río Sancos			2	2

^aECA para agua del 2008, aprobado mediante Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM.

^bECA para agua del 2017, aprobado mediante Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM

Tabla 4

Cantidad de puntos que superaron y/o estuvieron fuera del rango de los ECA para agua en marzo 2018 – época húmeda.

Punto de monitoreo	Época	Unidad y parámetro	Norma del IGA ^a (puntos)	Norma o referencia ^b (puntos)
Quebrada Jarhuisique			1	Ninguno
Quebrada Futja			1	Ninguno
Quebrada Huishue			1	Ninguno
Río Sancos			2	Ninguno
Manantiales			2	Ninguno
Quebrada D o Lambre	Húmeda	Aluminio total	4	4
Quebrada Intermitente 11 o C			1	1
Quebrada B o Yahuarcocha			2	2
Quebrada Torpito			1	1
Quebrada Intermitente 7			3	3
Quebrada Jarhuisique			1	1
Manantiales			5	5
Manantial	Húmeda	Arsénico total	2	2
Quebrada D o Lambre	Húmeda	Cobalto total	4	4
Manantial	Húmeda	Cromo hexavalente	1	No Aplica
Manantial	Húmeda	Boro total	Ninguno	1
Quebrada D o Lambre	Húmeda	Hierro total	3	2
Quebrada B o Yahuarcocha			1	Ninguno
Quebrada interminetente 7			3	Ninguno
Quebrada Torpito			1	Ninguno
Manantiales			2	2
Quebrada D o Lambre	Húmeda	Manganeso total	4	4
Quebrada B o Yahuarcocha			2	2
Quebrada Intermitente 7			3	3
Quebrada Permanente 4			2	2
Quebrada Jarhuisique			2	2
Quebrada Torpito			1	1
Río Para			2	2
Río Sancos			2	2
Manantiales	4	4		

^a Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM

^b Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM

Calidad de aire y ruido

Las concentraciones promedio de 24 horas de material particulado menor o igual a 10 micras (PM_{10}) y menor o igual a 2,5 micras ($PM_{2,5}$) no superaron los ECA para aire 2001, 2008 y 2017 en el poblado Sancos y el Anexo Pueblo Nuevo. En cuanto a los metales en PM_{10} , estos no excedieron los valores de estándares de la norma canadiense referencial²¹, y los niveles de presión sonora registrados durante la evaluación ambiental en 11 puntos de monitoreo en horario diurno no superaron los ECA para ruido 2003.

Calidad de suelo

Se determinaron los valores de nivel de fondo de 24 metales y metaloides en los tipos de suelos Sancos, Pacchiri y Yahuarcocha. Al respecto, el suelo Sancos presentó las mayores concentraciones de arsénico, plomo y mercurio en comparación con los suelos Pacchiri y Yahuarcocha, debido a su cercanía a la zona mineralizada, que es un yacimiento epitermal de oro y plata de alta sulfuración del Mio Plioceno.

Evaluación de flora y fauna

Respecto a la flora, en la parte baja del área del botadero y los tajos proyectados se identificó la formación vegetal predominante matorral, con 138 especies, con mayor abundancia relativa de las familias *Rosaceae*, *Asteraceae* y *Poaceae*, de las cuales seis se encuentran incluidas en la Lista roja de especies amenazadas de la IUCN 2018, la lista de especies amenazadas de flora silvestre del Perú²² y/o la Convención Cites del 2015, y sólo dos son endémicas y amenazadas por estar incluidas en alguno de los documentos mencionados. Respecto a la fauna silvestre, mediante evidencias cualitativas como observación directa de huellas, madrigueras, heces, excavación y captura fotográfica a través de cámaras trampa se registraron cinco especies de mamíferos: zorro (*Lycalopex culpaeus*), taruca (*Hippocamelus antisensis*), comadreja (*Mustela frenata*) y zorrino (*Conepatus chinga*) y vizcacha (*Lagidium peruanum*).

Respecto a la flora, en el área del pad de lixiviación proyectado se identificaron las formaciones vegetales pajonal mixto, roquedal y bosque de queñual (*Polylepis*), este último considerado un ecosistema frágil con 94 especies, con mayor abundancia relativa de las familias *Rosaceae*, *Calceolariaceae*, *Asteraceae* y *Poaceae*. En el ecosistema frágil bosque de queñual (*Polylepis*) se determinó que diez especies se encuentran incluidas en la Lista Roja de Especies Amenazadas de la IUCN del 2018, la lista de especies amenazadas de flora silvestre del Perú y/o la Cites del 2015, y sólo una es endémica y amenazada por estar incluida en alguno de los documentos mencionados.

21 Ontario's Ambient Air Quality Criteria (2012)

22 Aprobado mediante Decreto Supremo N° 043-2006-AG, el 13 de julio de 2006.

Tabla 5

Estado de conservación de las especies de flora silvestre registradas en el área de estudio.

Especie	IUCN 2018	D.S N° 043-2006 AG	Cites 2015	Ámbito de los tajos y botadero proyectados Presencia/ Endemismo	Ámbito del pad de lixiviación proyectado Presencia/ Endemismo
<i>Baccharis genistelloides</i>	-	NT	-	X/-	X/-
<i>Parastrephia quadrangularis</i>	-	Vu	-	-/-	X/-
<i>Perezia coerulescens</i>	-	Vu	-	X/-	X/-
<i>Senecio chachaniensis</i>	-	CR	-	-/-	X/Sí
<i>Senecio nutans</i>	-	Vu	-	-/-	X/-
<i>Austrocylindropuntia floccosa</i>	LC	-	Apéndice II	-/-	X/-
<i>Austrocylindropuntia subulata</i>	LC	-	Apéndice II	X/-	-/-
<i>Corryocactus brevistylus</i>	LC	-	Apéndice II	X/Sí	-/-
<i>Cumulopuntia sphaerica</i>	LC	-	Apéndice II	X/-	X/-
<i>Ephedra rupestris</i>	LC	CR	-	-/-	X/-
<i>Escallonia myrtilloides</i>		Vu	-	X/-	X/-
<i>Myrcianthes quinqueloba</i>		Vu	-	X/Sí	-/-
<i>Kageneckia lanceolata</i>	Vu A1cd	CR	-	X/-	-/-
<i>Polylepis tomentella</i>	-	EN	-	-/-	X/-
<i>Solanum acaule</i>	-	NT	-	-/-	X/-

LC: Preocupación menor

VU: Vulnerable

NT: Casi amenazado

CR: En Peligro Crítico

EN: En Peligro

Respecto a la fauna silvestre, mediante evidencias cualitativas como observación directa de huellas, madrigueras, heces, excavación y captura fotográfica a través de cámaras trampa se registraron siete especies de mamíferos: vizcacha de montaña, zorrino, la comadreja, el puma (*Puma concolor*), la vicuña (*Vicugna vicugna*), gato de pajonal (*Leopardus colocolo*) y la taruca. Asimismo, en la quebrada A se registró la rana K'ayra (*Telmatobius cf. Intermedius*), categorizada como una especie con Datos Insuficientes en la lista de especies amenazadas de fauna silvestre del Perú y con distribución restringida en el departamento de Ayacucho.

Conclusiones

La composición hidroquímica de los cuerpos de agua en el ámbito de los tajos y botadero proyectados registraron concentraciones de metales que no superaron los ECA para agua Cat. 3 (2008 y 2017); dicha composición es generada por la interacción con zonas mineralizadas del yacimiento epitermal, que determina mayores concentraciones de arsénico, plomo y mercurio registradas en el suelo Sancos en comparación a los suelos Pacchiri y Yahuarcoha. Además, otorgan condiciones ácidas y liberan metales con menor riqueza, abundancia y diversidad de comunidades hidrobiológicas, otorgándole una calidad biológica de pésima a mala según el índice biótico andino.

Respecto a la flora, resalta la presencia de las especies endémicas sanky y guayabillo, incluidas en la lista de especies amenazadas de la IUCN del 2018, la Lista de Especies Amenazadas de Flora Silvestre del Perú y/o la Cites del 2015. Respecto a la fauna, se resalta la presencia de los mamíferos taruca y zorro, por estar incluidos en los Apéndices I y II de la Cites del 2017, respectivamente.

La composición hidroquímica de los cuerpos de agua en el ámbito del pad de lixiviación proyectado que se ubica en una zona alejada de la mineralización es determinada por la interacción del agua de lluvia con los suelos orgánicos e inorgánicos que otorgan condiciones básicas y liberan metales con mayor riqueza, abundancia y diversidad de comunidades hidrobiológicas, otorgándole una calidad biológica de moderada a buena según el ABI. Respecto a la flora, se resalta la presencia de Senecio chachaniensis y de un ecosistema frágil compuesto por el bosque de queñual. Respecto a la fauna, se resalta que cuatro mamíferos se encuentran incluidos en los Apéndices I y II de la Cites del 2017 y la presencia del anfibio K'ayra, con distribución restringida en el departamento de Ayacucho.

El poblado Sancos presentó mayores concentraciones de PM_{10} y metales (arsénico, plomo, estroncio, titanio, vanadio, zinc, aluminio, calcio y silicio) en comparación con las concentraciones registradas en el Anexo Pueblo Nuevo; no obstante, en ambas estaciones dichas concentraciones no superaron los valores ECA para aire del 2017 ni la norma referencial de la guía canadiense del 2012. Estos metales predominantes en el material particulado en el poblado Sancos coinciden con la presencia de los metales mencionados en el tipo de suelo Sancos, lo que evidencia la posible resuspensión del material particulado por la erosión de suelos.

Los niveles de presión sonora registrados durante la evaluación ambiental en 11 puntos de monitoreo en horario diurno no superaron los ECA para ruido según la norma peruana para zona industrial y residencial.

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.

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 de muestreo de suelos*. Resolución Ministerial N° 085-2014-MINAM. 31 de marzo de 2014.

Ministerio del Ambiente (2015). *Guía de inventario de flora y vegetación*. Resolución Ministerial N° 059-2015-MINAM. 19 de marzo de 2015.

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.

Presidencia del Consejo de Ministros (2003). *Reglamento de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental de Ruido*. Decreto Supremo N° 085-2003-PCM. 30 de octubre de 2003.

Ministerio de Agricultura (2006). *Categorización de las especies amenazadas de flora silvestre*. Decreto Supremo N° 043-2006-AG. 06 de julio de 2006.

Ministerio de Agricultura (2014). *Categorización de las especies amenazadas de fauna silvestre*. Decreto Supremo N° 004-2014-MINAGRI. 08 de abril de 2014.

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (2018). *Evaluación ambiental temprana en el área de influencia del proyecto minero Sancos de Apumayo S.A.C. durante el 2017 y 2018*. Informe N°271-2018-OEFA/DEAM-STEC. 29 de agosto de 2018.

Base de datos

- Portal de Datos Abiertos.
<http://datosabiertos.oefa.gob.pe/dashboards/20539/evaluaciones-ambientales-tempranas-eat/>
- Repositorio de Ciencia y Tecnología del OEFA
<https://repositorio.oefa.gob.pe/handle/20.500.12788/104>

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

Distrito de Quiñota, provincia de Chumbivilcas, departamento de Cusco; y distrito de Haqira, provincia de Cotabambas, departamento de Apurímac, Perú (2017-2018).

Resumen

El Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA), sobre la base del principio de prevención, realizó acciones de Evaluación Ambiental Temprana (EAT) en el ámbito de influencia del proyecto minero Utunsa durante el año 2017 y el año 2018, las cuales involucraron a diversos/as agentes sociales. Para ello se realizaron estudios especializados de caracterización hidroquímica, de comunidades hidrobiológicas y de flora y fauna, además del muestreo del agua superficial de las quebradas que conforman la microcuenca Yahuarmayo, donde se ubica un tajo proyectado; la microcuenca Chicorume – Pallani, donde se ubican dos tajos y un botadero de desmonte proyectados; y la microcuenca Huayllani, donde se ubica un pad de lixiviación proyectado.

Los cuerpos de agua evaluados en las tres microcuencas no registraron valores que superaran los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua del 2015 y 2017, y fueron de tipo bicarbonatada cálcica, excepto las quebradas locales Utunsa, Parca Orjo y Surimana, que registraron valores de pH fuera del rango y concentraciones de aluminio, hierro y manganeso que superaron los estándares mencionados y fueron de tipo sulfatada cálcica. Estas condiciones fisicoquímicas limitan el desarrollo de comunidades hidrobiológicas, y presentan una calidad biológica de moderada (época seca) a pésima (época húmeda), según el índice biótico andino. En cuanto a la flora silvestre, se identificaron cuatro formaciones vegetales (Laguna, Bofedal, Pajonal y Roquedal) y se registraron 154 especies, de las cuales seis fueron endémicas. Con relación a la fauna silvestre, se registraron cuatro especies de anfibios, dos especies de reptiles, 21 especies de aves y ocho especies de mamíferos que se encontraron en algún estado de conservación, resaltando la presencia del mamífero vizcacha en el área de estudio.

La calidad de aire evaluada en cuatro estaciones se calificó como Buena de acuerdo a los valores del índice de calidad de aire para material particulado PM_{10} , y la predominancia de los vientos se registró en los cerros Utunsa y Saywachayoj, que se encuentran en el área en la que se emplaza el proyecto minero Utunsa.

Palabras clave: minería, Evaluación Ambiental Temprana, calidad de agua, calidad de aire, flora y fauna.

Abstract

The Environmental Assessment and Enforcement Agency (OEFA, by its acronym in spanish), based on the preventive principle of the evaluation function, carried out Early Environmental Assessment (EAT, by its acronym in spanish) actions in the Utunsa mining project during 2017 and 2018, involving social agents, to generate information that guides the exercise of environmental control for the prevention of negative environmental impacts on environmental quality, through a diagnosis of the causes or effects of the alteration in the study area. For this, specialized studies were carried out, such as hydrochemical characterization, hydrobiological communities, flora and fauna. In addition, the sampling of the surface water of the streams that make up the Yahuarmayo micro-basin, where one projected pit is located, Chicorume - Pallani micro-basin, where two pits and one projected waste dump are located, and the Huayllani micro-basin, where one projected leaching pad is located.

The bodies of water evaluated in the three micro-basins did not register values of any parameter that exceeded the ECA for water 2015 and 2017, and were of the calcium bicarbonate type; except for the Local, Utunsa, Parca Orjo and Surimana streams that registered pH values outside the range and concentrations of aluminum, iron and manganese that exceeded the mentioned standards and were calcium sulphated. These physicochemical conditions limit the development of hydrobiological communities, presenting a biological quality from moderate (dry season) to terrible (wet season) according to the andean biotic index. As for the wild flora, four plant formations were identified (Laguna, Bofedal, Pajonal and Roquedal) and 154 species were registered, of which six were endemic. In relation to wild fauna, four species of amphibians, two species of reptiles, 21 species of birds and eight species of mammals in some state of conservation were recorded, highlighting the presence of the mammal vizcacha (*Lagidium viscacia*) in the study area.

The air quality evaluated in four stations was classified good according to the values of the air quality index (INCA) for PM_{10} and the predominance of the winds was recorded in the Utunsa and Saywachayoj hills located are in the area where the Utunsa mining project is being developed.

Keywords: mining, Early Environmental Assessment, specialized studies, hydrochemical characterization

Equipo a cargo del estudio

Profesión	Equipo técnico
Biología	García Aragón, Francisco; Llanos Vásquez, Carlos; Chama Moscoso Víctor; Crespo More, Segundo; Escobedo Torres, Mario; Guzmán Caldas, Alfredo; Cáceres Muña, Alex
Ingeniería Química	Fajardo Vargas, Lázaro; Ancco Pichuilla, Luis; Jaimes De La O., Omar
Ingeniería Ambiental	López Tarazona, Rossan; Pómez Quiroz, Bryant
Ingeniería Geológica	Farfán Meza, José Carlos
Química	Marcelo Torre, Miguel
Ingeniería Agrónoma	Santa Cruz Becerra, Carlos

Objetivo

Evaluar la calidad ambiental en el área de influencia del proyecto minero Utunsa para orientar el ejercicio de la fiscalización ambiental para la prevención de impactos ambientales negativos.

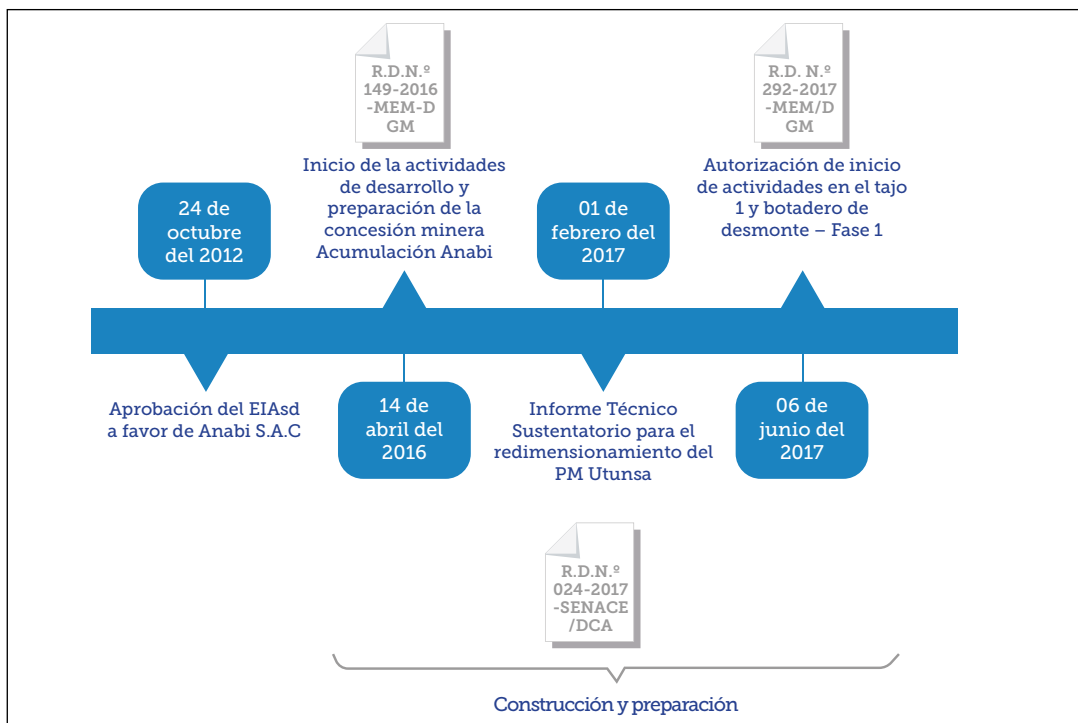
Antecedentes

El Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado (EIA-sd) del proyecto minero Utunsa de Anabi S.A.C. se aprobó en el 2012, pero las actividades de desarrollo y preparación

de la concesión minera Acumulación Anabi se aprobaron en el 2016. El primer Informe Técnico Sustentatorio (ITS) del redimensionamiento del proyecto minero y el inicio de actividades en el Tajo 1 y botadero de desmonte se aprobó en el 2017.

Figura 1

Cronología de antecedentes de la EAT en el ámbito de influencia del proyecto minero Utunsa.



Aspectos sociales

La EAT en el ámbito de influencia del proyecto minero Utunsa contempló la participación ciudadana según lo establecido en el Reglamento de participación ciudadana aprobado por el OEFA¹. Se desarrollaron seis de las siete etapas² establecidas en el reglamento mencionado, desde junio de 2017 hasta setiembre del 2018, las cuales involucraron a los/as agentes sociales de las comunidades campesinas de Pumallacta, Piscocalla y Huanca Umuyto; de los distritos de Quiñota y Haquira; y a la empresa Anabi S.A.C., como titular del proyecto minero.

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 y Etapa 7: Presentación de resultados.

Tabla 1

Participación ciudadana en la ejecución de la EAT en el área de influencia del proyecto minero Utunsa.

Etapa	Fecha	Participantes hombres	Participantes mujeres	Total
Etapa preliminar: Visita de reconocimiento ^a	Del 24 al 30 de junio del 2017	42	5	47
Etapa 1: Coordinación previa con los/as agentes involucrados/as				
Etapa 2: Convocatoria ^b				
Etapa 3: Inscripción en los programas de inducción		---	---	---
Etapa 4: Realización de la inducción	18 al 25 de julio del 2017	193	43	236
Etapa 5: Taller para la presentación de la propuesta de plan				
Etapa 6: Ejecución del monitoreo	9 al 26 de agosto del 2017	6	2	8
	5 al 14 de marzo del 2018	---	---	---

--- No se cuenta con registro.

^a Esta etapa no está considerada en el Reglamento de Participación Ciudadana, pero es necesaria para el reconocimiento técnico del área de estudio.

^b La convocatoria se realizó mediante los medios radiales locales Imperio Solar y Doble A.

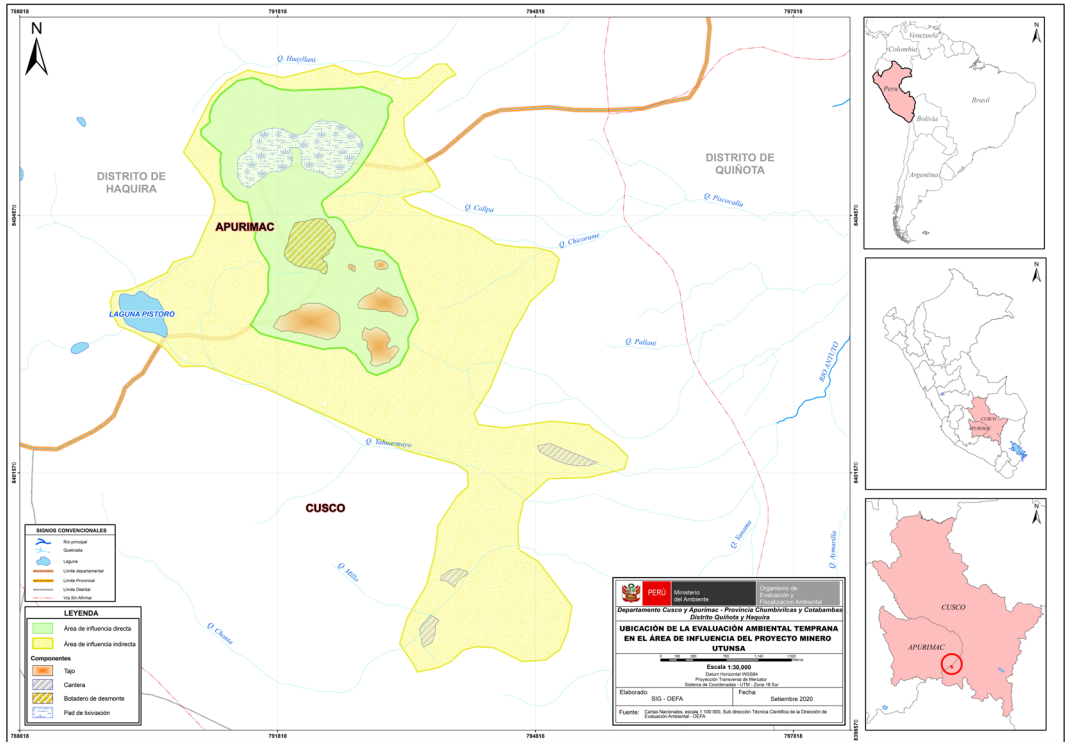
Área de estudio

El área de estudio comprendió el ámbito de influencia ambiental directa e indirecta del proyecto minero Utunsa, que ocupa hidrográficamente las microcuencas Yahuarmayo, Chicorume – Pallani y Huayllani. Políticamente ocupa el distrito de Quiñota, provincia Chumbivilcas, departamento del Cusco; y el distrito de Haqira, provincia de Cotabambas, departamento de Apurímac.

En la microcuenca Yahuarmayo se encuentra un tajo proyectado y la quebrada local Yahuarmayo, laguna Pistoro; en la microcuenca Chicorume – Pallani se encuentran un botadero de desmonte y las quebradas Parca Orjo, Utunsa, Collpa, Chicorume, Pallani, Umasa, y la quebrada y laguna Angascocha, y en la microcuenca Huayllani se encuentra un pad de lixiviación proyectado y las quebradas Huayllani y Surimana.

Figura 2

Área de estudio de la EAT en área de influencia del proyecto minero Utunsa.

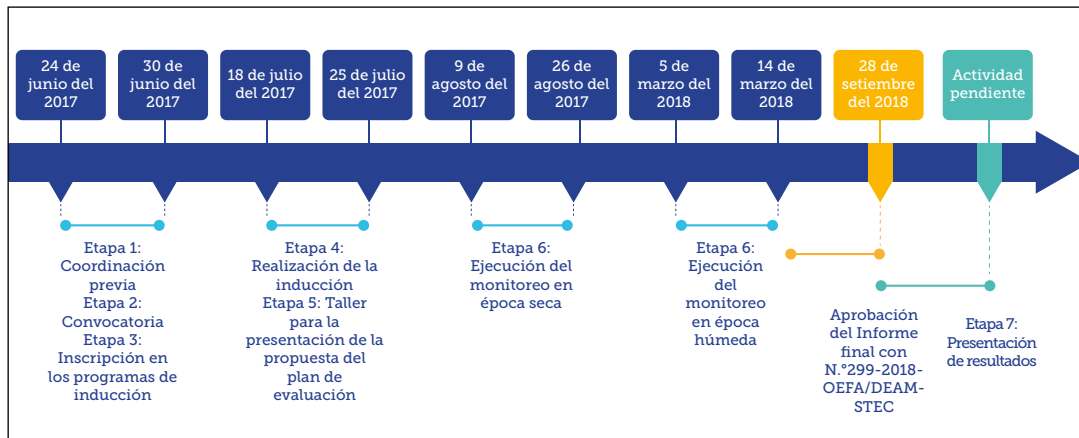


Periodo de estudio

El periodo de estudio de la EAT, en cumplimiento del Plan Anual de Evaluación y Fiscalización Ambiental (Planefa), inició con la etapa de coordinación previa con los/as agentes sociales el 24 de junio del 2017 hasta la emisión del informe final aprobado³. La presentación de resultados está pendiente debido a la declaratoria de emergencia por el Covid-19 a nivel nacional.

Figura 3

Periodo de estudio de la EAT en el área de influencia del proyecto minero Utunsa.



Metodología

El muestreo de agua en lagunas y quebradas se realizó en agosto del 2017 y marzo del 2018, considerando la época seca (40 puntos) y época húmeda (54 puntos), y lo establecido en los lineamientos del Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales⁴. Los resultados fueron comparados con los valores de la Categoría 3 de los ECA para agua del 2015⁵, y de manera referencial con los ECA para agua del 2017⁶. Asimismo, se realizó la caracterización hidroquímica de los tipos de agua, a fin de determinar el aporte de minerales del medio donde se encuentran.

El muestreo de sedimentos en época húmeda se realizó en 23 puntos ubicados en lagunas y quebradas en marzo del 2018, considerando el manual técnico de Métodos para Colección, Almacenamiento y Manipulación de Sedimentos para Análisis Químicos y Toxicológicos (2001) y el Procedimiento Operativo Estándar del Muestreo de Sedimentos (2016), ambos de la EPA. Los resultados fueron comparados de manera referencial con los valores establecidos en la guía canadiense⁷.

El muestreo de comunidades hidrobiológicas contempló 24 puntos en época seca y 43 puntos en época húmeda ubicados en lagunas y quebradas, y se realizó en agosto del 2017 y marzo del 2018, considerando los ítems 3 (*Plancton*), 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.

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

5 Modifican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua y establecen disposiciones complementarias para su aplicación, mediante Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM, del 19 de diciembre de 2015.

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

7 Canadian Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life, 1999, actualizada el 2002 por el Consejo de Ministros canadiense del medio ambiente.

8 Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2014.

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 y abundancia, así como el ABI para determinar la calidad biológica considerando el número de individuos por grupo de macroinvertebrados bentónicos en cada punto evaluado.

En los poblados de Piscococalla y de Hatun Rumiyoc se estableció un punto de muestreo de calidad del aire en cada zona, y en el ámbito del proyecto minero dos puntos de muestreo, considerando los ítems 5 (diseño del monitoreo) y 6 (escala del monitoreo) del Protocolo de Monitoreo de la Calidad del Aire y Gestión de los Datos⁹. Los resultados del material particulado menor a 10 micras (PM₁₀) fueron comparados con los valores establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para aire del 2001 y 2017¹⁰. Los resultados de metales en PM₁₀ fueron comparados de manera referencial con los valores establecidos en la norma canadiense¹¹, mientras que la calidad de aire se clasificó según el Índice de Calidad de Aire (INCA) establecido por el Minam¹².

La evaluación de flora consistió en el recorrido de 78 transectos distribuidos en 13 zonas y se realizó en marzo del 2018, considerando los lineamientos establecidos en la Guía de Inventario de la Flora y Vegetación del Minam¹³ y en el Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal¹⁴. El criterio de análisis de la comunidad de flora se basó en el cálculo de diferentes atributos de la comunidad, tales como especies, riqueza de especies, diversidad de especies, abundancia, equidad, curva de acumulación de especies, especies endémicas y el análisis multivariado.

La evaluación de anfibios, reptiles, aves y mamíferos se realizó en marzo del 2018, considerando los lineamientos de los Capítulos 4 y 5 de la Guía de Inventario de Fauna Silvestre del Minam¹⁵. La evaluación de anfibios y reptiles consistió en el recorrido de 21 transectos en hábitats acuáticos distribuidos en 12 zonas y 43 búsquedas por encuentros visuales distribuidos en 11 zonas. La identificación de anfibios¹⁶ y reptiles¹⁷ se realizó mediante la revisión de bibliografía especializada como descripciones de especies para la comparación de caracteres morfológicos. Para el caso de mamíferos se determinó el estado de conservación considerando la legislación peruana y/o internacional, como el Apéndice II de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (Cites) y la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN).

9 Aprueban el Protocolo de monitoreo de la calidad de aire y gestión de los datos, mediante Resolución Directoral N° 1404-2005-DIGESA, del 9 de octubre de 2005.

10 Aprobado mediante Decreto Supremo N° 074-2001-PCM y Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM de manera referencial.

11 Ontario's Ambient Air Quality Criteria (AAQC), 2012.

12 Mediante Resolución Ministerial N° 181-2016-MINAM.

13 Aprobado mediante Resolución Ministerial N° 059-2015-MINAM.

14 Mostacedo y Fredericksen (2000) – Bolfor.

15 Ministerio del Ambiente, 2015.

16 Frost (2017) para anfibios y Uetz et al. (2017)

17 Peters y Donoso-Barros 1970, Rodríguez et al. 1993 descripciones científicas, bases de datos internacionales, así como colecciones científicas de referencia (Departamento de Herpetología del Museo de Historia Natural de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Museo de Historia Natural de San Antonio Abad del Cusco y otros)

La evaluación de aves consistió en el recorrido de 40 transectos visuales distribuidos en 11 zonas y dos puntos de conteo visual en dos zonas. Finalmente, la evaluación de mamíferos consistió en el recorrido de tres censos por transectos distribuidos en tres zonas y se instalaron 13 cámaras trampa distribuidas en cinco zonas¹⁸. El análisis de estos grupos de vertebrados se basó en los datos cualitativos y los datos cuantitativos. Esta información sirvió para determinar la composición y el estado de conservación según la legislación peruana y/o internacional, como el Apéndice II de la Cites y la IUCN.

Parámetros de comparación

Se presentan los parámetros evaluados en agua, aire y sedimento que fueron comparados con un ECA establecido en la legislación peruana y/o aprobado en el Instrumento de Gestión Ambiental (IGA). Los demás componentes evaluados no presentan ninguna norma de comparación, porque fueron considerados con fines de caracterización y correlación. Respecto al estado de conservación de las especies de flora y fauna registradas en el área de estudio, estas sólo se categorizaron en algún tipo de legislación nacional y/o internacional.

Tabla 2

Parámetros de comparación.

Componente	Parámetro evaluado		Estándar de Calidad Ambiental (ECA) o guías utilizadas
Agua	<ul style="list-style-type: none"> • Sólidos Suspendidos Totales^a • Sólidos Totales Disueltos^a • Mercurio total • Mercurio disuelto • Metales totales • Metales disueltos • Cianuro débil y disociable (WAD) 	<ul style="list-style-type: none"> • Bicarbonatos • Cloruros • Sulfurosa • Sulfatos • Carbonatos • Cianuro librea • Cianuro totala • Cromo hexavalente • Fósforo totalb • Nitrógeno total^b 	<p>Categoría 3 del ECA para agua 2015^c</p> <p>Categoría 3 del ECA para agua 2017^d</p>
Aire	<ul style="list-style-type: none"> • PM₁₀ • Metales ePM₁₀ 		<p>ECA para aire 2001^c</p> <p>ECA para aire 2017^d</p> <p>Norma canadiense 2012^c</p>
Sedimento	<ul style="list-style-type: none"> • Metales 		<p>Guía canadiense 2002^c</p>

^a Parámetros sin valor de comparación

^b Parámetros evaluados sólo en el 2018

^c Norma del instrumento de gestión ambiental

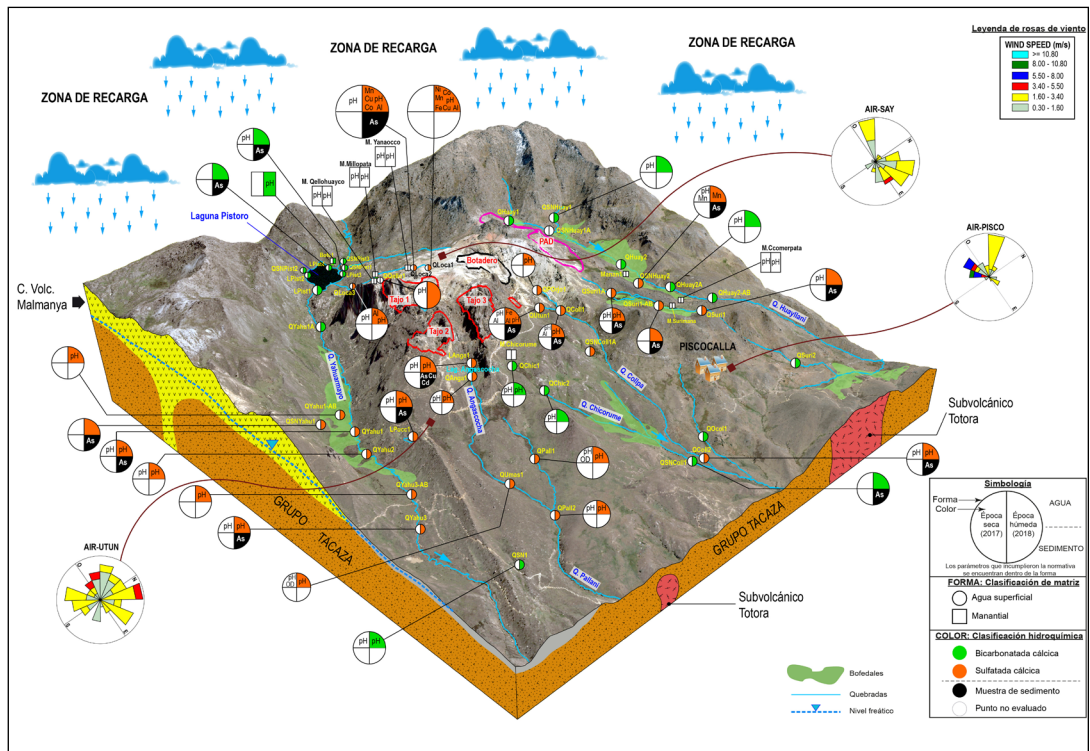
^d Norma vigente o referencial

Resultados

En el modelo conceptual se visualiza la distribución de los puntos de muestreo de agua y sedimento en las quebradas principales como Huayllani, Collpa, Chicorume, Pallani y Yahuarmayo así como en los manantiales circundantes. En cada punto se clasifica el tipo de agua, que se registró en la caracterización hidroquímica sólo en época húmeda; y los parámetros registrados, tanto en agua como en sedimento, que superaron la norma.

Figura 4

Modelo conceptual de la EAT en el ámbito de influencia del proyecto minero Utunsa.



Calidad de agua, hidrobiología e hidroquímica

En la microcuenca Yahuarmayo, donde se ubica un tajo proyectado, los cuerpos de agua superficial evaluados presentaron valores de conductividad eléctrica con concentraciones de metales que no superaron los ECA para agua 2015 y 2017, tanto en época seca como en época húmeda. Se clasificaron como aguas de tipo bicarbonatada cálcicas (laguna Pistoro y tributarios) y sulfatada cálcicas (parte baja de la quebrada Yahuarmayo), y se registraron especies de perifiton comunes en ambientes ricos con nutrientes como microalgas (*Hannaea arcus* y *Tabellaria flocculosa*), microorganismos (*Corythion sp.*, *Trinema lineare*), así como también la especie de macroinvertebrado bentónico tolerante y a un amplio rango de variables ambientales como *Cricotopus sp.* (familia *Chironomidae*, orden *Diptera*). La quebrada Yahuarmayo presentó una calidad biológica de moderada (época seca) a pésima (época húmeda), según el ABI.

Los puntos evaluados en la quebrada local registraron valores de pH entre 3,29 y 5,31, conductividad eléctrica hasta 1069 uS/cm (QLoca1) y concentraciones de aluminio, cobre, hierro, manganeso y níquel que superaron los ECA para agua del 2015 y 2017 en época húmeda y se clasificaron como aguas de tipo sulfatada cálcica. Esta alteración de las características fisicoquímicas es concordante con las características de los drenajes ácidos y limita el desarrollo de comunidades hidrobiológicas, pero a pesar de ello se registraron especies tolerantes de perifiton como *Chroococcus dispersus*, *Eunotia sp.* y microalgas (*Leptolyngbya sp.*), y la especie de macroinvertebrado bentónico asociada a procesos de eutrofización como *Podonomus sp.*, presentando una calidad biológica de pésima (época seca) a mala (época húmeda), según el ABI.

En la microcuenca Chicorume – Pallani se ubican dos tajos y un botadero de desmonte proyectados, sin embargo, los cuerpos de agua superficial evaluados presentaron valores de conductividad eléctrica y concentraciones de metales que no superaron los ECA para agua del 2015 y 2017 en época seca y época húmeda, a excepción de las quebradas Utunsa y Parca Orjo, las cuales presentaron concentraciones de aluminio y hierro que superaron los valores establecidos en los estándares mencionados y se clasificaron como aguas de tipo sulfatada cálcica. Estas condiciones fisicoquímicas limitaron el desarrollo de comunidades hidrobiológicas, pero a pesar de ello, se registraron especies de perifiton que toleran ambientes de unidades de pH menor a 4,0, como las microalgas *Frustulia sp.*, *Eunotia cf.*, *Exigua*, *Pinnularia microstauron*, *Pseudanabaena sp.*, *Tabellaria flocculosa*. Además, se registró la dominancia de macroinvertebrados bentónicos de la familia *Chironomidae*, como *Cicrotopus sp.* y *Podonomus sp.*, los cuales son tolerantes al cambio de variables ambientales, presentando una calidad biológica de moderada (época seca) a pésima (época húmeda), según el ABI.

En la microcuenca Huayllani se ubica el pad de lixiviación proyectado, y los resultados de análisis en cuerpos de agua registraron valores de conductividad eléctrica y concentraciones de metales que no superaron los ECA para agua del 2015 y 2017 en época seca y época húmeda. Se clasificaron como aguas de tipo bicarbonatada cálcica, con una calidad biológica de buena a moderada según el ABI, excepto la parte alta de la quebrada Surimana (QSuri1A, QSuri1-AB, QSuri1) y el punto QSNHuay2 ubicado en la quebrada Huayllani, los cuales presentaron valores de pH y concentración de manganeso que superaron los valores establecidos en los estándares mencionados y se clasificaron como aguas de tipo sulfatada cálcica. Estas condiciones fisicoquímicas limitaron el desarrollo de comunidades hidrobiológicas en el mismo punto, pero a pesar de ello en el punto QSNHuay2 se registraron las especies de perifiton *Gomphonema parvulum*, *Microspora floccosa*, *Achnantheidium sp.*, *Gomphonema gracile*, *Caloneis cf.*, *undulatiformis*, *Navicula aff. parinacota* y *Eunotia arcus* (microalgas), que son indicadoras de drenaje ácido¹⁹. Se registró la dominancia de macroinvertebrados bentónicos de la familia *Chironomidae*, como *Cicrotopus sp.*, presentando una pésima calidad biológica en ambas épocas, mientras que el punto QSNHuay2 no registró macroinvertebrados bentónicos en época húmeda.

19 The ecology of algal assemblages across a gradient of acid mine drainage stress on the West Coast, South Island, New Zealand (Jonathan P. Bray, 2007)

Tabla 3

Cantidad de puntos que superaron y/o estuvieron fuera del rango de los ECA para agua en agosto 2017 – época seca.

Punto de monitoreo	Parámetro y unidad	Norma del IGA ^a (puntos)	Norma o referencia ^b (puntos)
Manantial Yanaocco	pH (Unidad de pH)	1	1
Manantial Qellohuayco		1	1
Manantial Millopata		1	1
Laguna Pistoro		1	1
Laguna Puccacocha		1	1
Quebrada Local		2	2
Quebrada Yahuarmayo		3	3
Quebrada Qellocasa		1	1
Laguna Angascocha		1	1
Quebrada Angascocha		1	1
Quebrada Pallani		2	2
Quebrada Umasa		1	1
Quebrada Chicorume		2	2
Quebrada Collpa		2	2
Quebrada Utunsa		1	1
Quebrada Pallalla Puncco		1	1
Quebrada Huayllani		1	1
Quebrada sin nombre		1	1
Quebrada Huiscachan Huayco		1	1
Quebrada Surimana		2	2
Manantial Ccomerpata	1	1	
Manantial Millopata	Oxígeno disuelto (mg/L)	1	1
Quebrada Pallani		1	1
Quebrada Umasa		1	1
Quebrada Collpa	Aluminio total (mg/L)	1	1
Quebrada Utunsa		1	1
Quebrada Utunsa	Hierro total (mg/L)	1	1
Quebrada Huiscachan Huayco	Manganeso total (mg/L)	1	1

^a ECA para Agua: Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM

^b ECA para Agua: Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM

Tabla 4

Cantidad de puntos que superaron y/o estuvieron fuera del rango de los ECA para agua en marzo 2018 – época húmeda.

Punto de monitoreo	Parámetro y unidad	Norma del IGA ^a (puntos)	Norma o referencia ^b (puntos)
Manantial Bofe1	pH (Unidad de pH)	1	1
Manantial Yanaocco		1	1
Manantial Qellohuayco		1	1
Manantial Millopata		1	1
Laguna Pistoro		1	1
Laguna Puccacocha		1	1
Quebrada Local		3	3
Quebrada Qellohuaycco		1	1
Quebrada Yahuarmayo		5	5
Quebrada Qellocasa		1	1
Laguna Angascocha		1	1
Quebrada Angascocha		1	1
Quebrada Pallani		2	2
Quebrada Umasa		1	1
Quebrada Chicorume		1	1
Quebrada Collpa		2	2
Quebrada Utunsa		1	1
Quebrada Porjo		1	1
Quebrada Surimana		1	1
Manantial Ccomerpata		1	1
Quebrada Surimana	1	1	
Manantial Millopata	Oxígeno disuelto (mg/L)	1	1
Quebrada Utunsa	Aluminio total (mg/L)	1	1
Quebrada Local		3	3
Quebrada Local	Cobalto total (mg/L)	2	2
Quebrada Local	Cobre (mg/L)	2	2
Quebrada Local	Hierro total (mg/L)	1	1
Quebrada Huiscachan Huayco	Manganeso total (mg/L)	1	1
Quebrada Local		2	2

^a ECA para Agua: Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM

^b ECA para Agua: Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM

Calidad de sedimentos

En marzo 2018 (época húmeda), los sedimentos evaluados en la laguna Pistoro (SED-LPist3, SED-LPist4), quebrada Yahuarmayo (SED-QSNYahu1, SED-Yahu1 y SED-Yahu3), ubicadas en la microcuenca Yahuarmayo; y la laguna Angascocha (SED-LAnga1), quebrada Utunsa (SED-Qutuns1) y quebrada Collpa (SED-Qcoll1 y SED-Qcoll2), ubicadas en la microcuenca Chicorume – Pallani, registraron concentraciones de arsénico que superaron el Nivel de Efecto Probable (PEL, por sus siglas en inglés) de la guía canadiense, que es el valor sobre el cual se encuentran efectos biológicos adversos con frecuencia en los macroinvertebrados bentónicos.

Tabla 5

Cantidad de puntos que superaron la norma canadiense para sedimento en marzo 2018 – época húmeda.

Punto de monitoreo	Parámetro y unidad	Norma o referencia ^a (puntos)
Laguna Pistoro	Arsénico (mg/kg)	2
Laguna Puccacocha		1
Quebrada Local		1
Quebrada sin nombre		1
Quebrada Yahuarmayo		2
Laguna Angascocha		1
Quebrada sin nombre		1
Quebrada Utunsa		1
Quebrada Collpa		1
Quebrada Huiscachan Huayco		1
Quebradas Surimana		3
Laguna Angascocha		Cadmio (mg/kg)
Laguna Angascocha	Cobre (mg/kg)	1

^a Valor PEL de la CEQG (Guía de Calidad Ambiental Canadiense - Canadian Environmental Quality Guidelines–Sediment Quality Guidelines for freshwater)

Calidad de aire

En la evaluación de calidad del aire realizada del 20 al 24 de agosto del 2017 en el área en la que se emplaza el proyecto minero Utunsa, las direcciones de vientos predominantes fueron al N-NE en el cerro Utunsa (AIR-UTUN) y al O-NO en el cerro Saywachayoj (AIR-SAY), mientras que en los poblados más cercanos las direcciones de vientos predominantes fueron al NO en el poblado Piscocalla (AIR-PISCO) y S-SO en el poblado Hatun Rumiyoc (AIR-HATUN), ubicados a 4,5 km aproximadamente.

Las cuatro estaciones de monitoreo que se instalaron por un día registraron concentraciones de material particulado menor a 10 micras (PM₁₀) que no superaron los valores de los ECA para aire del 2001 y 2017, calificándose como buena calidad de aire según los valores INCA para PM₁₀. Asimismo, las concentraciones de metales no superaron los valores referenciales establecidos en la norma canadiense (AAQC).

Evaluación de flora y fauna

En la evaluación de marzo 2018 realizada en las tres microcuencas se identificaron 154 especies de flora distribuidas en cuatro formaciones vegetales. Al respecto, las especies más representativas y con mayor cobertura vegetal fueron *Plantago tubulosa*, *Hypochaeris taraxacoides* y *Werneria pygmaea* en la formación vegetal bofedal, *Stipa ichu* y *Trichophorum rigidum* en la formación vegetal roquedal; *Stipa ichu* y *Aciachne pulvinata* en la formación vegetal pajonal.

Se determinaron 18 especies de flora en estado de conservación, de las cuales siete especies se encontraron categorizadas en la legislación peruana (*Azorella diapensioides*, *Perezia coerulescens*, *Polylepis incana*, *Senecio rhizomatus*, *Solanum acaule*, *Valeriana nivalis* y *Distichia muscoides*), cuatro especies categorizadas en la legislación internacional (*Austrocyllindropuntia floccosa*, *Poa annua*, *Polylepis incana* y *Trifolium amabile*) y tres especies en el Apéndice II de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestre (*Austrocyllindropuntia floccosa*, *Myrosmodes chiogena*, *Myrosmodes sp.*). Se resalta el registro de seis especies endémicas: *Castilleja virgatoides*, *Lupinus cuzcensis*, *Gentianella campanuliformis*, *Puya ponderosa*, *Acaulimalva crenata* y *Valeriana johannae*; las tres últimas amplían su distribución.

En la formación vegetal bofedal se registraron cuatro especies de anfibios (*Pleurodema marmoratum*, *Gastrotheca marsupiata*, *Rhinella spinulosa* y *Telmatobius cf. Jelskii*), mientras que en las formaciones vegetales Roquedal y Pajonal se registraron dos especies de reptiles (*Liolaemus complejo annectens* y *Tachymenis peruviana*). Asimismo, se registraron 41 especies de aves y se determinó que 21 se encontraban en estado de conservación según la legislación peruana y la legislación internacional. Seis especies se encontraban categorizadas en el Apéndice II de Cites (*Oreotrochilus estella*, *Patagona gigas*, *Geranoaetus polyosoma*, *Bubo virginianus*, *Falco sparverius*, *Phalcoboenus megalopterus*) y se resaltaron diez especies endémicas para el bioma de los Andes Centrales (*Tinamotis pentlandii*, *Fulica gigantea*, *Oreotrochilus estella*, *Colaptes rupicola*, *Upucerthia validirostris*, *Lessonia oreas*, *Ochthoeca oenanthoides*, *Diuca speculifera*, *Phrygilus punensis* y *Sicalis uropygialis*).

La mayor riqueza y abundancia de estos grupos de vertebrados se encontraba en las microcuencas Huayllani y Yahuarmayo, en comparación con la microcuenca Chicorume-Pallani.

Por otra parte, mediante el censo por transectos, la captura fotográfica por cámaras trampa y encuestas, se registraron ocho especies de mamíferos silvestres: gato de pajonal (*Leopardus colocolo*), gato andino (*Leopardus jacobita*), puma (*Puma*

concolor), zorrino (*Conepatus chinga*), vicuña, vizcacha (*Lagidium viscacia*), zorro andino (*Lycalopex culpaeus*), santiaguito (*Abrothrix jelskii*); de los cuales cuatro se encontraban en estado de conservación en la legislación peruana, ocho ubicados en la Lista Roja de Especies Amenazadas de la IUCN del 2018, cuatro en el Apéndice II de Cites y cuatro en el Libro Rojo de la Fauna Silvestre Amenazada de Perú²⁰. Se resalta que la Vizcacha tuvo mayor número de registros independientes en las formaciones vegetales Bofedal (24), Pajonal (8) y Roquedal (44).

Conclusiones

Los cuerpos de agua evaluados en las tres microcuencas en agosto del 2017 y marzo del 2018 registraron valores de pH, conductividad eléctrica y concentraciones de metales que no superaron los ECA para agua del 2015 y 2017, y fueron de tipo bicarbonatada cálcica, excepto las quebradas locales Utunsa, Parca Orjo y Surimana, que registraron concentraciones de aluminio, hierro y manganeso que superaron los estándares mencionados y fueron de tipo sulfatada cálcica. Estas condiciones fisicoquímicas limitan el desarrollo de comunidades hidrobiológicas, y presentan una calidad biológica de moderada (época seca) a pésima (época húmeda), según el índice biótico andino.

La calidad del aire evaluada del 20 al 24 de agosto del 2017 en las cuatro estaciones de monitoreo calificaron como Buena según los valores del Índice de calidad de aire para PM₁₀; y la predominancia de los vientos se registró en los cerros Utunsa (nor-noreste) y Saywachayoj (oeste-noroeste), los mismos que se encontraban en el área donde se emplaza el proyecto minero Utunsa.

Los sedimentos evaluados en marzo 2018 (época húmeda) en la laguna Pistoro y Angascocha, quebradas Yahuarmayo, Utunsa y Collpa registraron concentraciones de arsénico que superaron el Nivel de efecto probable (PEL) de la guía canadiense, valor sobre el cual se encontraron efectos biológicos adversos, con frecuencia en los macroinvertebrados bentónicos ubicados principalmente en el sustrato de las quebradas mencionadas.

En la evaluación de flora silvestre en las tres microcuencas, en marzo del 2018, se identificaron 154 especies distribuidas en las formaciones vegetales Laguna, Bofedal, Pajonal y Roquedal. Al respecto, sólo 18 especies se encontraron en algún estado de conservación y seis especies fueron endémicas: *Castilleja virgatoides*, *Lupinus cuzcensis*, *Gentianella campanuliformis*, *Puya ponderosa*, *Acaulimalva crenata* y *Valeriana johannae*, cuyo mayor número de registros independientes fue en las formaciones vegetales Bofedal, Pajonal y Roquedal. Asimismo, se determinó que la mayor riqueza y abundancia de anfibios, reptiles y aves se registraron en las microcuencas Huayllani y Yahuarmayo, en comparación con la microcuenca Chicorume-Pallani.

Bibliografía

Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de fauna y flora silvestres (2015). *Apéndice I, II y III*. Cites. Decreto Ley N° 21080.

Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de fauna y flora silvestres (2017). *Apéndice I, II y III*. Cites. Decreto Ley N° 21080.

Ministerio de Agricultura (2006). *Categorización de las especies amenazadas de flora silvestre legalmente protegidas*. Decreto Supremo N°043-2006-AG. 06 de julio de 2006.

Ministerio de Agricultura y Riego (2014). *Categorización de las especies amenazadas de fauna silvestre legalmente protegidas*. Decreto Supremo N° 004-2014-MINAGRI. 08 de abril de 2014.

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 (2015). *Guía de Inventario de Flora y Vegetación*. Resolución Ministerial N° 059-2015-MINAM. 19 de marzo de 2015.

Ministerio del Ambiente (2015). *Modificación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua y establecen disposiciones complementarias para su aplicación*. Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM. 19 de diciembre de 2015.

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.

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (2018). *Evaluación ambiental temprana en el área de influencia del proyecto minero Utunsa de Anabi S.A.C. durante el 2017 y 2018*. Informe N.°299-2018-OEFA/DEAM-STEC. 28 de setiembre de 2018.

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.

Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (2018). *Libro Rojo de la Fauna Silvestre Amenazada de Perú*. Lima, Perú. pp 558.

Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (2018). *Lista roja de especies amenazadas*. Versión 2018. <https://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*. Departamento de Limnología y Departamento de Ictiología. Ministerio del Ambiente. Lima.

Base de datos

- Portal de Datos Abiertos.
<http://datosabiertos.oefa.gob.pe/dashboards/20539/evaluaciones-ambientales-tempranas-eat/>
- Repositorio de Ciencia y Tecnología del OEFA
<https://repositorio.oefa.gob.pe/handle/20.500.12788/112>





Oefa

Organismo
de Evaluación
y Fiscalización
Ambiental