



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

INFORME N.º 364 -2018-OEFA/DEAM-STE

A : FRANCISCO GARCÍA ARAGÓN
Director de Evaluación Ambiental

DE : LÁZARO WALTHER FAJARDO VARGAS
Subdirector de la Subdirección Técnica Científica



LUIS ÁNGEL ANCCO PICHUILLA
Coordinador de Evaluaciones Ambientales en Minería y Energía

CESAR GREGORIO ESPIRITU LIMAY
Tercero Evaluador

HEBER OCAS RUMAY
Tercero Evaluador

LISVETH MADELEINE VALENZUELA MENDOZA
Tercero Evaluador

JANET BRÍGIDA QUINCHO OLAZABAL
Tercero Evaluador

ASUNTO : Evaluación ambiental temprana (preliminar) en el área de influencia del proyecto de exploración minera Michiquillay, de Southern Perú Copper Corporation – Sucursal del Perú, en el distrito La Encañada, provincia y departamento de Cajamarca, durante el 2018

REFERENCIA : Planefa 2018

FECHA : 20 DIC. 2018

2018-I01-045868

Tenemos el agrado de dirigirnos a usted para informarle lo siguiente:

1. INFORMACIÓN DE LA EVALUACIÓN AMBIENTAL TEMPRANA

Datos generales de la evaluación ambiental temprana en el área de influencia del proyecto de exploración minera Michiquillay de Southern Perú Copper Corporation - Sucursal del Perú.

a.	Ubicación general	Distrito La Encañada, provincia y departamento de Cajamarca.
b.	Ámbito de influencia	Área de influencia del proyecto de exploración minera Michiquillay
c.	Antecedente	Planefa 2018
d.	Objetivo general	Evaluar la calidad ambiental en el área de influencia del proyecto de exploración minera Michiquillay, de Southern Perú Copper Corporation - Sucursal del Perú.
e.	Tipo de evaluación	Evaluación ambiental temprana

Cantidad de puntos evaluados por matriz en el área de influencia del proyecto de exploración minera Michiquillay de Southern Perú Copper Corporation - Sucursal del Perú, durante el 2018.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

a.	Fecha de comisión	Primera salida	6/11/2018 al 13/10/2018
b.	Puntos evaluados	Afloramientos	65

Parámetros evaluados que incumplieron la normativa con la cual fue comparado los resultados de los afloramientos evaluados en el área de influencia del proyecto de exploración minera Michiquillay de Southern Perú Copper Corporation - Sucursal del Perú.

Matriz	Parámetro	Cantidad de puntos que incumplieron la norma (1)		
		A1	D1	D2
Agua subterránea	Zona I			
	pH	AFCoch2, AFMaqM, AFCuschc1, AFLRSub1, AFLag, AFBaN1, AFBaN4, AFBaN5 y AFBaN7		
	OD	AFCoch1, AFMaqM, AFCuschc1, AFCuschc2, AFPeñM, AFLRSub1, AFLRSub3, AFLag, AFBaN1, AFBaN5, AFBaN6 y AFBaN7	AFCuschc1	AFCoch1, AFCuschc1, AFBaN1 y AFBaN5
	Hierro	AFMaqM, AFCuschc1 y AFLag	--	--
	Zona II			
	pH	AFCoch2, AFCoch1, AFPamPm, AFCoch3, AFPAzu, AFChug1, AFLMin1, AFMaMaq, AFHatun4, AFJavier, AFAurel2, MPuqui4, MPuqui3, AFPaccha1, AFPaccha2 y AFPCum1		
	OD	AFCoch2, AFCoch1, AFPCum2, AFLMin1, AFMaMaq, AFHatun4, AFHatun5, AFFroilan1, AFFroilan2, AFJusti1, AFJavier, AFAurel2, AFAurel3, MLLif1, MLLif2, MPuqui3, MPuqui1, AFQuinB4, AFHatun2, AFHatun3 y AFPCum1	AFLMin1, AFMaMaq, AFFroilan1, AFJavier, MPuqui3, MPuqui1 y AFPCum1	AFLMin1, AFMaMaq, AFHatun4, AFFroilan1, AFJavier, AFAurel3, MPuqui3, MPuqui1 y AFPCum1
	Aluminio	AFLMin1	--	--
	Hierro	AFHatun5, MChau1, MPuqui3 y MPuqui2	--	--
	Zona III			
	pH	AFMichi1 y AFMichi2		
	OD	AFMichi1, AFMichi2, AFMichi3, AFMichi4, AFMichi5, AFMichi6, AFMilag, AFFray, AFMMuert1, AFMMuert2 y AFShita	AFMichi1, AFMichi2 y AFMichi3	AFMichi1, AFMichi2, AFMichi3, AFMichi6, AFFray, AFMMuert1 y AFMMuert2
	Hierro	AFMichi4 y AFMilag	--	--

Norma de comparación D.S. N.° 004-2017-MINAM. Estándares de Calidad Ambiental para Agua.

Categoría 1 - A1: Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección

Categoría 3 - D1: Riego de vegetales y D2: Bebida de animales

-- Las concentraciones del parámetro no superaron los valores de la Categoría 3: D1 y D2.

2. CONCLUSIONES

Zona I: Está delimitado por las microcuencas Michiquillay, Quinuayoc y Seca, que forman la quebrada Challhuamayo.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

Los valores de pH en los 18 afloramientos variaron entre 4,55 y 7,97 unidades de pH y los de oxígeno disuelto fluctuaron entre 0,99 y 7,97 mg/l. Las concentraciones de hierro en los puntos AFMaqM, AFCuschc1 y AFLag superaron referencialmente los ECA para agua Categoría 1 (A1) del 2017. En cambio, el resto de las concentraciones de metales totales, cloruros, nitratos, sulfatos y bicarbonatos se encontraron por debajo de este estándar para las Categorías 1 (A1) y 3 (D1 y D2) en todos los afloramientos.

Asimismo, las facies que presentaron los 18 afloramientos fueron bicarbonatadas cálcicas (14), bicarbonatada sódica-cálcica (1), sulfatada cálcica (1) y sulfatada-bicarbonatada cálcica (1), y una (1) facie no determinada en el afloramiento AFPeñM debido a que presentó concentración de aniones menores al límite de detección. Cabe resaltar que el fósforo predominó en su forma suspendida en 14 de 18 afloramientos, mientras que el aluminio, hierro, manganeso y zinc predominaron en su forma disuelta en la mayoría de afloramientos.

Zona II: Está delimitado por microcuencas de Las Nellas, Jatunsacha y La Toma, que forman la quebrada Quinamayo.

Los valores de pH en los 35 afloramientos variaron entre 4,55 y 7,86 unidades de pH y los de oxígeno disuelto fluctuaron entre 1,51 y 8,29 mg/l. Las concentraciones de aluminio en el punto AFLMin1 y de hierro en los puntos AFHatun5, MChau1, MPuqui3 y MPuqui2 superaron referencialmente los ECA para agua Categoría 1 (A1) del 2017. En cambio, el resto las concentraciones de metales totales, cloruros, nitratos, sulfatos y bicarbonatos se encontraron por debajo de los valores de este estándar para las Categorías 1 (A1) y 3 (D1 y D2) en todos los afloramientos.

Asimismo, las facies que presentaron los 35 afloramientos fueron bicarbonatadas cálcicas (23), bicarbonatadas mixtas (10), bicarbonatada-nitratada cálcica (1) y nitratada cálcica (1). Cabe resaltar que el aluminio, fósforo y titanio predominaron en su forma suspendida en 22, 24 y 30 de 35 afloramientos respectivamente, mientras que el hierro, manganeso y zinc predominaron en su forma disuelta en la mayoría de afloramientos.

Zona III: Está delimitado por el tramo inicial de la quebrada La Encañada (unión de las quebradas Challhuamayo y Quinamayo).

Los valores de pH en los 12 afloramientos variaron entre 5,34 y 7,48 unidades de pH y los de oxígeno disuelto fluctuaron entre 1,90 y 6,67 mg/l. La concentración de hierro en los puntos AFMichi4 y AFMilag superaron referencialmente los ECA para agua Categoría 1 (A1) del 2017. En cambio, el resto de las concentraciones de metales totales, cloruros, nitratos, sulfatos y bicarbonatos se encontraron por debajo de los valores del ECA para agua en las Categorías 1 (A1) y 3 (D1 y D2) en todos los afloramientos.

Asimismo, las facies que presentaron los 12 afloramientos fueron bicarbonatadas cálcicas (11) y facie clorurada sódica-cálcica (1). Cabe resaltar que el fósforo y titanio predominaron en su forma suspendida en 10 y 7 de 12 afloramientos respectivamente, mientras que el aluminio, hierro, manganeso y zinc predominaron en su forma disuelta en la mayoría de afloramientos.

3. RECOMENDACIONES

Aprobar el informe de la evaluación ambiental temprana (preliminar) en el área de influencia del proyecto de exploración minera Michiquillay de Southern Perú





PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

Copper Corporation - Sucursal del Perú, durante el 2018, en vista que cuenta con el sustento técnico requerido.

Remitir copia del presente informe a la Dirección de Supervisión Ambiental en Energía y Minas del OEFA.

Atentamente:

LÁZARO WALTHER FAJARDO VARGAS
Subdirector de la Subdirección Técnica Científica
Dirección de Evaluación Ambiental
Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

LUIS ÁNGEL ANCCO PICHUILLA
Coordinador de Evaluaciones Ambientales en Minería y Energía
Subdirección Técnica Científica
Dirección de Evaluación Ambiental
Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

CESAR GREGORIO ESPIRITU LIMAY
Tercero Evaluador
Subdirección Técnica Científica
Dirección de Evaluación Ambiental
Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

HEBER OCAS RUMAY
Tercero Evaluador
Subdirección Técnica Científica
Dirección de Evaluación Ambiental
Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

LISVETH M. VALENZUELA MENDOZA
Tercero Evaluador
Subdirección Técnica Científica
Dirección de Evaluación Ambiental
Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

JANET BRÍGIDA QUINCHO OLAZABAL
Tercero Evaluador
Subdirección Técnica Científica
Dirección de Evaluación Ambiental
Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Lima, 20 DIC. 2018

Visto el Informe N.º 364 -2018-OEFA/DEAM-STEC, la Dirección de Evaluación Ambiental ha dispuesto su aprobación.

Atentamente:

Por: FRANCISCO GARCÍA ARAGÓN
Director de Evaluación Ambiental
Dirección de Evaluación Ambiental
Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»



Organismo
de Evaluación
y Fiscalización
Ambiental

**EVALUACIÓN AMBIENTAL TEMPRANA EN EL ÁREA
DE ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO DE
EXPLORACIÓN MINERA MICHICULLAY, DE
SOUTHERN PERU COPPER CORPORATION –
SUCURSAL DEL PERU, EN EL DISTRITO DE LA
ENCAÑADA, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE
CAJAMARCA, DURANTE EL 2018**



SUBDIRECCIÓN TÉCNICA CIENTÍFICA

DIRECCIÓN DE EVALUACIÓN AMBIENTAL

Diciembre 2018



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

ÍNDICE

1. **INTRODUCCIÓN**..... 1

2. **ANTECEDENTES** 2

2.1. Actividad de exploración..... 2

2.2. Recopilación, revisión y análisis de la información 2

2.2.1. Instrumentos de Gestión Ambiental..... 2

2.2.2. Acciones realizadas por el OEFA y otras instituciones 3

3. **OBJETIVOS** 4

3.1. Objetivo general..... 4

3.2. Objetivo específico 4

4. **ÁREA DE ESTUDIO**..... 4

5. **PARTICIPACIÓN CIUDADANA** 6

6. **METODOLOGÍA**..... 7

6.1. Guías utilizadas para la evaluación..... 7

6.2. Ubicación de puntos 8

6.3. Parámetros y métodos de análisis 15

6.4. Equipos utilizados 16

6.5. Aseguramiento de la calidad 17

6.6. Criterios de comparación..... 17

7. **RESULTADOS** 22

7.1. Calidad de agua subterránea 23

7.1.1. Control de calidad 23

7.1.2. Comparación referencial con estándares nacionales..... 25

7.2. Estudios especializados 33

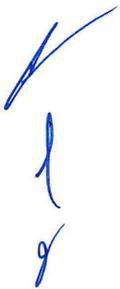
7.2.1. Relaciones de los parámetros de agua subterránea..... 33

7.2.2. Evaluación hidroquímica 39

8. **CONCLUSIÓN**..... 44

9. **ANEXOS**..... 44

10. **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**..... 45





ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1. Instrumentos de gestión ambiental asociados al proyecto Michiquillay 2

Tabla 2-2. Cuerpos de agua de interés de acuerdo a los resultados de los IGA asociados al proyecto Michiquillay 3

Tabla 2-3. Localidades reconocidas en el área de influencia del proyecto Michiquillay..... 3

Tabla 5-1. Participación ciudadana de acuerdo a la ejecución de las etapas de la EAT en el área de influencia del proyecto Michiquillay..... 7

Tabla 6-1. Referencias para el muestreo de la calidad de agua subterránea en el área de influencia del proyecto Michiquillay 8

Tabla 6-2. Ubicación de puntos de muestreo de agua subterránea (afloramientos)..... 8

Tabla 6-3. Parámetros evaluados y métodos de análisis, y cantidad de puntos de agua subterránea..... 16

Tabla 6-4. Equipos utilizados para el muestreo de agua subterránea..... 16

Tabla 6-5. Controles de calidad establecidos para agua subterránea..... 17

Tabla 6-6. Relación conductividad y error de balance iónico (EBI) 19

Tabla 7-1. Resultados de metales totales de los duplicados de agua evaluados en noviembre de 2018..... 24

Tabla 7-2. Resultados de calidad de agua subterránea que excedieron los ECA - zona I 25

Tabla 7-3. Resultados de calidad de agua subterránea que excedieron los ECA - zona II 27

Tabla 7-4. Resultados de calidad de agua subterránea que excedieron los ECA - zona III 31

Tabla 7-5. Porcentaje de metales disueltos en los puntos de muestreo de los afloramientos en noviembre de 2018 en la zona I 36

Tabla 7-6. Porcentaje de metales disueltos en los puntos de muestreo de los afloramientos en noviembre de 2018 en la zona II 37

Tabla 7-7. Porcentaje de metales disueltos en los puntos de muestreo de los afloramientos en noviembre de 2018 en la zona III 39

Tabla 7-8. Determinación de las facies hidroquímicas de los afloramientos evaluados en noviembre de 2018..... 41



Handwritten blue ink signatures and initials on the left margin.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 7-1. Esquema de distribución de zonas de evaluación en el área de influencia del proyecto de exploración minera Michiquillay 23

Figura 7-2. Valores de pH en la zona I comparados con los ECA para agua Categoría 3: D1 y D2, y Categoría 1 (A1) de 2017..... 26

Figura 7-3. Concentración de oxígeno disuelto en la zona I comparada con los ECA para agua Categoría 3: D1 y D2, y la Categoría 1 (A1) del 2017 26

Figura 7-4. Concentración de aluminio total en la zona I comparada con los ECA para agua categoría 3: D1 y D2, y la Categoría 1 (A1) del 2017 **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 7-5. Concentración de hierro total en la zona I comparada con los ECA para agua categoría 3: D1 y D2, y la Categoría 1 (A1) del 2017 27

Figura 7-6. Valores de pH en la zona II comparados con los ECA para agua Categoría 3: D1 y D2, y la Categoría 1 (A1) del 2017 29

Figura 7-7. Concentración de oxígeno disuelto en la zona II comparada con los ECA para agua Categoría 3: D1 y D2, y la Categoría 1 (A1) del 2017 29

Figura 7-8. Concentración de aluminio total en la zona II comparada con los ECA para agua Categoría 3: D1 y D2, y de la Categoría 1 (A1) del 2017 30

Figura 7-9. Concentración de hierro total en la zona II comparada con los ECA para agua Categoría 3: D1 y D2, y la Categoría 1 (A1) del 2017 30

Figura 7-10. Valores de pH en la zona III comparados con los ECA para agua Categoría 3: D1 y D2, y la Categoría 1 (A1) del 2017 32

Figura 7-11. Concentración de oxígeno disuelto en la zona III comparada con los ECA para agua Categoría 3: D1 y D2, y Categoría 1 (A1) del 2017 32

Figura 7-12. Concentración de aluminio total en la zona III comparada con los ECA para agua Categoría 3: D1 y D2, y Categoría 1 (A1) del 2017 **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 7-13. Concentración de hierro total en la zona III comparada con los ECA para agua Categoría 3: D1 y D2, y Categoría 1 (A1) del 2017 33

Figura 7-14. Relación lineal entre la conductividad y la suma de aniones de los puntos de muestreo 34

Figura 7-15. Relación lineal entre la conductividad y la suma de aniones de los puntos de muestreo 34



Handwritten signature

Handwritten signature

Handwritten signature

Handwritten signature



1. INTRODUCCIÓN

El presente informe corresponde a la evaluación ambiental temprana realizada en el área de influencia del proyecto de exploración minera Michiquillay durante el 2018; contiene los resultados, el análisis y las conclusiones de los estudios realizados por la Subdirección Técnica Científica de la Dirección de Evaluación Ambiental del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA), como parte de Plan Anual de Evaluación y Fiscalización Ambiental 2018 (Planefa, 2018).

El proyecto de exploración minera Michiquillay, de Southern Perú Copper Corporation - Sucursal del Perú (en adelante, proyecto Michiquillay)¹ se encuentra políticamente en el ámbito del distrito de La Encañada, provincia y departamento de Cajamarca, sobre terrenos de las comunidades campesinas Michiquillay (CC. Michiquillay) y La Encañada (CC. La Encañada), a una altitud que varía de 3275 a 4000 m s.n.m.

Este proyecto se ubica en la cabecera de la microcuenca del río La Encañada (confluencia de los ríos Challhuamayo y Quinuamayo) en la zona noreste de la cuenca hidrográfica Crisnejas (U.H. 49898), límite con la Intercuenca Alto Marañón IV (U.H. 49897). Dicha microcuenca comprende las unidades hidrográficas menores conformadas por los ríos Seco, Michiquillay, Challhuamayo, y las quebradas Quishuar-Quinuayoc, Las Nellas, Jatunsacha y La Toma (las tres últimas quebradas confluyen por la margen derecha con el río Quinuamayo).

El río La Encañada tiene un recorrido de norte a sur hasta confluir con el río Tambomayo por su margen izquierda; luego de cruzar el pueblo de Namora, cambia de nombre a río Namorino hasta la confluencia con el río Cajamarca. Debido a su ubicación, el área del proyecto presenta zonas de vida como bosque húmedo montano tropical (bh-MT), bosque muy húmedo montano tropical (bmh-MT), páramo muy húmedo subalpino tropical (pmh-SaT) y páramo pluvial subalpino tropical (pp-SaT)².

Tomando en cuenta la coyuntura político social que afecta a las actividades mineras del departamento de Cajamarca, el proyecto Michiquillay no ha presentado conflictos socioambientales de la magnitud del proyecto de exploración minera Conga, de la Minera Yanacocha S.R.L.³, por lo que es necesario tomar medidas preventivas que eviten la conflictividad en el desarrollo del proyecto.

Por lo antes expuesto, entre el 22 y 29 de agosto de 2018, se realizó una visita de reconocimiento en el área del proyecto Michiquillay, con el objetivo de entregar a los actores involucrados en el desarrollo del proyecto la información de las acciones realizadas por el OEFA en esta zona. Otro objetivo fue informar sobre las labores previas a la formulación e implementación del plan de la evaluación ambiental temprana (EAT) en el área del mencionado proyecto. Esta evaluación se realizará en temporadas húmeda y seca del 2019, y contará con la participación de la sociedad civil, las autoridades locales, los representantes de la empresa minera y otros interesados en su desarrollo. Las acciones (visita de reconocimiento) se realizaron en

¹ Adjudicado a Southern Perú Copper Corporation el 20 de febrero del 2018 por Proinversión y cuya firma de contrato se realizó el 12 de junio del presente año.

² EIASd del Proyecto de Exploración Michiquillay, Cap. 4. Línea de base ambiental noviembre de 2008. Aprobada por Resolución Directoral N° 057-2009-MEM/AAM el 12 de marzo de 2009.

³ Entre las manifestaciones realizadas en protesta contra el proyecto Michiquillay se menciona la participación de los pobladores de La Encañada y Namora en el paro convocado por la Federación Regional de Rondas Campesinas, Urbanas e Indígenas el 20 de diciembre de 2017. Disponible en: <https://larepublica.pe/reportero-ciudadano/1159046-cajamarca-comuneros-rechazan-proyecto-minero-michiquillay>.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

adición a lo establecido en Plan Anual de Evaluación y Fiscalización Ambiental del 2018⁴ (Planefa 2018).

2. ANTECEDENTES

Para conocer el estado de la calidad ambiental relacionada al área de influencia del proyecto Michiquillay, se procedió a identificar las actividades realizadas por el administrado. Asimismo, se realizó la recopilación, revisión y síntesis de la información ambiental existente en el área de influencia del mencionado proyecto.

2.1. Actividad de exploración

Las obras de construcción de la mina Michiquillay de Southern Perú Copper Corporation - Sucursal del Perú (en adelante, SPCC) iniciarían en el 2019, y a partir del 2025 producirá 225 000 toneladas de cobre al año y subproductos de molibdeno, oro y plata, con una ley de cobre de 0.63 %⁵.

El proyecto se desarrollará sobre las concesiones mineras Candelaria, El Niño, Encañada 1, Encañada 2, Encañada 3, Encañada 4, Encañada 5, Encañada 6, Encañada 7, Encañada 8, Encañada 9, Encañada 10, Encañada 11, Encañada 12, Encañada 13, Encañada 14, Encañada 20 y Mavila, en un área de concesión de 2234,97 ha⁶.

2.2. Recopilación, revisión y análisis de la información

2.2.1. Instrumentos de gestión ambiental

El proyecto Michiquillay cuenta con instrumentos de gestión ambiental (IGA) para la ejecución de sus actividades de exploración, los que son detallados en la Tabla 2-1.

Tabla 2-1. Instrumentos de gestión ambiental asociados al proyecto Michiquillay

INSTRUMENTO DE GESTIÓN AMBIENTAL (IGA)				
N.º	Administrado	Título del IGA	Número de resolución aprobada por la autoridad competente	Fecha de aprobación
1	Activos Mineros S.A.C	Plan de Cierre de Pasivos Ambientales Mineros del Proyecto Michiquillay	Resolución Directoral N.º 214-2007-MEIVI/AAM	21 de junio de 2007
2	Anglo American Michiquillay S.A.	Estudio de impacto ambiental semidetallado del proyecto de exploración minera Michiquillay	RD N.º 057-2009-MEM/AAM	12 de marzo de 2009
3	Anglo American Michiquillay S.A.	Primera modificatoria del estudio de impacto ambiental semidetallado del proyecto de exploración Michiquillay	RD N.º 182-2013-MEM/AAM	10 de junio de 2013 ⁷

Fuente: Anglo American Michiquillay S.A.

La Tabla 2-2 presenta a los cuerpos de agua evaluados en la línea base del componente agua superficial en la modificatoria de la evaluación de impacto ambiental

⁴ Aprobado mediante Resolución de Consejo Directivo N.º 037-2017- OEFA/CD y publicado el 30 de diciembre de 2017, en el diario oficial *El Peruano*.

⁵ Disponible en: <https://elperuano.pe/noticia-michiquillay-producira-225000-toneladas-cobre-64157.aspx>.

⁶ Primera Modificación del Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado del Proyecto de Exploración Minera "Michiquillay". Aprobado por Resolución Directoral N.º 182-2013-MEM-DGAAM el 10 de junio de 2013.

⁷ Presentada vía sistema de evaluación ambiental en línea (SEAL), del Ministerio de Energía y Minas.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

del proyecto Michiquillay, donde se muestran los parámetros que no cumplen con los valores de la normativa ambiental peruana.

Tabla 2-2. Cuerpos de agua de interés de acuerdo a los resultados de los IGA asociados al proyecto Michiquillay

N.º	IGA Revisado	Norma de comparación	Cuerpo de agua	Parámetros excedidos ⁸	Fecha de evaluación
1	Primera modificatoria del estudio de impacto ambiental semidetallado del proyecto de exploración Michiquillay	Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM (ECA para Agua 2008) en la Categoría 3: "Riego de vegetales y bebida de animales"	Río Michiquillay	pH Cobre (Cu)	Promedio 2008-2011
			Río Michiquillay y efluente minero	pH Cobre (Cu) Hierro (Fe)	Julio 2011

2.2.2. Acciones realizadas por el OEFA y otras instituciones

La Dirección de Evaluación Ambiental del OEFA emitió el informe N.º 154-2018-OEFA/DEAM-STEAC, referente al reconocimiento social en el área de influencia del proyecto Michiquillay (marzo de 2018) de la EAT, en donde se identificaron las 10 localidades indicadas en la Tabla 2-3⁹. Estas localidades también se presentan en el informe de reconocimiento ambiental N.º 342-2018-OEFA/DEAM-STEAC.

Tabla 2-3. Localidades reconocidas en el área de influencia del proyecto Michiquillay

N.º	Localidad	Coordenadas UTM WGS 84*			Observaciones
		Zona 17M			
		Este (m)	Norte (m)	Altitud (m s.n.m.)	
1	Distrito La Encañada	793667	9216087	3100	Capital de distrito
2	Sector Michiquillay	794690	9220761	3440	Localidades del área de influencia directa del PE Michiquillay, de acuerdo a la primera modificatoria del EIASd del proyecto de exploración Michiquillay, aprobada con Resolución Directora N.º 182-2013-MEM/AAM, el 10 de junio de 2013
3	Comunidad campesina La Encañada	794146	9222738	3560	
4	Sector Quinuamayo Alto	798628	9218424	3543	
5	Sector Quinuamayo Bajo	798068	9218793	3502	
6	Sector de Chim Chim	798678	9219542	3642	
7	Sector Tuyupampa	797527	9219681	3521	
8	Sector Progreso La Toma	799891	9218647	3603	
9	Sector Usnio	796055	9217579	3437	
10	Sector Quinuayoc	795264	9221971	3654	

* La ubicación geográfica tiene como referencia a las instituciones públicas, los locales comunales o las viviendas de las autoridades de las localidades reconocidas.

⁸ Cuerpos de agua superficial dentro del ámbito de influencia del área directa e indirecta del Proyecto Michiquillay y comparado con Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para agua aprobados mediante Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM (ECA para Agua 2008) en la Categoría 3: "Riego de vegetales y bebida de animales".

⁹ En el Capítulo 3, Participación Ciudadana, Primera modificación del EIASd del proyecto de exploración Michiquillay, aprobada con Resolución Directora N.º 182-2013-MEM/AAM, el área de influencia directa del PE Michiquillay está conformada por las comunidades campesinas de Michiquillay y La Encañada; los sectores de Chim Chim, El Punre, Quinuamayo Bajo, Tuyupampa, Pampa Grande, Progreso La Toma, Usnio, Quinuamayo Alto, Quinuayoc, Michiquillay; los caseríos de Rodacocha, Sogorón Alto, Pedregal, Chamcas y el anexo Río Grande



3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

Evaluar la calidad ambiental en el área de influencia del proyecto Michiquillay, de Southern Perú Copper Corporation, Sucursal del Perú, en el distrito de La Encañada, provincia y departamento de Cajamarca.

3.2. Objetivo específico

- Evaluar la calidad de agua subterránea (afloramientos) en el área de influencia del proyecto de exploración minera Michiquillay.

4. ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio o zona de evaluación ambiental involucra al área de exploración minera y a las áreas de influencia ambiental directa e indirecta del proyecto Michiquillay, que se encuentran a una altitud que varía de 3275 a 4000 m s.n.m, con temperaturas ambientales medias anuales desde 13,4 °C en la parte baja hasta 5,6 °C en la parte alta. Políticamente el proyecto Michiquillay involucra la CC. Michiquillay y la CC. La Encañada, distrito de La Encañada, provincia y departamento de Cajamarca.

Geográficamente, el área del proyecto se ubica en la parte alta de la microcuenca del río La Encañada; la que está conformada por varias quebradas entre las que resaltan los ríos Challhuamayo Seco (conformado por las Quishuar-Quinuayoc y el río Seco), Michiquillay y Quinuamayo (conformado por las quebradas Las Nellas, Jatunsacha y La Toma), los cuales se unen y forman el río La Encañada. Este río tiene un recorrido de norte a sur hasta confluir con el río Tambomayo por su margen izquierda; luego de cruzar el pueblo de Namora, el río cambia de nombre a río Namorino hasta la confluencia con el río Cajamarca, formando parte de la unidad hidrográfica de la Cuenca Crisnejas¹⁰ (Figura 4-1 y Anexo D.1).



¹⁰ Cuenca Crisnejas con código UH 49898 Categoría 3, tipificado en el anexo 1 de la Resolución Jefarural N.° 056-2018-ANA - Clasificación de los Cuerpos de Agua Continentales Superficiales.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

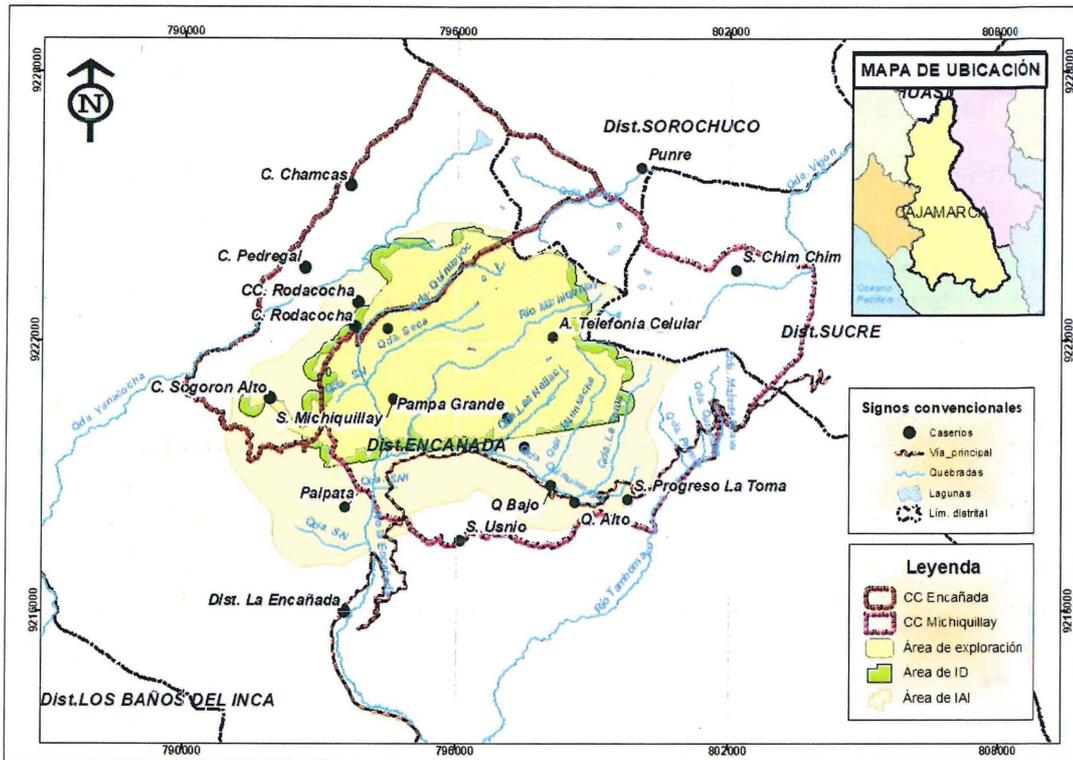


Figura 4-1. Ubicación del área de influencia ambiental del proyecto Michiquillay

En el área de estudio, la temporada seca (o vaciante) y de precipitaciones pluviales está claramente definida. El patrón de precipitaciones medias anuales tiene un régimen estacional a lo largo del año; sus valores varían de 890 mm en la parte baja (2900 msnm) a 1180 mm en la parte alta (4200 msnm); la temporada húmeda (o creciente) se inicia en el mes de octubre, incrementándose los niveles de precipitación hasta marzo. En el mes de abril, las precipitaciones empiezan a ser menos frecuentes, dando inicio a la temporada de vaciante, la que se prolonga hasta setiembre¹¹.

Tanto la temperatura como las precipitaciones características en la zona de estudio influyen en la caracterización bioclimática del medio, reflejándose principalmente en la composición biológica de los ecosistemas; en función de ello y de acuerdo a la clasificación de las zonas de vida propuesta por L.R. Holdridge, el área de estudio abarca zonas de vida como bosque húmedo montano tropical (bh-MT), bosque muy húmedo montano tropical (bmh-MT), páramo muy húmedo subalpino tropical (pmh-SaT) y páramo pluvial subalpino tropical (pp-SaT).

Respecto al uso actual de la tierra, se nota una predominancia de los pastos naturales y cultivados para las actividades de ganadería, seguido de cultivos como papas, ocas y ollucos. Estos suelos, según la clasificación de tierras por uso mayor, corresponden a tierras de protección y pastoreo.

Asimismo, es importante mencionar que el yacimiento cuprífero Michiquillay presenta pasivos ambientales mineros¹² como desmontes de mina, bocaminas, campamentos

¹¹ EIASd del Proyecto de Exploración Michiquillay, Cap 4. Línea de base ambiental noviembre de 2008. Aprobada por Resolución Directoral N° 057-2009-MEM/AAM el 12 de marzo de 2009.

¹² Asume la titularidad Activos Mineros S.A.C de acuerdo al Anexo 1 de la Resolución Ministerial N.° 224-2018-MEM/DM – Actualización del Inventario Inicial de Pasivos Ambientales Mineros.



(oficinas y talleres), plantas de procesamiento, caminos (trochas), pistas de aterrizaje (helipuerto), líneas férreas y espacios con aceites y grasas industriales.

5. PARTICIPACIÓN CIUDADANA

Para el OEFA, la participación de la ciudadanía en el proceso de la fiscalización ambiental es de vital importancia. En consecuencia, la Dirección de Evaluación Ambiental del OEFA vio conveniente desarrollar la Evaluación Ambiental Temprana (en adelante, EAT) en el área de influencia del proyecto Michiquillay con participación ciudadana, la que se basó en el Reglamento de Participación Ciudadana en las Acciones de Monitoreo Ambiental (en adelante, Reglamento), aprobado en el 2014¹³ y modificado en el 2016¹⁴.

Etapas desarrolladas

Del 20 al 23 de marzo de 2018 se realizó la visita de reconocimiento social, con el objetivo de identificar a los actores sociales de los sectores y caseríos de las comunidades campesinas de Michiquillay y La Encañada; Asimismo, identificar la situación social y conocer la percepción de las autoridades respecto a la realización de la EAT.

Del 19 al 24 de agosto de 2018 se realizó la coordinación previa, convocatoria e inscripción a los programas de inducción con las autoridades de los sectores de la CC. Michiquillay y de los caseríos de la CC. La Encañada; su objetivo fue coordinar y buscar el acompañamiento para realizar la visita de reconocimiento en el área de influencia del proyecto Michiquillay.

Del 22 al 29 de agosto de 2018 se realizó la visita de reconocimiento, con el objetivo de determinar el área de estudio, los componentes ambientales a ser evaluados (identificación de puntos); como resultado de esta visita se determinó la red de puntos de muestreo, los parámetros a ser evaluados y los aspectos técnico-logísticos para la evaluación durante el 2018 y 2019.

Del 5 al 9 de septiembre de 2018 se realizó los talleres de inducción y presentación de la propuesta del plan de trabajo en los sectores de Michiquillay y Tuyupampa de la CC. Michiquillay, y en los caseríos de Rodacocha y Pedregal de la CC. La Encañada; en los demás sectores los talleres fueron reprogramados a solicitud del presidente de la Comunidad de Michiquillay.

El 22 de setiembre de 2018 el OEFA participó en la asamblea general de la CC. Michiquillay, realizada en el sector de Quinuamayo Bajo, con la participación de la mayoría de sus integrantes; en dicha asamblea, la población y autoridades aceptaron el desarrollo de las actividades programadas por el OEFA.

Del 6 al 13 de noviembre de 2018 se realizó la evaluación de los afloramientos y los talleres de inducción y presentación de la propuesta del plan de trabajo; los talleres se realizaron en los sectores de Pampa Grande, Progreso La Toma, Quinuamayo Bajo, Quinuamayo Alto, Usnio y Anexo Palpata de la CC. Michiquillay, y en el caserío de Sogoron Alto de la C.C. La Encañada.

¹³ Resolución de Consejo Directivo N. ° 032-2014-OEFA-CD.

¹⁴ Resolución de Consejo Directivo N. ° 003-2016-OEFA-CD.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

En la Tabla 5-1, se muestra la cantidad de personas por género que participaron en cada una de las etapas de la EAT en el área de influencia del proyecto Michiquillay, durante el 2018.

Tabla 5-1. Participación ciudadana de acuerdo a la ejecución de las etapas de la EAT en el área de influencia del proyecto Michiquillay

Etapa	Fecha	Participantes	
		Hombres	Mujeres
Visita de reconocimiento social (a)	Del 20 al 23 de marzo de 2018	21	0
Coordinación previa	Del 19 al 24 de agosto de 2018	54	23
Visita de reconocimiento al área de influencia del proyecto Michiquillay (a)	Del 22 al 29 de agosto de 2018	---	---
Convocatoria (b)	Del 25 de agosto al 3 de setiembre de 2018	---	---
Inscripción en los programas de inducción	Del 25 de agosto al 3 de setiembre de 2018	35	25
Realización de la inducción	Del 5 al 9 de setiembre de 2018	80	49
	Del 6 al 13 de noviembre de 2018	129	114
Taller para la presentación de la propuesta de Plan de MAP	Del 5 al 9 de setiembre de 2018	80	49
	Del 6 al 13 de noviembre de 2018	129	114
Ejecución (c)	Del 6 al 13 de noviembre de 2018	14	00
Taller para la presentación de los resultados	Se realizará al concluir la EAT	---	---

a: Esta etapa no está considerada en el reglamento de Participación Ciudadana

b: La convocatoria se realizó mediante cartas, oficios y comunicados en cada sector y caserío

c: La EAT se realizará durante el 2018 y 2019.

6. METODOLOGÍA

En este apartado se presenta la metodología empleada en la evaluación de agua subterránea (afloramientos) de la EAT en el área de influencia del proyecto Michiquillay.

En los apartados siguientes se muestra la metodología desarrollada para evaluar la calidad del componente agua, comprende el procedimiento para la toma de muestras, la ubicación de los puntos de muestreo, parámetros y métodos de análisis, equipos utilizados, aseguramiento de la calidad y criterios de comparación.

6.1. Guías utilizadas para la evaluación

La metodología aplicada para la evaluación de afloramientos (agua subterránea) se enmarcó en los capítulos del A1 al A6 de la U.S Geological y en la Parte 2 del Manual de buenas prácticas del Ministerio del Ambiente (MINAM), donde se establecen los criterios técnicos y lineamientos generales a aplicarse en las actividades de monitoreo.

Para la evaluación de la calidad de agua subterránea se ha tomado en consideración las referencias establecidas que se detallan en la Tabla 6-1.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

Tabla 6-1. Referencias para el muestreo de la calidad de agua subterránea en el área de influencia del proyecto Michiquillay

Componente ambiental	Referencia	Sección	País	Institución	Dispositivo legal	Año
Agua subterránea	National Field Manual for the Collection of Water-Quality Data de la U.S. Geological Survey TWRI book 9	Capítulos del A1 al A6	Estados Unidos	U.S. Geological Survey	---	2015
	Manual de buenas prácticas en la investigación de sitios contaminados muestreo de aguas subterráneas	Parte 2	Perú	Ministerio del Ambiente (Minam)	---	2016

6.2. Ubicación de puntos

La ubicación de los puntos de muestreo de agua subterránea fue establecida tomando como referencia los puntos declarados en los IGA de SPCC y validados en la visita de reconocimiento de agosto 2018.

De acuerdo con lo mencionado líneas arriba, se evaluaron 65 afloramientos de agua subterránea, los cuales se detallan en la Tabla 6-2.

El término afloramientos involucra a los manantiales¹⁵ y filtraciones¹⁶, cuya principal diferencia es que solo el primero tiene un punto de salida definido. En cambio, las filtraciones tienen un flujo de agua menor que los manantiales y pocas veces tienen un volumen suficiente como para formar un riachuelo o arroyo, al contrario de los manantiales, que pueden ser la fuente de un pequeño chorro de agua, riachuelo, arroyo o incluso de un río considerable¹⁷.

Tabla 6-2. Ubicación de puntos de muestreo de agua subterránea (afloramientos)

N.º	Código OEFA	Muestreo		Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 17M		Altitud (m s.n.m.)	Descripción
		Fecha	Hora	Este (m)	Norte (m)		
1	AFLRSub1*	7/11/2018	11:30	798173	9223414	3809	Afloramiento Subllaquero I ubicado en la parte alta del sector Michiquillay.
2	AFLRSub2*	7/11/2018	12:45	798442	9223082	3765	Afloramiento Subllaquero II ubicado en la parte alta del sector Michiquillay.
3	AFLRSub3*	7/11/2018	13:42	798742	9222830	3768	Afloramiento Subllaquero III ubicado en la parte alta del sector Michiquillay.

¹⁵ De acuerdo a Kresic N., & Stevanoci Z. (2010). *Groundwater Hydrology of Springs Engineering Theory Managment and Sustainability*, el manantial es un lugar donde las aguas subterráneas se descargan del acuífero, creando un flujo visible. Esta descarga es causada por la diferencia en la elevación de la cabeza hidráulica del acuífero y la elevación de la superficie de la tierra donde la descarga toma lugar. El punto de salida es llamado orificio, el cual puede estar en el fondo de un estanque del manantial y no es claramente visible, o puede estar cubierto por sedimentos o fragmentos de rocas (detritos).

¹⁶ De acuerdo a por Kresic N., & Stevanoci Z. (2010). *Groundwater Hydrology of Springs Engineering Theory Managment and Sustainability*, la filtración es una descarga de agua, cuyo flujo no puede ser inmediatamente observado, no obstante, la superficie de la tierra es húmeda comparada con los alrededores.

¹⁷ U.S Fish & Wildlife Service. Conserving the nature of America. Southeast Region. Actualizado el 10 de marzo de 2017 y consultado el 12 de julio de 2018 de: <https://www.fws.gov/southeast/pdf/workbook/educators-guide-to-the-threatened-and-endangered-species-and-ecosystems-of-tennessee-springs-and-seeps.pdf>.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

N.º	Código OEFA	Muestreo		Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 17M		Altitud (m s.n.m.)	Descripción
		Fecha	Hora	Este (m)	Norte (m)		
4	AFLag**	8/11/2018	9:30	796415	9221815	3587	Afloramiento La Laguna ubicado aproximadamente a 2,10 km al noreste de la casa comunal del sector Michiquillay.
5	AFMichi1**	8/11/2018	10:35	794654	9220379	3415	Afloramiento Michiquillay I ubicado aproximadamente a 350 m al sur de la casa comunal del sector de Michiquillay.
6	AFMichi2**	8/11/2018	10:58	794678	9220278	3401	Afloramiento Michiquillay II ubicado aproximadamente a 460 m al sur de la casa comunal del sector Michiquillay.
7	AFMichi3**	8/11/2018	11:35	794956	9220131	3360	Afloramiento Michiquillay III ubicado en el margen derecho del río Michiquillay aproximadamente a 690 m al sureste de la casa comunal del sector de Michiquillay.
8	AFMichi4**	8/11/2018	12:38	794411	9219448	3271	Afloramiento Michiquillay IV ubicado en el margen derecho del río la Encañada a 42 m aguas abajo de la confluencia con la quebrada Challhuamayo.
9	AFMichi5*	8/11/2018	13:15	794420	9219458	3277	Afloramiento Michiquillay V ubicado en el margen derecho del río la Encañada aproximadamente a 30 m al oeste de la confluencia de la quebrada Challhuamayo.
10	AFMichi7**	8/11/2018	13:35	794497	9219464	3281	Afloramiento Michiquillay ubicado en el margen derecho del río la Encañada a 50 m aguas arriba de la confluencia con la quebrada Challhuamayo.
11	AFCoch3*	8/11/2018	11:10	797070	9223943	3921	Afloramiento Cocho Orco III ubicado en la naciente de la quebrada Quinuayoc, parte alta del sector Rodacocho.
12	AFMaqM*	8/11/2018	12:25	796694	9223987	3886	Afloramiento Maque Maque ubicado en el margen derecho de la quebrada Quinuayoc o río Seco, parte alta del caserío Rodacocho.
13	AFOxas*	8/11/2018	13:25	796336	9223766	3829	Afloramiento ubicado en el margen derecho de la quebrada



↑
↓

2
9

«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

N.º	Código OEFA	Muestreo		Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 17M		Altitud (m s.n.m.)	Descripción
		Fecha	Hora	Este (m)	Norte (m)		
							Quinuyoc o río Seco, aguas abajo de la laguna Huachiracocha.
14	AFBaNg1**	9/11/2018	9:10	798946	9222568	3806	Afloramiento Barro Negro I ubicado aproximadamente a 960 m al noreste de la antena de telefonía celular, naciente del río Michiquillay.
15	AFBaNg3**	9/11/2018	10:30	798539	9222329	3859	Afloramiento Barro Negro III ubicado aproximadamente a 490 m al noreste de la antena de telefonía celular, naciente del río Michiquillay.
16	AFBaNg4**	9/11/2018	11:30	798272	9222400	3816	Afloramiento Barro Negro IV ubicado aproximadamente a 335 m al noreste de la antena de telefonía celular, naciente del río Michiquillay.
17	AFBaNg5**	9/11/2018	12:15	798106	9222537	3750	Afloramiento Barro Negro V ubicado aproximadamente a 440 m al norte de la antena de telefonía celular, naciente del río Michiquillay.
18	AFBaNg6**	9/11/2018	13:10	798372	9222514	3776	Afloramiento Barro Negro VI ubicado aproximadamente a 480 m al noreste de la antena de telefonía celular, naciente del río Michiquillay.
19	AFBaNg7**	9/11/2018	13:50	798617	9222503	3804	Afloramiento Barro Negro VII ubicado aproximadamente a 650 m al noreste de la antena de telefonía celular, naciente del río Michiquillay.
20	AFCoch2*	9/11/2018	9:15	798431	9221155	3784	Afloramiento Cochecorral II ubicado en el margen izquierdo de la naciente de la quebrada Las Nellas, parte alta del sector Tuyupampa.
21	AFCoch1*	9/11/2018	9:50	798261	9221280	3793	Afloramiento Cochecorral ubicado en el margen derecho de la naciente de la quebrada Las Nellas, parte alta del sector Tuyupampa.
22	AFPamPm**	9/11/2018	11:10	798016	9221290	3845	Afloramiento Pampa de la Piedra Mesa ubicado aproximadamente a 820 al sur de la antena de telefonía celular,



↑

g



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

N.º	Código OEFA	Muestreo		Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 17M		Altitud (m s.n.m.)	Descripción
		Fecha	Hora	Este (m)	Norte (m)		
							parte alta del sector Tuyupampa.
23	AFCoch3*	9/11/2018	10:25	798196	9221101	3771	Afloramiento Cochecorral III ubicado en el margen derecho de la naciente de la quebrada Las Nellas, parte alta del sector Tuyupampa.
24	AFMaMaq**	9/11/2018	13:50	798326	9220472	3732	Afloramiento Maque Maque ubicado aproximadamente a 1,15 km al noreste de la casa comunal del sector de Tuyupampa.
25	AFMilag**	10/11/2018	9:35	793349	9218574	3329	Afloramiento el Milagro ubicado aproximadamente a 320 m al noroeste de la I.E. N.º 82162 del caserío de Hualquipata (anexo Palpata).
26	AFFray**	10/11/2018	10:30	793580	9218599	3313	Afloramiento El Frayle ubicado aproximadamente a 280 m al noroeste de la I.E. N.º 82162 del caserío de Hualquipata (anexo Palpata).
27	AFMMuerte1*	10/11/2018	11:30	794164	9218821	3457	Afloramiento Mala Muerte I ubicado en el margen izquierdo del río la Encañada, altura de anexo Palpata.
28	AFMMuerte2*	10/11/2018	12:10	794150	9218757	3245	Afloramiento Mala Muerte II ubicado en el margen izquierdo del río la Encañada a 50 m del afloramiento Mala Muerte I, altura de anexo Palpata.
29	AFShita*	10/11/2018	12:40	794157	9218670	3230	Afloramiento la Shita ubicado en el margen izquierdo del río la Encañada, altura de anexo Palpata.
30	AFPBlá*	10/11/2018	13:20	794165	9218637	3232	Afloramiento Peña Blanca ubicado en el margen derecho del río la Encañada, altura de anexo Palpata.
31	AFCoch1*	10/11/2018	9:45	797231	9223881	3943	Afloramiento Cocho Orco I ubicado en la naciente de la quebrada Quinuayoc, parte alta del sector Quinuayoc.
32	AFCoch2*	10/11/2018	10:55	797076	9223586	3919	Afloramiento Cocho Orco II ubicado en la naciente de la quebrada Quinuayoc, parte alta del sector Quinuayoc.



Handwritten signatures and initials in blue ink.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

N.º	Código OEFA	Muestreo		Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 17M		Altitud (m s.n.m.)	Descripción
		Fecha	Hora	Este (m)	Norte (m)		
33	AFPeñM*	10/11/2018	12:22	796730	9222941	3847	Afloramiento Peña Mala ubicado aguas arriba de la laguna Señoracocha, parte alta del sector Quinuayoc.
34	AFCuschc2*	10/11/2018	13:30	795106	922726	3648	Afloramiento Cushurito II ubicado aproximadamente a 760 m al noreste de la casa comunal del sector Quinuayoc, margen izquierdo de la quebrada Quinuayoc o río Seco.
35	AFCuschc1*	10/11/2018	14:30	795001	9222732	3624	Afloramiento Cushurito I ubicado aproximadamente a 680 m al noreste de la casa comunal del sector Quinuayoc, margen izquierdo de la quebrada Quinuayoc o río Seco.
36	AFQuinB1**	11/11/2018	8:40	799535	9221464	3839	Afloramiento Quinuamayo Bajo I ubicado en el margen izquierdo de la quebrada Jatunsacha, parte alta del sector de Quinuamayo Bajo.
37	AFVuelt**	11/11/2018	9:20	799452	9221724	3847	Afloramiento Las Vueltas ubicado en el margen derecho de la trocha que une los sectores de Quinuamayo Bajo con Chim Chim, parte alta de Quinuamayo Bajo.
38	AFQuinB2**	11/11/2018	9:50	799408	9221779	3867	Afloramiento Quinuamayo Bajo II ubicado en el margen izquierdo de la trocha que une los sectores de Quinuamayo Bajo con Chim Chim, parte alta de Quinuamayo Bajo.
39	AFQuinB4**	11/11/2018	10:45	799229	9221349	3819	Afloramiento Quinuamayo Bajo IV ubicado en el margen izquierdo de la trocha que une los sectores de Quinuamayo Bajo con Chim Chim, parte alta de Quinuamayo Bajo.
40	AFPaccha1**	11/11/2018	11:30	798895	9220756	3750	Afloramiento Paccha I ubicado en el margen derecho de la quebrada Jatunsacha aproximadamente a 1,70 km al noreste de la casa comunal del sector Tuyupampa.





PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

N.º	Código OEFA	Muestreo		Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 17M		Altitud (m s.n.m.)	Descripción
		Fecha	Hora	Este (m)	Norte (m)		
							parte alta de Quinuamayo Bajo.
41	AFPaccha2**	11/11/2018	12:05	798859	9220714	3744	Afloramiento Paccha II ubicado en el margen derecho de la quebrada Jatunsacha aproximadamente a 1,70 km al noreste de la casa comunal del sector Tuyupampa, parte alta de Quinuamayo Bajo.
42	AFHatun1**	11/11/2018	13:00	798664	9219943	3652	Afloramiento Jatunsacha I ubicado aproximadamente a 1,25 km al noreste de la I.E. N.º 82159 del sector de Quinuamayo Bajo.
43	AFHatun2**	11/11/2018	13:50	798464	9219622	3581	Afloramiento Jatunsacha II ubicado aproximadamente a 522 m aguas arriba de la intersección de la quebrada Jatunsacha con la trocha de ingreso al sector Tuyupampa.
44	AFHatun3**	11/11/2018	14:25	798487	9219602	3589	Afloramiento Jatunsacha III ubicado aproximadamente a 518 m aguas arriba de la intersección de la quebrada Jatunsacha con la trocha de ingreso al sector Tuyupampa.
45	AFPCum1**	11/11/2018	10:30	800158	9221131	3799	Afloramiento Pampa del Cumbe I ubicado en la parte alta de la quebrada La Toma, sector de Quinuamayo Alto.
46	AFPCum2**	11/11/2018	11:20	799902	9221009	3772	Afloramiento Pampa del Cumbe II ubicado en el margen derecho de la quebrada La Toma, parte alta sector de Quinuamayo Alto.
47	AFPAzu**	11/11/2018	12:12	799584	9220434	3737	Afloramiento Falda de las Piedras Azules ubicado en el margen derecho de la quebrada La Toma, parte alta sector de Quinuamayo Alto.
48	AFChug1**	11/11/2018	12:56	799476	9220238	3732	Afloramiento Chugur ubicado en el margen derecho de la quebrada La Toma, parte alta sector de Quinuamayo Alto.
49	AFLMin1**	11/11/2018	13:48	799221	9219680	3700	Afloramiento La Mina ubicado en el margen derecho de la quebrada La Toma,



Handwritten signature

Handwritten signature



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

N.º	Código OEFA	Muestreo		Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 17M		Altitud (m s.n.m.)	Descripción
		Fecha	Hora	Este (m)	Norte (m)		
							parte alta sector de Quinuamayo Alto.
50	AFHatun4**	12/11/2018	9:00	798765	9219724	3674	Afloramiento Jatunsacha IV ubicado en el margen derecho de la quebrada Jatunsacha aproximadamente a 1,14 km al noreste de la I.E. N.º 82159 del sector de Quinuamayo Bajo.
51	AFHatun5**	12/11/2018	10:18	798446	9219299	3591	Afloramiento Jatunsacha V ubicado aproximadamente a 310 m al noreste de la intersección de la quebrada Jatunsacha con la trocha de ingreso al sector Tuyupampa.
52	AFFroilan1**	12/11/2018	11:00	798398	9219466	3569	Afloramiento Froilan I ubicado aproximadamente a 360 m aguas arriba de la intersección de la quebrada Jatunsacha con la trocha de ingreso al sector Tuyupampa.
53	AFFroilan2**	12/11/2018	11:35	798361	9219519	3556	Afloramiento Froilan II ubicado aproximadamente a 380 m aguas arriba de la intersección de la quebrada Jatunsacha con la trocha de ingreso al sector Tuyupampa.
54	AFJusti1**	12/11/2018	12:10	798343	9219405	3540	Afloramiento Justiniano ubicado aproximadamente a 275 m aguas arriba de la intersección de la quebrada Jatunsacha con la trocha de ingreso al sector Tuyupampa.
55	AFJavier**	12/11/2018	12:45	798168	9219202	3508	Afloramiento Javier ubicado aproximadamente a 15 m al este de la intersección de la quebrada Jatunsacha con la trocha de ingreso al sector Tuyupampa.
56	AFAurel2**	12/11/2018	13:35	798242	9218887	2519	Afloramiento Aureliano II ubicado aproximadamente a 175 m al noreste de la I.E. N.º 82159 del sector de Quinuamayo Bajo.
57	AFAurel3**	12/11/2018	14:20	798370	9218820	3518	Afloramiento Aureliano III ubicado





«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

N.º	Código OEFA	Muestreo		Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 17M		Altitud (m s.n.m.)	Descripción
		Fecha	Hora	Este (m)	Norte (m)		
							aproximadamente a 285 m al este de la I.E. N.º 82159 del sector de Quinuamayo Bajo.
58	AFSugChi*	12/11/2018	15:30	796004	9219509	3442	Afloramiento El Sugar Chichairo ubicado en el margen derecho de la carretera Cajamarca – Celendín, aproximadamente a 210 m antes del desvío para el sector Pampa Grande.
59	MChau1*	12/11/2018	9:03	800117	9219556	3709	Afloramiento Chaupe ubicado aproximadamente a 615 m al norte del cementerio del sector Progreso La Toma.
60	MLLif1*	12/11/2018	10:00	800015	9219260	3668	Afloramiento Los Lifes ubicado a 800 m aproximadamente al norte de la I.E. N.º 821028 del Progreso La Toma.
61	MLLif2*	12/11/2018	10:50	799931	9219095	3633	Afloramiento Los Lifes ubicado a 625 m aproximadamente al norte de la I. E N.º 821028 del Progreso La Toma.
62	MPuqui4*	12/11/2018	12:30	796652	9220417	3589	Afloramiento Puquio IV ubicado a 480 m aproximadamente al oeste de la I.E.I. N.º 748 del sector Pampa Grande.
63	MPuqui3*	12/11/2018	13:40	796647	9220318	3553	Afloramiento Puquio III ubicado a 470 m aproximadamente al oeste de la I.E.I. N.º 748 del sector Pampa Grande.
64	MPuqui2*	12/11/2018	14:00	796577	9220184	3507	Afloramiento Puquio II ubicado a 550 m aproximadamente al suroeste de la I.E.I. N.º 748 del sector Pampa Grande.
65	MPuqui1*	12/11/2018	14:40	796420	9219996	3460	Afloramiento Puquio I ubicado en 760 m aproximadamente al suroeste de la I.E.I. N.º 748 del sector Pampa Grande.

* Afloramientos identificados del 24 al 29 de agosto de 2018

** Afloramientos identificados del 7 al 12 de noviembre de 2018

Nota: La precisión de las coordenadas es de ± 3 m en todos los puntos de muestreo.

6.3. Parámetros y métodos de análisis

Los parámetros considerados para evaluar la calidad del agua subterránea fueron seleccionados en función de las actividades productivas del área de influencia del



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

proyecto Michiquillay, se tomaron en cuenta los parámetros relacionados a las características más representativas de los afloramientos.

En los puntos de muestreo se realizaron (*in situ*) mediciones de los parámetros de campo potencial de hidrógeno (pH), conductividad eléctrica (CE), oxígeno disuelto (OD), temperatura (T) y potencial óxido-reducción (ORP). En la Tabla 6-3 se muestra los parámetros y los métodos de análisis considerados por el laboratorio acreditado ante el Instituto Nacional de Calidad (Inacal), que proporcionó materiales (coolers, frascos y preservantes) para la evaluación de calidad de agua subterránea (época seca).

Tabla 6-3. Parámetros evaluados y métodos de análisis, y cantidad de puntos de agua subterránea

N°	Parámetros	Cantidad de puntos muestreados	Método de ensayo de referencia	Laboratorio de ensayo acreditado
1	Cloruros (Cl ⁻)	65	Cromatografía iónica: EPA METHOD 300.1 Rev.1, 1997 (validado). 2015	ALS LS PERÚ S.A.C.
2	Bicarbonatos (HCO ₃ ⁻)		Cromatografía iónica: EPA METHOD 300.1 Rev.1, 1997 (validado). 2015	
3	Nitratos (NO ₃ ⁻)		Cromatografía iónica: EPA METHOD 300.1 Rev.1, 1997 (validado). 2015	
4	Sulfatos (SO ₄ ²⁻)		Cromatografía iónica: EPA METHOD 300.1 Rev.1, 1997 (validado). 2015	
5	Metales disueltos		EPA 6020A, Rev.1 February 2007	
6	Metales totales		EPA 6020A, Rev.1 February 2007	



6.4. Equipos utilizados

Antes de salir a campo, se realizaron los ajustes y las verificaciones de los equipos de monitoreo de agua. En el caso de la presente EAT se emplearon los equipos que se presentan en la Tabla 6-5.

Tabla 6-4. Equipos utilizados para el muestreo de agua subterránea

Equipos/Materiales	Marca	Modelo	Serie	Código Patrimonial	Número de serie de sonda	N.º de certificado de calibración
Medidor multiparámetro	HACH	HQ40D	150500000901	602264710036	Potencial de hidrogeno: 172622568053	LA-596-2017
					Oxígeno disuelto: 151422598010	LA-0632018
					Temperatura: 171953028001	LA-1592018
					Conductividad: 151422587016	LA-105-2018
			ORP: 171953028001	LA-1632018		
			150500000613	602264710045	Potencial de hidrogeno: 172542567034	LA-601-2017
Oxígeno disuelto: 151482598008	LA-0532018					



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

Equipos/ Materiales	Marca	Modelo	Serie	Código Patrimonial	Número de serie de sonda	N.º de certificado de calibración
					Temperatura: 171953028002	LA- 1642018
					Conductividad: 151332587029	LA-104- 2018
					ORP: 171953028002	LA- 1642018
Cámara fotográfica digital	Canon	Powershot D30BL	062051001713	742208970132	-	-
			092051001984	742208970196	-	-
Cámara profesional	Canon	EOS-7D	032021001748	742208970218	-	-
GPS	Garmin	Montana 680	4HU005028	952231860276	-	-
			4HU005174	952231860299	-	-
Correntómetro	Global Water	FP11	1550005901	602224750054	-	--
Bomba de Filtrado Manual	S/M	S/M	---	60221068- 0032	-	-
			---	60221068- 0033	-	-
Radio Transmisor	MOTOROLA	LAH65KDC9AAZAN	018TML0766	952269650001	-	-
		LAH65KDC9AAZAN	018TML1166	952269650007	-	-

Una mejor descripción de los equipos listados y de aquellos que no se describen en la tabla anterior, se encuentra en el reporte de campo N.º 059-2018-STE (Anexo B).

6.5. Aseguramiento de la calidad

De acuerdo con lo señalado en el inciso 6.17 de la Resolución Jefatural N.º 010-2016-ANA, de la Autoridad Nacional el Agua (ANA), se consideraron dentro del aseguramiento de calidad: blanco de campo (una muestra), blanco viajero (una muestra) y duplicados (uno por cada 10 muestras colectadas) para el parámetro metales totales (Tabla 6-5).

Tabla 6-5. Controles de calidad establecidos para agua subterránea

Tipo de control	Número de muestras
Duplicados	7

Para determinar la precisión de la toma de muestra y el proceso de análisis, se evaluó sus duplicados o réplicas mediante la diferencia porcentual relativa (RPD, por sus siglas en inglés) o Diferencia de Media Porcentual Relativo, cuya ecuación es la siguiente (EPA, 2014):

$$\%RPD = \frac{|X1 - X2|}{\frac{(X1 + X2)}{2}} \times 100 \quad (6.1)$$

Donde:

- X1 : Concentración de la muestra en mg/l.
- X2 : Duplicado de la muestra en mg/l.
- |X1 - X2| : Valor absoluto de la diferencia entre la concentración de la muestra y su duplicado.



Cuando los valores de RPD son mayores al 20 % se considera que la muestra tiene una concentración imprecisa, lo que significa que pueden haber ocurrido errores durante la toma de muestra, tales como mala homogenización, o que puede haber influenciado la heterogeneidad ambiental del cuerpo de agua por factores como la lluvia¹⁸.

6.6. Criterios de comparación

Los resultados de los afloramientos de agua subterránea¹⁹ fueron comparados referencialmente con la Categoría 1 subcategoría A1: «aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección» (Cat1A1) y la Categoría 3: subcategoría D1: «riego de vegetales» y D2: «bebida de animales» (Cat3D1 y Cat3D2) del Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM.

Todos los resultados obtenidos fueron digitalizados y ordenados en una base de datos (hojas de cálculo), para luego ser comparados mediante el uso de gráficos de línea, barras o diagramas, según los criterios de evaluación presentados en el punto anterior.

6.6.1 Relación de los iones y sólidos disueltos con la conductividad

Para determinar la relación de la suma de iones (cationes o aniones) con la conductividad, se tiene el criterio dado por la American Public Health Association (APHA, 2012), mediante la siguiente ecuación lineal:

$$100 * \sum \text{aniones o cationes (meq/L)} = (0,9 - 1,1) * \text{Conductividad } (\mu\text{S/cm}) \quad (6.1)$$

6.6.2 Evaluación hidroquímica

Para la evaluación de los aspectos químicos del agua y los tipos de reacciones que ocurren en este medio, la presente EAT utilizó toda la información de calidad de afloramientos.

Es importante mencionar que Custodio y Llamas (1996) consideran que los análisis de calcio, magnesio, sodio, potasio, bicarbonatos, sulfatos, cloruros y parámetros de campo como la conductividad eléctrica, temperatura, oxígeno disuelto y pH son suficientes para el estudio de los principales procesos químicos en la mayoría de acuíferos y sistemas hidrológicos.

Pulido (2014), define a un manantial como la surgencia de agua subterránea a la superficie procedente de un acuífero; bajo este criterio técnico, para la evaluación hidroquímica, los manantiales y las filtraciones se consideran como fuentes de agua subterránea.

¹⁸ De acuerdo a Ministerio de Medio Ambiente y Estrategia de Cambio Climático de Canadá (MECCS, por sus siglas en inglés), 2013, si uno de los valores duplicados de campo es 5 veces mayor al límite de cuantificación, los valores de RPD mayores a 20 % indican un posible problema y si son mayores a 50 % indican un problema definido, probablemente contaminación o falta de representatividad de la muestra.

¹⁹ Considerados como agua superficial en amparo del artículo 226° del Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos, el cual indica que *los manantiales como puntos o áreas aflorantes de las aguas subterráneas serán considerados como aguas superficiales para los efectos de evaluación y otorgamientos de derechos de uso de agua, toda vez que para su utilización no se requiere la realización de mecanismos ni obras específicas de extracción.*



A. Balance iónico

El balance iónico es la verificación de la suma de mili-equivalentes (meq/L) de aniones (Σan) es aproximadamente igual a la suma de mili-equivalentes de cationes (Σcat).²⁰ Antes de realizar una evaluación hidroquímica se realiza el análisis mediante el cálculo del EBI para verificar la consistencia de los mismos.

Dentro de los iones mayoritarios presentes en el agua están los cationes Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ y K^+ para la Σcat ; y los aniones HCO_3^- , NO_3^- , SO_4^{2-} y Cl^- para el cálculo de Σan . Ambas concentraciones se expresan en miliequivalentes por litro (meq/L). De esa manera se establece el error de balance iónico (EBI) de acuerdo a la siguiente ecuación (Appelo *et al.*, 2005).

$$Error\ de\ Balance\ Iónico\ (EBI) = 100 \frac{\Sigma cat - \Sigma an}{\Sigma cat + \Sigma an} \% \quad (6.2)$$

Aunque el EBI es un valor en porcentaje, la ecuación (6.2) incorpora un signo para mostrar la predominancia de cargas de cationes (signo positivo) o de aniones (signo negativo). Se considera aceptable un EBI entre -10 % y +10 % para aguas dulces.

Dicho rango de EBI fue considerado en todos los tipos de agua (Megersa *et al.*, 2015). No obstante, un EBI del 2 % es inevitable en casi todos los laboratorios, por lo que se debe aceptar un error mayor; pero si el EBI es mayor a 5 %, deberán revisarse los procedimientos, los análisis y el muestreo.²¹ El EBI con valores positivos no es afectado por los metales en el balance iónico, siendo la subestimación de HCO_3^- una de las causas más frecuentes de un EBI muy positivo.

Una causa frecuente de un EBI fuera del rango óptimo de $\pm 10\%$ son las fortalezas iónicas bajas, debido a las bajas concentraciones de analitos, cerca o bajo el límite de cuantificación o detección, donde se magnifican pequeños errores y así aumentan los errores porcentuales. Al respecto, los rangos del EBI están relacionados con la conductividad del agua (medida del flujo eléctrico del agua relacionado a la concentración de los iones), de acuerdo a lo planteado por Custodio y Llamas, 1976 en la siguiente tabla:

Tabla 6-6. Relación conductividad y error de balance iónico (EBI)

Conductividad ($\mu S/cm$)	EBI
50	± 30
200	± 10
500	± 8
2000	± 4
>2000	± 4

Fuente: Custodio y Llamas, 1976

De otro lado, algunas muestras presentan valores de EBI fuera del rango óptimo de $\pm 10\%$, con valores demasiado negativos ($\ll -10\%$). Esto se da en la mayoría de los casos en muestras ácidas con altas concentraciones de metales, resultando un EBI negativo si no se toma en cuenta sobre todos los iones hidronio (H_3O^+) del pH (de

²⁰ Información extraída de <http://gidahatari.com/ih-es/factores-que-influencian-el-balance-ionico>.

²¹ El EBI de 5 % fue usado en los estudios de aguas subterráneas realizados por Shubrha Singh, 2015 y K. Srinivasamoorthy, 2014, entre otros.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

preferencia en base a su actividad y no concentración) y otras especies disueltas en mayor concentración como el aluminio (Al^{3+}) y hierro (Fe^{2+}).

Al respecto de las muestras ácidas, el error de omitir los iones hidronio (H_3O^+)²² lleva a que el balance de carga será más negativo progresivamente a medida que el pH descende, tal como muestra en la Figura 6-1 (Nordstrom *et al.*, 2009). En la Figura 6-1A se observa que en aguas a pH menores a 3, el ion H_3O^+ puede tener mayor concentración (en meq/L) que otros cationes y por ende su EBI llega a valores mayores entre -50 y -100.

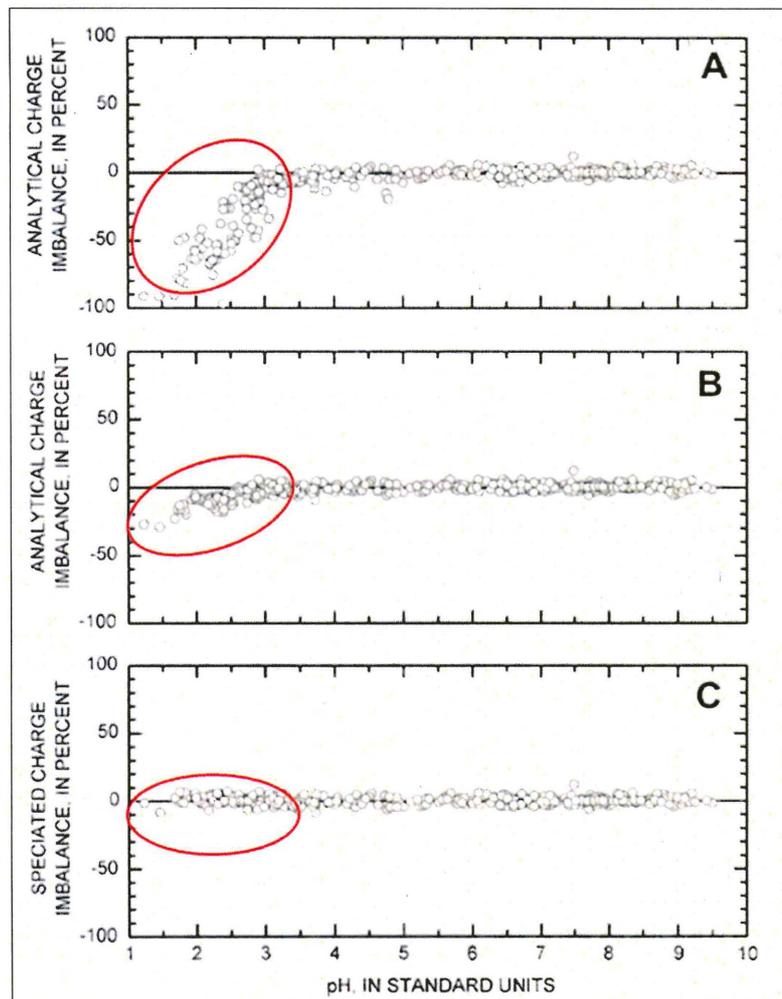


Figura 6-1. A) EBI sin H_3O^+ , B) EBI con H_3O^+ y sin especiación y C) EBI con H_3O^+ y con especiación
Fuente: Nordstrom *et al.*, 2009

Mientras que la Figura 6-1B y Figura 6-1C indican la importancia de considerar todas las especies formadas de Fe, Al, As, fluoruros y sulfatos, principalmente a pH ácidos antes del cálculo del EBI. Como ejemplo se tiene a los sulfatos, los que a pH de 1,3 a 2,7 sus iones se distribuyen en SO_4^{2-} (II) y HSO_4^- (I).

²²

En el presente estudio para el cálculo del EBI se hará referencia al catión H_3O^+ (también llamado oxonio), el cual es la forma hidratada de los iones H^+ en el agua mediante solvatación (reacción espontánea en el cual los iones H^+ como soluto dispersado son rodeados por las moléculas del agua (H_2O) como solvente).



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

Una de las causas de la acidez y la disolución de metales es la rápida e intensa oxidación de piritas (FeS_2) y otros sulfuros en los acuíferos, tras intrusión de oxidantes como el O_2 , y aumento del potencial redox en un ambiente reductor de SO_4^{2-} (potencial redox $E_h \ll 160$ mV).

De esta manera, en el presente estudio se ha considerado las concentraciones de aluminio (Al^{3+}), hierro (Fe^{2+}), manganeso (Mn^{2+}), bario (Ba^{2+}), estroncio (Sr^{2+}) y litio (Li^+) en la evaluación del EBI, en cada uno de los puntos de muestreo.

Para aquellos valores que superaron este 10 %, se calculó el EBI de acuerdo a la ecuación obtenida de la Tabla 6-6, el cual se establece mediante la curva potencial con un R^2 de 0,9631 (Figura 7-16).

$$\text{Error de Balance Iónico (EBI)} = 207,55 (\text{Conductividad})^{-0,529} \quad (6.3)$$

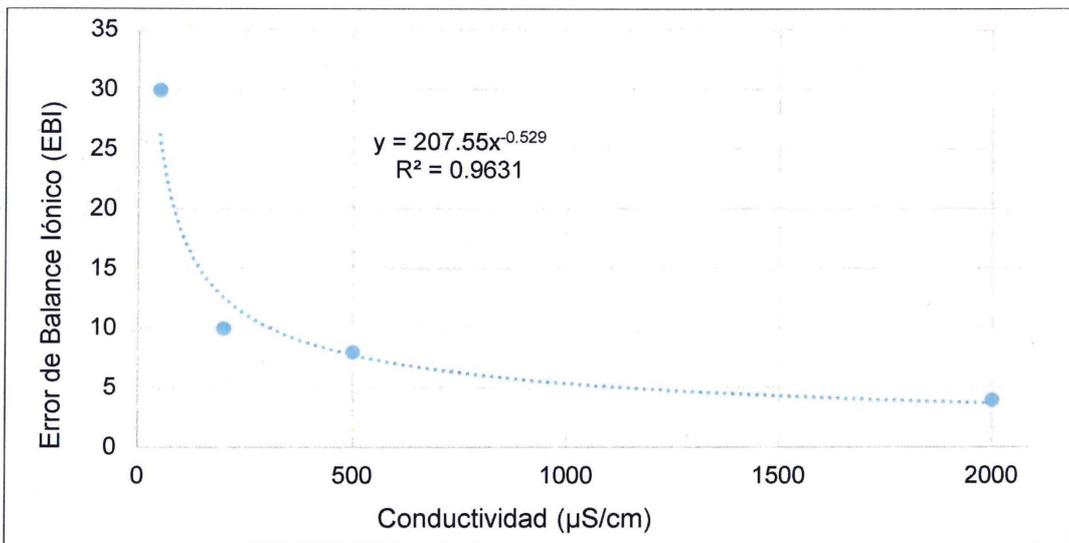


Figura 6-2. Curva potencial obtenida de la relación de conductividad y EBI establecida por Custodio y Llamas, 1976

B. Facies hidroquímicas

De otro lado, se realizó la caracterización hidroquímica en función a la predominancia aniónica y catiónica de las sales e interacción con la parte orgánica y roca (Custodio, 1965).

Para establecer las facies hidroquímicas de cada punto de muestreo se tuvieron los siguientes criterios:

- Si un ion tiene una concentración mayor al 50 %, entonces tomará el nombre del anión y/o catión; sin embargo, si otro ion tiene más del 40 % o cercano; entonces tomará un nombre compuesto de dos aniones o cationes unidos por un guion (facie compuesta en la forma aniónica y/o catiónica).
- Si dos iones tienen concentraciones menores al 50%, entonces tomará un nombre único (un anión y/o catión) o compuesto (dos cationes y/o aniones) con aquellos cuya concentración es mayor al o cercano al 40 %.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

- Si los iones tiene concentraciones menores al 40%, entonces tomará el nombre compuesto de los dos mayores porcentajes de aniones y cationes.

7. RESULTADOS

En este capítulo se analizan los resultados de calidad de agua de subterránea (afloramientos) y su evaluación hidroquímica, obtenidos en el área de influencia del proyecto Michiquillay.

Los resultados son presentados en dos partes: la primera parte corresponde a la comparación con las normas nacionales, y la segunda a la evaluación hidroquímica.

Con la finalidad de tener una mejor interpretación, los resultados son presentados en las tres zonas descritas a continuación (Figura 7-1).

Zona I: Está delimitado por las microcuencas Michiquillay, Quinuayoc y Seca, que forman la quebrada Challhuamayo.

Zona II: Está delimitado por microcuencas de Las Nellas, Jatunsacha y La Toma, que forman la quebrada Quinuamayo.

Zona III: Está delimitado por el tramo inicial de la quebrada La Encañada (unión de las quebrada Challhuamayo y Quinuamayo).



↑

↓

↓

↓



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

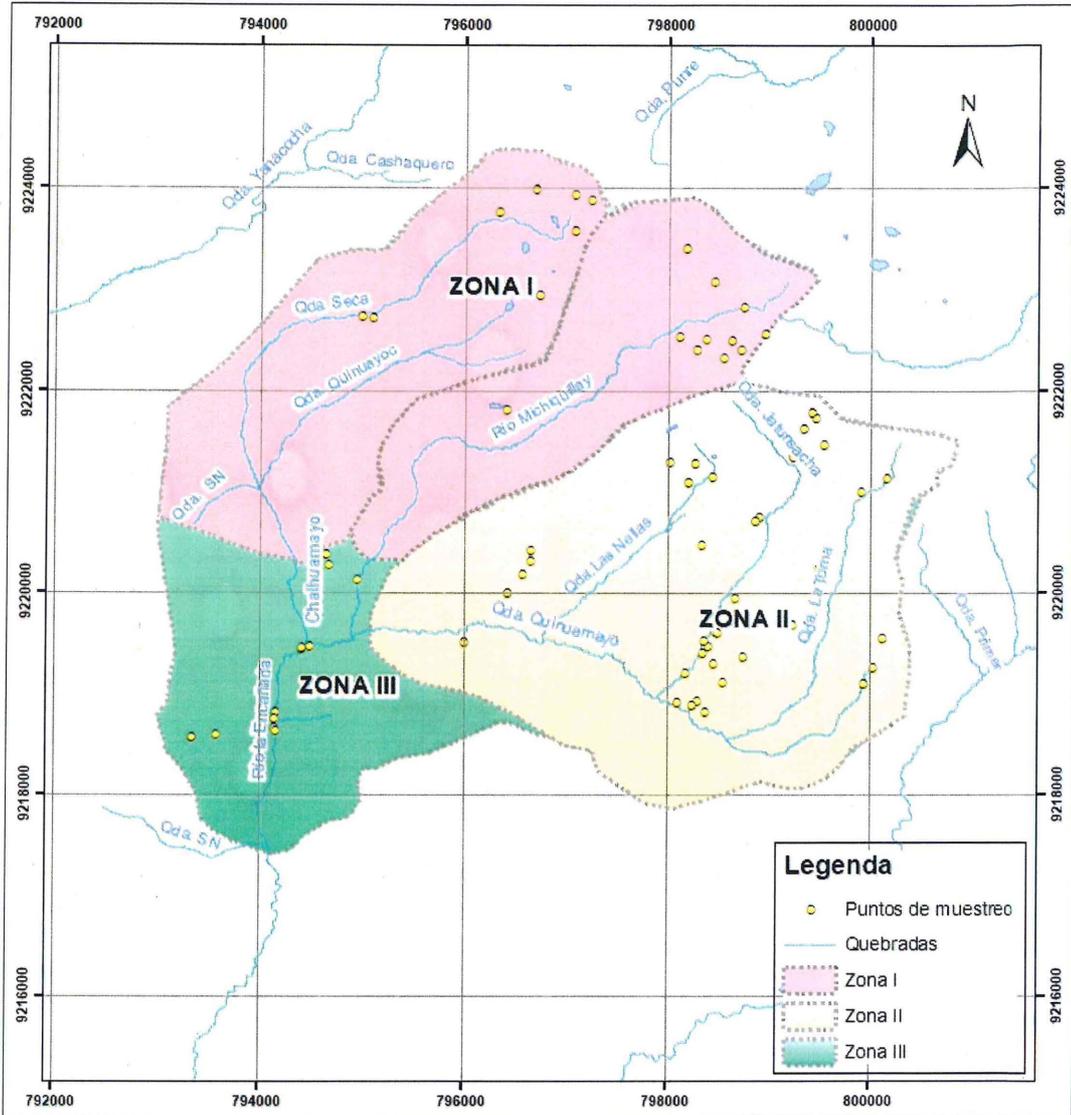


Figura 7-1. Esquema de distribución de zonas de evaluación en el área de influencia del proyecto de exploración minera Michiquillay

7.1. Calidad de agua subterránea

7.1.1. Control de calidad

Para la presente evaluación (noviembre - 2018), se tomaron siete duplicados en agua. Con respecto a sus resultados, solo el cobre en el punto AFCuschc1 registró un porcentaje de diferencia porcentual relativa (RPD) mayor al 20 %. Los puntos que cuentan con duplicado y su comparación con el ECA para agua 2017, se presentan en la Tabla 7-1. Los puntos y sus duplicados que excedieron referencialmente este estándar en hierro fueron AFBaN7 (DUP-2) y MLLif1 (DUP-7); mientras que los puntos AFCuschc1 (DUP-4) y AFHatun2 (DUP-5) excedieron en aluminio.



PERU

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

Tabla 7-1. Resultados de metales totales de los duplicados de agua evaluados en noviembre de 2018

Table with 21 columns (Metal Total, DUP-1, AFMichi3, RPD, DUP-2, AFBaNg7, RPD, DUP-3, AFPBla, RPD, DUP-4, AFCuschc1, RPD, DUP-5, AFHatun2, RPD, DUP-6, AFAurel2, RPD, DUP-7, MLLif1, RPD) and 38 rows of metal analysis data.

RPD: Diferencia porcentual relativa y N.D: No determinando por ser ambos valores menores al límite de detección.

Light green background: Mayor al 20%.

Yellow background: No cumple con los ECA para Agua, en la Categoría 1 (A1) del 2017 (0,3 mg/l para hierro).





7.1.2. Comparación con estándares nacionales

Los resultados de agua subterránea (afloramientos) se representan en gráficos de barras. En ellos se observan los parámetros que excedieron referencialmente la Categoría 1 (A1) y la Categoría 3 (D1 y D2) del ECA para agua 2017. En el Anexo C se encuentra el detalle de los resultados de los parámetros de calidad de agua subterránea comparados con los estándares referidos.

Zona I

En la Tabla 7-2 se muestran los puntos de la zona I que excedieron los ECA para agua, en la Categoría 1 (A1) y Categoría 3 (D1 y D2) y del 2017.

Tabla 7-2. Resultados de calidad de agua subterránea que excedieron los ECA - zona I

Punto de muestreo	Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, Estándares de Calidad Ambiental para Agua		
	Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección (1-A1)	Riego de tallo alto y bajo (D1)	Bebida de animales (D2)
AFCoch1	OD	---	OD
AFCoch2	pH	pH	pH
AFCoch3	---	---	---
AFMaqM	pH, OD, hierro	pH	pH
AFOxas	---	---	---
AFCuschc1	pH, OD, hierro	pH, OD	pH, OD
AFCuschc2	OD	---	---
AFPeñM	OD	---	---
AFLRSub1	pH, OD	pH	pH
AFLRSub2	---	---	---
AFLRSub3	OD	---	---
AFLag	pH, OD, hierro	pH	pH
AFBaNg1	pH, OD	pH	pH, OD
AFBaNg3	---	---	---
AFBaNg4	pH	pH	pH
AFBaNg5	pH, OD	pH	pH, OD
AFBaNg6	OD	---	---
AFBaNg7	pH, OD	pH	pH

(---) No excedieron los ECA para agua, en la Categoría 1 (A1) y en la Categoría 3 (D1 y D2) del 2017.

En la Figura 7-2, los valores de pH en los puntos ubicados en la zona I varían entre 4,55 y 7,97. El valor de pH en los puntos de muestreo AFCoch2, AFMaqM, AFCuschc1, AFLRSub1, AFLag, AFBaNg1, AFBaNg4, AFBaNg7 estuvo por debajo del rango establecido en las Cat1A1, Cat3D1 y Cat3D2 del ECA para 2017; es decir, características ácidas que incumplieron con la norma en mención.

La concentración de oxígeno disuelto (OD) varió entre 0,99 y 7,97 mg/l. El valor de OD en los puntos AFMaqM, AFCuschc2, AFPeñM, AFLRSub1, AFLRSub3, AFLag, AFBaNg6 y AFBaNg7 estuvo por debajo del valor de la Cat1A1 de los ECA para agua 2017. En los puntos AFCoch1, AFBaNg1 y AFBaNg5 estuvo por debajo de las Cat1A1 y Cat3D2 del ECA para agua 2017. En el punto AFCuschc1 estuvo por debajo de las Cat1A1, Cat3D1 y Cat3D2 del ECA para agua 2017 (Figura 7-3).

Con respecto a la concentración de hierro total en los puntos AFMaqM, AFCuschc1 y AFLag excedió el valor de la Cat1A1 del ECA para agua 2017 (Figura 7-4).



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

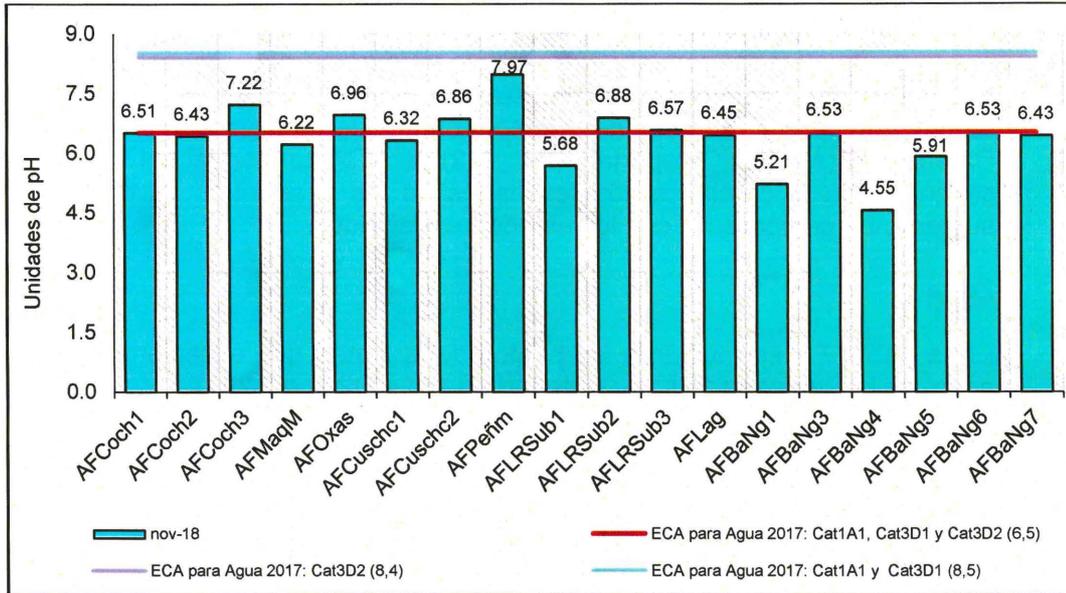


Figura 7-2. Valores de pH en la zona I comparados con los ECA para agua Categoría 1 (A1) y Categoría 3 (D1 y D2) de 2017

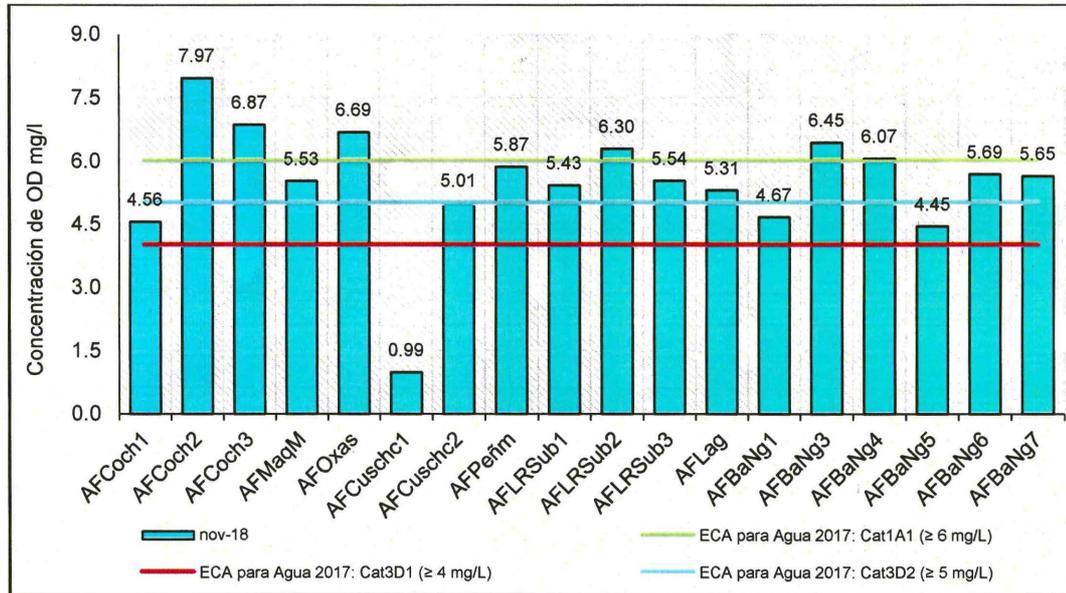


Figura 7-3. Concentración de oxígeno disuelto en la zona I comparada con los ECA para agua Categoría 1 (A1) y Categoría 3 (D1 y D2) del 2017



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

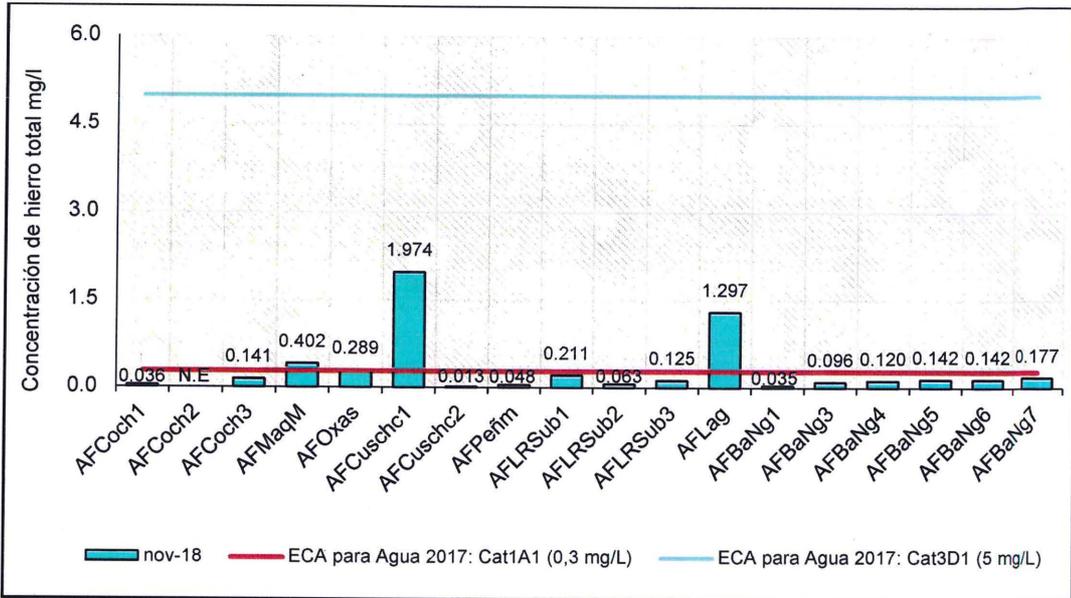


Figura 7-4. Concentración de hierro total en la zona I comparada con los ECA para agua Categoría 1 (A1) y Categoría 3 (D1 y D2) del 2017
N.E.: No Evaluado.

Zona II

En la Tabla 7-3 se muestra los puntos de la zona II que excedieron los ECA para agua, en la Categoría 1 (A1) y Categoría 3 (D1 y D2) del 2017.

Tabla 7-3. Resultados de calidad de agua subterránea que excedieron los ECA - zona II

Punto de muestreo	Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, Estándares de Calidad Ambiental para Agua		
	Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección (1-A1)	Riego de tallo alto y bajo (D1)	Bebida de animales (D2)
AFCoch2	pH, OD	pH	pH
AFCoch1	pH, OD	pH	pH
AFPamPm	pH	pH	pH
AFCoch3	pH	pH	pH
AFPCum2	OD	---	---
AFPAzu	pH	pH	pH
AFChug1	pH	pH	pH
AFLMin1	pH, OD, aluminio	pH, OD	pH, OD
AFMaMaq	pH, OD	pH, OD	pH, OD
AFFhatun4	pH, OD	pH	pH, OD
AFFhatun5	OD, hierro	---	---
AFFroilan1	OD	OD	OD
AFFroilan2	OD	---	---
AFJust1	OD	---	---
AFJavier	pH, OD	pH, OD	pH, OD
AFAurel2	OD, pH	pH	pH
AFAurel3	OD	---	OD
AFSugChi	---	---	---
MChau1	hierro	---	---
MLLif1	OD	---	---
MLLif2	OD	---	---



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

Punto de muestreo	Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, Estándares de Calidad Ambiental para Agua		
	Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección (1-A1)	Riego de tallo alto y bajo (D1)	Bebida de animales (D2)
MPuqui4	pH	pH	pH
MPuqui3	pH, OD, hierro	pH, OD	pH, OD
MPuqui2	hierro	---	---
MPuqui1	OD	OD	OD
AFQuinB1	---	---	---
AFVuelt	---	---	---
AFQuinB2	---	---	---
AFQuinB4	OD	---	---
AFPaccha1	pH	pH	pH
AFPaccha2	pH	pH	pH
AFHatun1	---	---	---
AFHatun2	OD	---	---
AFHatun3	OD	---	---
AFPCum1	pH, OD	pH, OD	pH, OD

(--) No excedieron los ECA para agua, en la Categoría 1 (A1) y en la Categoría 3 (D1 y D2) del 2017.

En la Figura 7-5, los valores de pH en los puntos ubicados en la zona II varían entre 4,48 y 7,86. El valor de pH en los puntos AFCoch2, AFCoch1, AFPamPm, AFCoch3, AFPazu, AFChug1, AFLMin1, AFMaMaq, AFHatun4, AFJavier, AFAurel2, MPuqui4, MPuqui3, AFPaccha1, AFPaccha2 y AFPCum1 estuvo por debajo del rango establecido en las Cat1A1, Cat3D1 y Cat3D2 del ECA para agua 2017; es decir, características ácidas que incumplieron con la norma en mención.

La concentración de oxígeno disuelto varió entre 1,51 y 8,29 mg/l. El valor de OD en los puntos AFCoch2, AFCoch1, AFPCum2, AFHatun5, AFFroilan2, AFJusti1, AFAurel2, MLLif1, MLLif2, AFQuinB4, AFHatun3 y AFHatun3 estuvo por debajo del valor de la Cat1A1 del ECA para agua 2017. En los puntos AFHatun4 y AFAurel3 estuvo por debajo de los valores de las Cat1A1 y Cat3D2 del ECA para agua 2017. En los puntos AFLMin1, AFMaMaq, AFFroilan1, AFJavier, MPuqui3, MPuqui1 y AFPCum1 estuvo por debajo de las Cat1A1, Cat3D1, Cat3D2 del ECA para agua 2017 (Figura 7-6).

La concentración de aluminio total en el punto AFLMin1 excedió el valor de la Cat1A1 del ECA para agua 2017 (Figura 7-7). Mientras que la concentración de hierro total en los puntos AFHatun5, MChau1, MPuqui3 y MPuqui2 excedió las Cat1A1, Cat3D1 y Cat3D2 del ECA para agua 2017 (Figura 7-8).



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

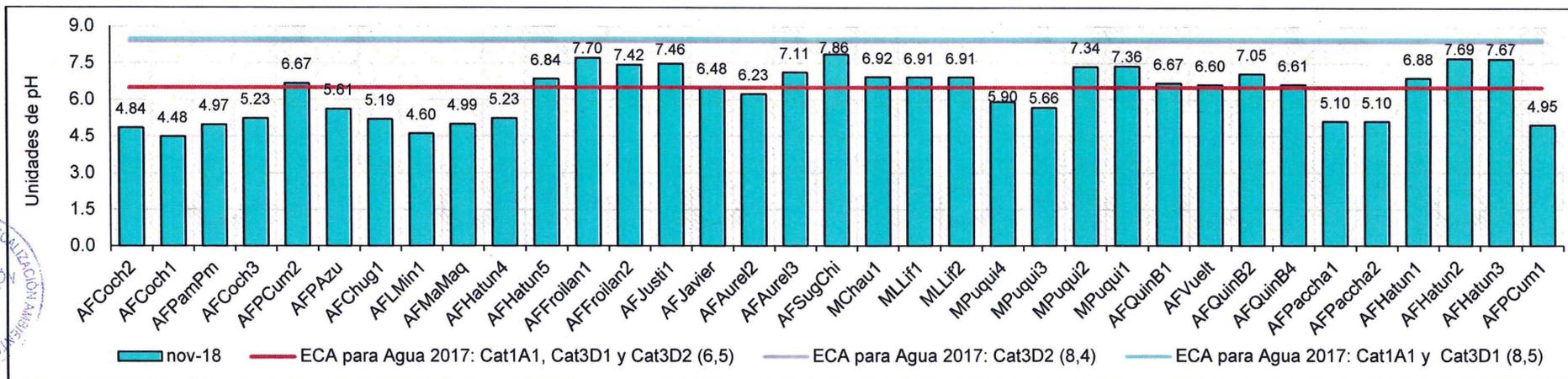


Figura 7-5. Valores de pH en la zona II comparados con los ECA para agua Categoría 1 (A1) y Categoría 3 (D1 y D2) del 2017

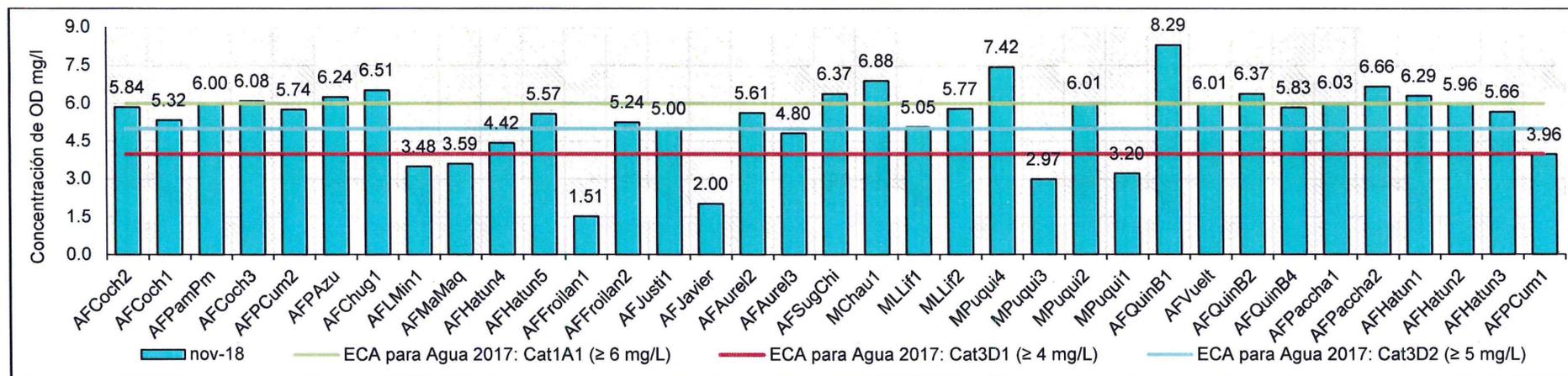


Figura 7-6. Concentración de oxígeno disuelto en la zona II comparada con los ECA para agua Categoría 1 (A1) y Categoría 3 (D1 y D2) del 2017



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

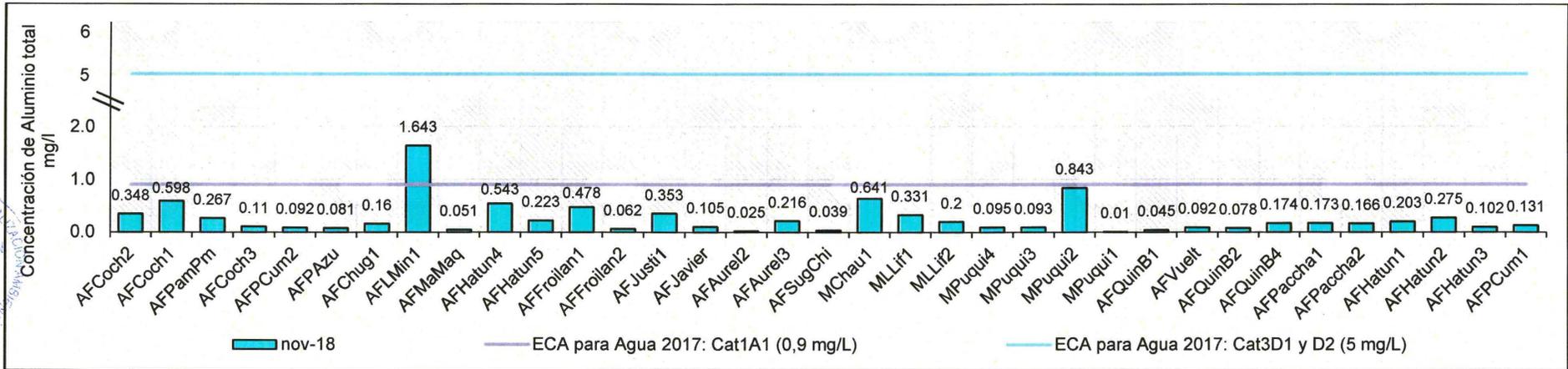


Figura 7-7. Concentración de aluminio total en la zona II comparada con los ECA para agua Categoría 1 (A1) y Categoría 3 (D1 y D2) del 2017

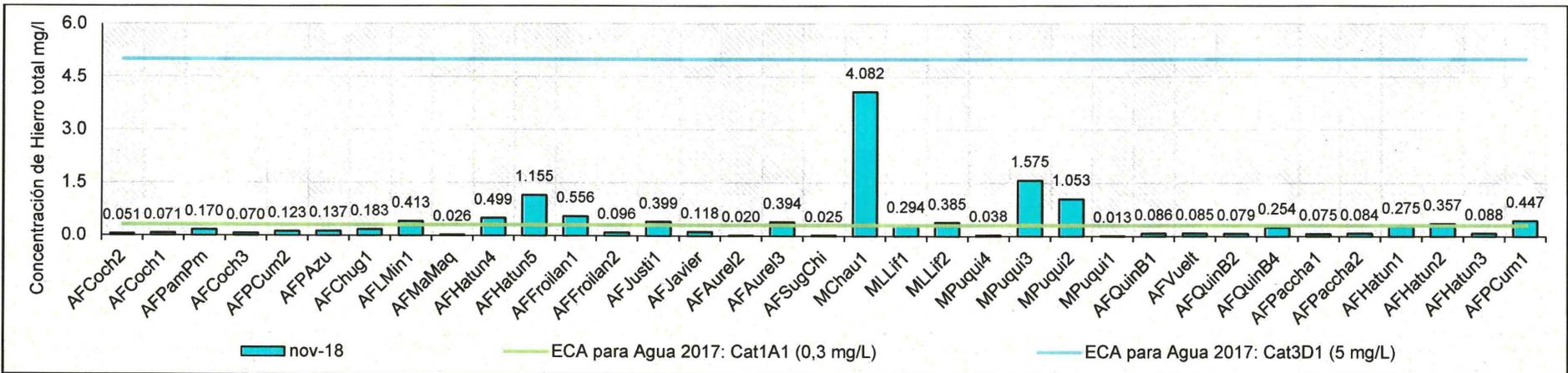


Figura 7-8. Concentración de hierro total en la zona II comparada con los ECA para agua Categoría 1 (A1) y Categoría 3 (D1 y D2) del 2017



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

Zona III

En la Tabla 7-4 se muestra los puntos de la zona III que excedieron los ECA para agua, en la Categoría 1 (A1) y Categoría 3 (D1 y D2) del 2017.

Tabla 7-4. Resultados de calidad de agua subterránea que excedieron los ECA - zona III

Punto de muestreo	Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, Estándares de Calidad Ambiental para Agua		
	Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección (1-A1)	Riego de tallo alto y bajo (D1)	Bebida de animales (D2)
AFMichi1	pH, OD	pH, OD	pH, OD
AFMichi2	pH, OD	pH, OD	pH, OD
AFMichi3	OD	OD	OD
AFMichi4	OD, hierro	---	---
AFMichi5	OD	---	---
AFMichi6	OD	---	OD
AFMilag	OD, hierro	---	---
AFFray	OD	---	OD
AFMMuert1	OD	---	OD
AFMMuert2	OD	---	OD
AFShita	OD	---	---
AFPbla	---	---	---

(---) No excedieron los ECA para agua, en la Categoría 1 (A1) y Categoría 3 (D1 y D2) del 2017.

En la Figura 7-9, los valores de pH en los puntos ubicados en la zona III varían entre 5,34 y 7,48. El valor del pH en los puntos AFMichi1 y AFMichi2 estuvo por debajo del rango establecido en las Cat1A1, Cat3D1 y Cat3D2 del ECA para agua 2017; es decir, presentaron características ácidas que incumplieron con la norma en mención.

La concentración de oxígeno disuelto varió entre 1,90 y 6,67 mg/l. El valor de OD en los puntos AFMichi4, AFMichi5, AFMilag y AFShita estuvo por debajo del valor de la Cat1A1 del ECA para agua 2017. En los puntos AFMichi6, AFFray, AFMMuert1 y AFMMuert2 estuvo por debajo de las Cat1A1 y Cat3D2 del ECA para agua 2017. En los puntos AFMichi1, AFMichi2 y AFMichi3 estuvo por debajo de las Cat1A1, Cat3D1, Cat3D2 del ECA para agua 2017 (Figura 7-10).





«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

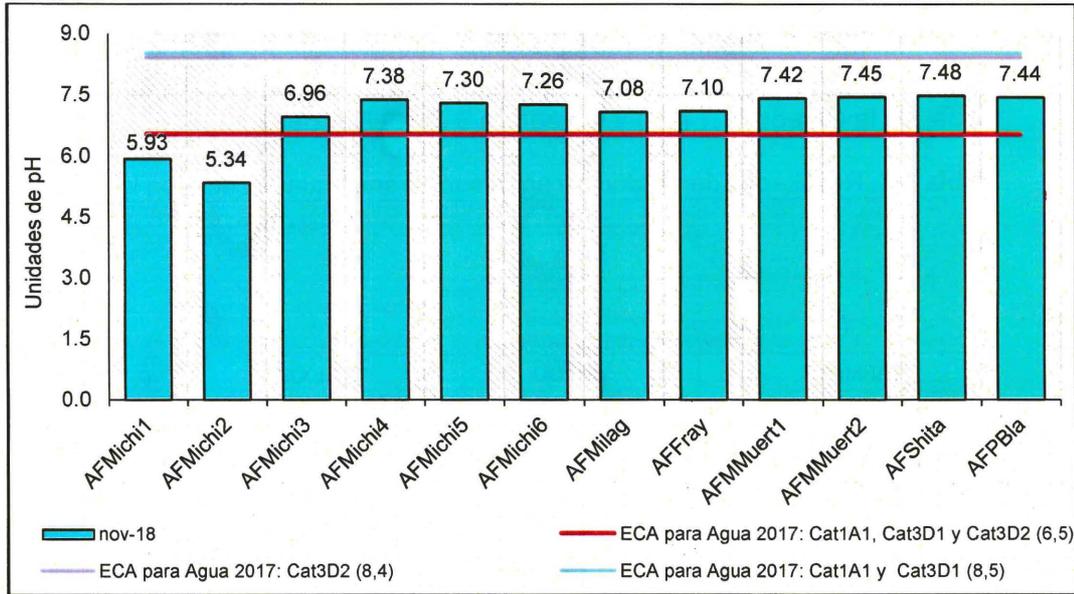


Figura 7-9. Valores de pH en la zona III comparados con los ECA para agua Categoría 1 (A1) y Categoría 3 (D1 y D2) del 2017

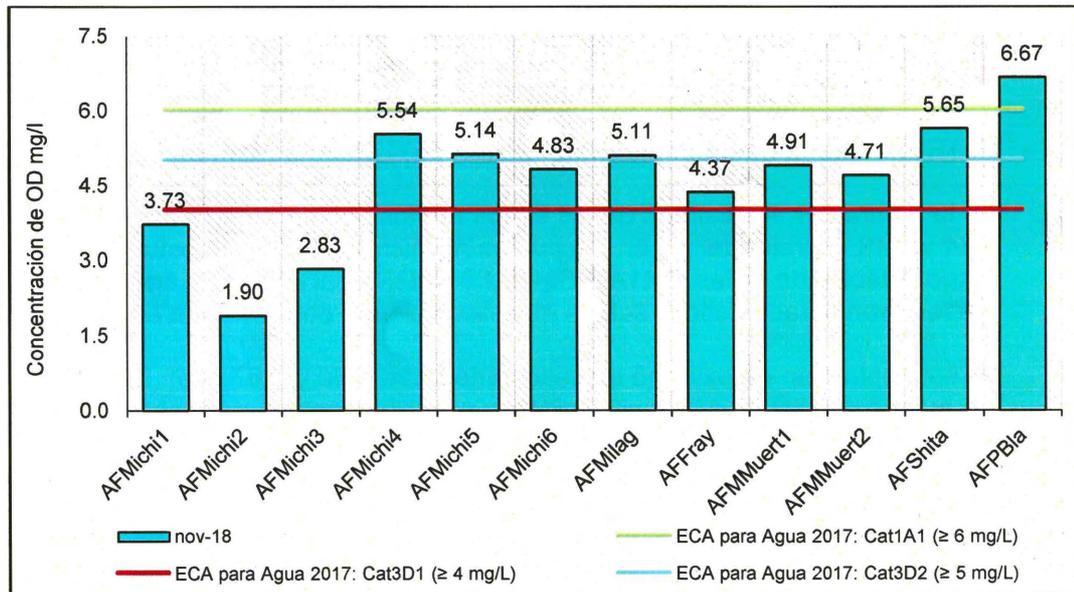


Figura 7-10. Concentración de oxígeno disuelto en la zona III comparada con los ECA para agua Categoría 1 (A1) y Categoría 3 (D1 y D2) del 2017

Con respecto a la concentración de hierro total en los puntos AFMichi4 y AFMilag excedió el valor de la Cat1A1 del ECA para agua 2017 (Figura 7-11).



Handwritten blue arrow pointing upwards.

Handwritten blue signature.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

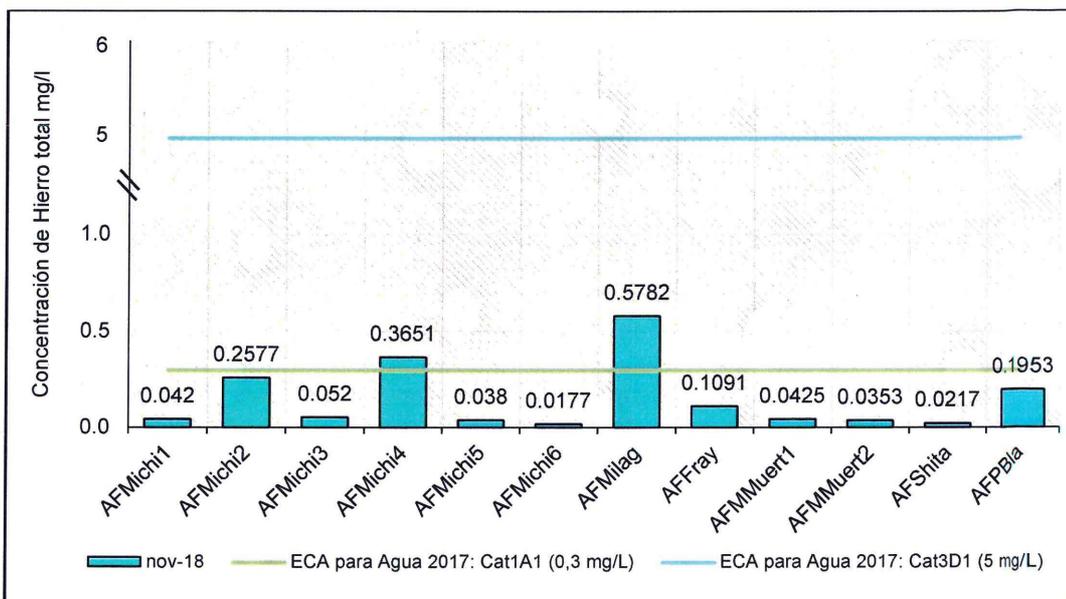


Figura 7-11. Concentración de hierro total en la zona III comparada con los ECA para agua Categoría 1 (A1) y Categoría 3 (D1 y D2) del 2017

7.2. Evaluación hidroquímica

7.2.1. Relaciones de los parámetros de agua subterránea

En el presente subcapítulo, se establecieron las asociaciones entre los iones y la conductividad, y el comportamiento de los metales totales y disueltos como base para las posteriores evaluaciones.

A. Relación de conductividad y suma de aniones y cationes

En la relación lineal entre la conductividad y la suma de cationes²³, se obtuvo la ecuación 7.1, de acuerdo a la relación línea de la Figura 7-12 (R² de 0,9924).

$$\text{Conductividad } (\mu\text{S}/\text{cm}) = 0,0104 * \text{Suma de cationes } (\text{meq}/\text{L}) \quad (7.1)$$

²³ Para la suma de cationes, en adición a los principales: calcio (Ca²⁺), magnesio (Mg²⁺), sodio (Na⁺) y potasio (K⁺), se consideraron los iones hidronio del pH (H₃O⁺) y los iones de los metales disueltos: aluminio (Al³⁺), hierro (Fe²⁺), manganeso (Mn²⁺), bario (Ba²⁺), estroncio (Sr²⁺) y litio (Li⁺).



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

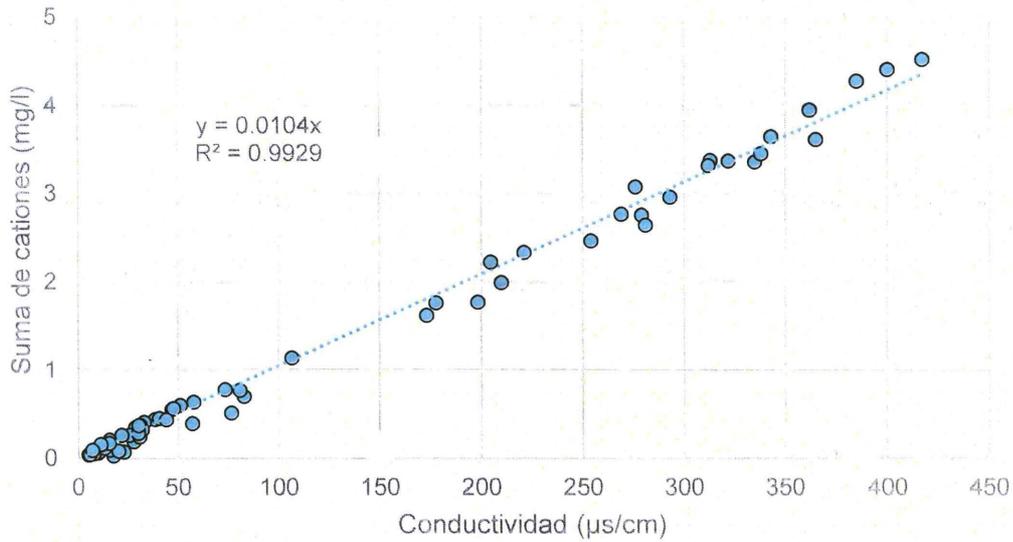


Figura 7-12. Relación lineal entre la conductividad y la suma de aniones de los puntos de muestreo

Para el caso de la relación lineal entre la conductividad y la suma de aniones²⁴, se obtuvo la ecuación 7.2, de acuerdo a la relación línea de la Figura 7-13 (R^2 de 0,9928).

$$\text{Conductividad } (\mu\text{S}/\text{cm}) = 0,0109 * \text{Suma de aniones (meq/L)} \quad (7.2)$$

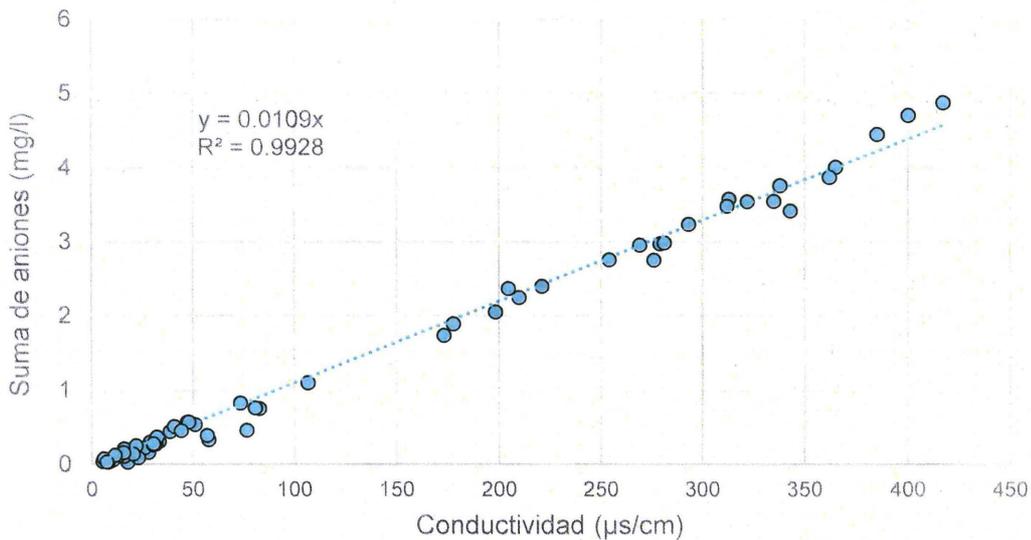


Figura 7-13. Relación lineal entre la conductividad y la suma de aniones de los puntos de muestreo

En las relaciones lineales obtenidas, las ecuaciones registraron un R^2 mayor a 0,9. Además tienen pendientes de 0,0104 para los cationes y de 0,0109 para los aniones, lo que sugiere —de acuerdo con la ecuación 6.1 de la APHA— una buena relación entre dichos parámetros, debido a que se encuentran en el rango de 0,009 – 0,0110.

²⁴ Los aniones considerados son cloruros (Cl⁻), sulfatos, (SO₄²⁻), nitratos (NO₃⁻) y bicarbonatos (HCO₃⁻).



B. Porcentaje de metales disueltos

En esta subsección, se consigna la relación porcentual entre el valor de los metales disueltos y el valor de los metales totales de agua subterránea (afloramientos), obtenidos en noviembre de 2018. Esta relación se aprecia en las Tablas 7-5, 7-6 y 7-7, en las que se resaltan en color naranja los porcentajes mayores al 50 % (predomina el metal disuelto); en azul los porcentajes menores al 50 % (no predomina el metal disuelto); y en verde, los porcentajes de 50 %. De esa manera, se tienen los resultados siguientes:

Predomina el metal disuelto

- Calcio (excepto AFPazu y AFLMin1), bario y magnesio (excepto en AFLMin1), estroncio y potasio (excepto AFChug1 y AFFroilan1), sodio y silicio (excepto AFLRSub3).

No predomina el metal disuelto

- Fósforo (excepto 8 puntos de muestreo) y titanio (excepto 3 puntos de muestreo).

Cabe resaltar que en los puntos AFBaNg7, AFLMin1 y AFFroilan1 se registró el mayor número de metales con predominio de su forma disuelta.



↑

lg



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

Tabla 7-5. Porcentaje de metales disueltos en los puntos de muestreo de los afloramientos en noviembre de 2018 en la zona I

Table with 19 columns (Parámetro, AFCoch1-3, AFMaqM, AFOxas, AFCuschc 1-2, AFPeM, AFLRSub 1-3, AFLag, AFBaNg1-7) and 20 rows of metal data including Aluminio, Arsénico, Bario, Calcio, Cobalto, Cromo, Cobre, Hierro, Mercurio, Potasio, Litio, Magnesio, Manganeso, Sodio, Níquel, Fosforo, Plomo, Antimonio, Silicio, Estroncio, Titanio, Vanadio, and Zinc.

(<) Menor al límite de cuantificación respectivo.
Yellow: Porcentaje de la forma disuelta del metal mayor al 50% del total
Blue: Porcentaje de la forma disuelta del metal menor al 50% del total
Green: Concentración de la forma disuelta del metal igual a la concentración de la forma suspendida



Handwritten blue arrow pointing upwards

Handwritten blue signature

Handwritten blue signature



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

Tabla 7-6. Porcentaje de metales disueltos en los puntos de muestreo de los afloramientos en noviembre de 2018 en la zona II

Parámetro	AFCoch2	AFCoch1	AFPamPm	AFCoch3	AFPCum2	AFAzu	AFChug1	AFLMin1	AFMaMaq	AFHatun4	AFHatun5	AFFroilan1	AFFroilan2	AFJusti1	AFJavier	AFAurel2	AFAurel3
Aluminio (Al)	25%	28%	42%	100%	79%	21%	55%	14%	65%	8%	8%	10%	3%	1%	97%	8%	5%
Boro (B)	<0,002	<0,002	17%	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Bario (Ba)	100%	100%	100%	100%	100%	81%	85%	75%	100%	52%	67%	83%	79%	85%	100%	87%	90%
Berilio (Be)	<0,00002	80%	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002
Calcio (Ca)	100%	100%	73%	100%	100%	41%	100%	41%	100%	100%	89%	90%	84%	99%	86%	88%	94%
Cobalto (Co)	84%	64%	100%	2%	<0,00001	68%	100%	<0,00001	<0,00001	<0,00001	2%	<0,00001	<0,00001	<0,00001	<0,00001	<0,00001	<0,00001
Cromo (Cr)	11%	20%	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	11%	4%	8%	13%	8%	20%	<0,0001	9%
Cobre (Cu)	100%	100%	100%	100%	<0,00003	100%	<0,00003	70%	<0,00003	3%	100%	<0,00003	<0,00003	<0,00003	100%	<0,00003	<0,00003
Hierro (Fe)	100%	100%	100%	100%	93%	65%	61%	13%	100%	28%	18%	0%	0,42%	0,10%	100%	2%	1%
Potasio (K)	100%	84%	100%	75%	100%	76%	47%	<0,04	100%	100%	96%	46%	69%	55%	86%	<0,04	71%
Litio (Li)	8%	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	64%	<0,0001	<0,0001	95%	<0,0001	<0,0001	6%	95%	87%	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Magnesio (Mg)	100%	76%	85%	100%	100%	88%	100%	39%	96%	72%	84%	90%	83%	98%	80%	90%	98%
Manganeso (Mn)	100%	72%	100%	93%	71%	26%	92%	11%	100%	67%	58%	35%	25%	40%	100%	100%	31%
Molibdeno (Mo)	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002
Sodio (Na)	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	100%	97%	100%	100%	100%	<0,006	90%	93%	84%	100%	84%	84%	96%
Níquel (Ni)	100%	90%	100%	100%	<0,0002	96%	<0,0002	<0,0002	100%	29%	56%	22%	40%	33%	100%	<0,0002	<0,0002
Fosforo (P)	17%	17%	<0,015	50%	45%	18%	58%	14%	68%	23%	22%	19%	26%	27%	33%	<0,015	17%
Plomo (Pb)	100%	100%	<0,0002	100%	<0,0002	<0,0002	<0,0002	23%	<0,0002	11%	67%	40%	<0,0002	40%	<0,0002	<0,0002	40%
Silicio (Si)	81%	59%	92%	74%	91%	69%	90%	65%	81%	61%	71%	68%	78%	80%	65%	100%	87%
Estroncio (Sr)	100%	100%	94%	100%	98%	100%	100%	100%	100%	100%	84%	88%	81%	98%	84%	91%	91%
Titanio (Ti)	2%	100%	14%	11%	11%	11%	<0,0002	8%	11%	6%	3%	1%	13%	5%	5%	<0,0002	6%
Uranio (U)	<0,000003	1%	<0,000003	<0,000003	<0,000003	<0,000003	<0,000003	<0,000003	<0,000003	<0,000003	<0,000003	<0,000003	<0,000003	<0,000003	<0,000003	<0,000003	<0,000003
Vanadio (V)	25%	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	9%	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Zinc (Zn)	100%	100%	26%	100%	<0,0100	61%	<0,0100	<0,0100	100%	48%	49%	<0,0100	<0,0100	58%	100%	<0,0100	<0,0100

<: Menor al límite de cuantificación respectivo.

- : Porcentaje de la forma disuelta del metal mayor al 50% del total
- : Porcentaje de la forma disuelta del metal menor al 50% del total
- : Concentración de la forma disuelta del metal igual a la concentración de la forma suspendida



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

Tabla 7-6. Porcentaje de metales disueltos en los puntos de muestreo de los afloramientos en noviembre de 2018 en la zona II (continuación)

Parámetro	AFSugChi	MChau1	MLLif1	MLLif2	MPuqui4	MPuqui3	MPuqui2	MPuqui1	AFQuinB1	AFVuel	AFQuinB2	AFQuinB4	AFPaccha 1	AFPaccha 2	AFHatun1	AFHatun2	AFHatun3	AFPCum1
Aluminio (Al)	5%	14%	11%	10%	85%	65%	7%	20%	27%	63%	64%	78%	60%	52%	35%	8%	23%	100%
Arsénico (As)	<0,0000 3	100%	<0,0000 3	<0,00003	<0,00003	<0,0000 3	<0,0000 3	<0,0000 3	<0,0000 3									
Boro (B)	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Bario (Ba)	94%	53%	90%	86%	100%	100%	64%	94%	100%	100%	80%	100%	100%	100%	100%	98%	84%	94%
Calcio (Ca)	97%	89%	88%	93%	100%	100%	86%	90%	100%	97%	93%	90%	100%	100%	100%	91%	91%	100%
Cobalto (Co)	<0,0000 1	<0,0000 1	<0,0000 1	<0,0000 1	80%	89%	2%	<0,0000 1	<0,0000 1	<0,0000 1	<0,0000 1	<0,0000 1	78%	<0,00001	<0,0000 1	<0,0000 1	<0,0000 1	100%
Cromo (Cr)	<0,0001	100%	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	20%	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Cobre (Cu)	<0,0000 3	100%	<0,0000 3	<0,0000 3	100%	100%	100%	<0,0000 3	100%	100%	<0,0000 3	100%	100%	100%	100%	100%	<0,0000 3	100%
Hierro (Fe)	2%	12%	44%	5%	100%	60%	17%	3%	98%	100%	86%	96%	100%	100%	83%	35%	71%	90%
Potasio (K)	89%	72%	54%	74%	55%	67%	91%	62%	85%	99%	86%	98%	76%	67%	81%	61%	100%	100%
Litio (Li)	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Magnesio (Mg)	95%	85%	85%	94%	100%	88%	68%	90%	94%	98%	89%	91%	100%	100%	86%	92%	91%	100%
Manganeso (Mn)	87%	81%	61%	53%	94%	87%	5%	100%	72%	97%	63%	56%	94%	100%	65%	24%	93%	100%
Molibdeno (Mo)	<0,0000 2	<0,00002	<0,00002	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2											
Sodio (Na)	97%	100%	97%	94%	100%	95%	92%	89%	92%	100%	92%	93%	100%	<0,006	99%	99%	100%	100%
Níquel (Ni)	40%	100%	<0,0002	<0,0002	<0,0002	100%	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	100%	<0,0002	<0,0002	100%
Fosforo (P)	27%	8%	19%	15%	<0,015	30%	21%	<0,015	27%	31%	31%	25%	68%	68%	50%	<0,015	25%	42%
Plomo (Pb)	<0,0002	100%	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	100%	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	83%	100%	<0,0002	100%	<0,0002	<0,0002
Silicio (Si)	100%	60%	83%	83%	68%	82%	86%	92%	88%	93%	85%	80%	78%	67%	76%	87%	78%	75%
Estroncio (Sr)	96%	88%	91%	94%	100%	100%	89%	92%	90%	94%	88%	92%	100%	100%	100%	98%	93%	100%
Titanio (Ti)	12%	2%	4%	8%	<0,0002	14%	15%	<0,0002	10%	10%	12%	8%	10%	5%	6%	6%	6%	15%
Vanadio (V)	<0,0001	11%	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	8%	<0,0001	<0,0001	100%	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Zinc (Zn)	<0,0100	100%	100%	<0,0100	<0,0100	100%	100%	68%	53%	<0,0100	<0,0100	81%	100%	<0,0100	89%	83%	100%	100%

<: Menor al límite de cuantificación respectivo.

■ : Porcentaje de la forma disuelta del metal mayor al 50% del total

■ : Porcentaje de la forma disuelta del metal menor al 50% del total

■ : Concentración de la forma disuelta del metal igual a la concentración de la forma suspendida



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

Tabla 7-7. Porcentaje de metales disueltos en los puntos de muestreo de los afloramientos en noviembre de 2018 en la zona III

Parámetro	AFMichi1	AFMichi2	AFMichi3	AFMichi4	AFMichi5	AFMichi6	AFMilag	AFFray	AFMMuert1	AFMMuert2	AFShita	AFPBlia
Aluminio (Al)	100%	60%	70%	6%	59%	100%	0%	50%	48%	49%	100%	97%
Arsénico (As)	<0,000 03	<0,000 03	100%	100%	100%	100%	<0,000 03	<0,000 03	<0,000 03	<0,000 03	<0,000 03	100%
Boro (B)	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	100%	<0,002
Bario (Ba)	100%	100%	97%	90%	100%	100%	78%	88%	100%	100%	100%	100%
Calcio (Ca)	100%	88%	100%	91%	96%	91%	86%	86%	95%	96%	98%	92%
Cobalto (Co)	<0,000 01	<0,000 01	<0,000 01	<0,000 01	<0,000 01							
Cromo (Cr)	<0,000 1	<0,000 1	<0,000 1	<0,000 1	10%	<0,000 1	13%	<0,000 1	14%	20%	<0,000 1	<0,000 1
Cobre (Cu)	5%	75%	100%	17%	100%	100%	63%	<0,000 03	68%	75%	100%	37%
Hierro (Fe)	100%	85%	100%	34%	100%	100%	14%	100%	100%	100%	100%	52%
Potasio (K)	100%	77%	100%	91%	89%	88%	79%	90%	100%	100%	100%	100%
Litio (Li)	<0,000 1	82%	<0,000 1	<0,000 1	82%	<0,000 1						
Magnesio (Mg)	100%	89%	98%	90%	98%	92%	87%	86%	95%	96%	100%	94%
Manganeso (Mn)	100%	91%	100%	23%	62%	100%	2%	85%	95%	90%	100%	41%
Molibdeno (Mo)	<0,000 02	5%	<0,000 02	<0,000 02	<0,000 02							
Sodio (Na)	100%	88%	100%	96%	98%	98%	95%	89%	100%	97%	100%	100%
Níquel (Ni)	<0,000 2	100%	<0,000 2	<0,000 2	<0,000 2	<0,000 2	15%	<0,000 2	<0,000 2	<0,000 2	<0,000 2	<0,000 2
Fosforo (P)	<0,015	30%	88%	11%	14%	19%	12%	23%	37%	38%	21%	16%
Plomo (Pb)	<0,000 2	<0,000 2	<0,000 2	100%	100%	<0,000 2	83%	<0,000 2	<0,000 2	<0,000 2	100%	<0,000 2
Silicio (Si)	100%	80%	97%	80%	84%	73%	79%	83%	86%	93%	73%	83%
Estroncio (Sr)	100%	96%	100%	92%	100%	94%	90%	88%	97%	97%	100%	94%
Titanio (Ti)	<0,000 2	<0,000 2	<0,000 2	3%	<0,000 2	88%	2%	15%	13%	11%	13%	11%
Uranio (U)	<0,000 003	1%	<0,000 003	100%	90%							
Vanadio (V)	<0,000 1	<0,000 1	<0,000 1	<0,000 1	<0,000 1	<0,000 1	11%	100%	100%	<0,000 1	<0,000 1	<0,000 1
Zinc (Zn)	100%	<0,010 0	99%	76%	<0,010 0	62%	74%	100%	100%	100%	<0,010 0	<0,010 0

<: Menor al límite de cuantificación respectivo.

■ : Porcentaje de la forma disuelta del metal mayor al 50% del total

■ : Porcentaje de la forma disuelta del metal menor al 50% del total

■ : Concentración de la forma disuelta del metal igual a la concentración de la forma suspendida

7.2.2. Evaluación hidroquímica

La caracterización hidroquímica se realizó en los puntos de muestro de los afloramientos de agua subterránea de las tres zonas de evaluación.

A. Error de balance iónico (EBI)

El EBI se calculó tomando en cuenta los cationes calcio (Ca^{2+}), magnesio (Mg^{2+}), potasio (K^+), sodio (Na^+), aluminio (Al^{3+}), hierro (Fe^{2+}), manganeso (Mn^{2+}), bario (Ba^{2+}), estroncio (Sr^{2+}), litio (Li^+), y los iones hidronio (H_3O^+) del pH, mediante la fórmula indicada en la ecuación 6.2 (Sección 6.6.2. Procesamiento de datos).

En la evaluación se registraron valores de EBI mayores al 10 % en 12 de 65 puntos de muestreo (Anexo D.2), por lo que se determinó el VC (valor calculado) en relación a la conductividad de acuerdo a la ecuación 6.3. De esa manera, solamente AFCoch1 registró una diferencia (Dif. ²⁵) negativa (EBI > valor absoluto de VC).



B. Facies hidroquímicas

Para efectos de este análisis se utilizaron los criterios indicados en la sección B de 6.6.2. *Facies hidroquímicas*, cuyos resultados se observan en la Tabla 7-8:

- 48 afloramientos tienen facies bicarbonatadas cálcicas (el detalle en la Tabla 7-8), 3 bicarbonatadas cálcica-alumínica (AFPamPm, AFPaccha1 y AFPCum1), 2 bicarbonatadas cálcica-magnésica (AFPazu y AFHatun1), 2 bicarbonatadas alumínica-cálcica (AFCoch1 y AFCoch3 —ambos de la zona II—), 1 bicarbonatada alumínica (AFLMin1), 1 bicarbonatada sódica-cálcica (AFLag), 1 bicarbonatada cálcica-sódica (AFChug1) y 1 bicarbonatada potásica-cálcica (AFCoch2 —zona II—).
- 2 afloramientos con presencia de sulfatos (AFLRSub1, de facie sulfatada cálcica; y AFBaNg4, de facie sulfatada bicarbonatada-cálcica) y 2 afloramientos con presencia de nitratos (MPuqui4, de facie nitrada cálcica; y MPuqui3, de facie bicarbonatada-nitrada cálcica).
- 1 afloramiento tiene facie clorurada sódica-cálcica (AFMichi2) y 1 en afloramiento (AFPeñM) no se puede determinar la facie debido a que sus valores de iones principales, como bicarbonatos y sulfatos, fueron menores al límite de detección.





PERÚ

Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

Tabla 7-8. Determinación de las facies hidroquímicas de los afloramientos evaluados en noviembre de 2018

N.º	Punto de Muestreo	Porcentaje (%)															Facies Hidroquímica	Nomenclatura		
		Al ³⁺	Fe ²⁺	Mn ²⁺	Ba ²⁺	Sr ²⁺	Li ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	ΣCat.	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻			ΣAn.	
Zona I																				
1	AFCoch1	0,93	0,20	0,00	0,01	0,19	0,00	58,45	23,77	1,49	14,95	100	99,1	0,5	0,3	0,0	100	Bicarbonatada cálcica	HCO ₃ -Ca	
2	AFCoch2	0,30	2,21	0,19	0,01	0,27	0,00	53,42	12,34	10,63	20,63	100	81,7	10,2	8,1	0,0	100	Bicarbonatada cálcica	HCO ₃ -Ca	
3	AFCoch3	2,20	1,15	0,05	0,01	0,28	0,00	48,85	18,41	2,91	26,14	100	98,4	0,4	1,2	0,0	100	Bicarbonatada cálcica	HCO ₃ -Ca	
4	AFMaqM	2,93	3,06	0,72	0,02	0,27	0,00	48,02	19,77	1,95	23,26	100	98,8	0,6	0,3	0,2	100	Bicarbonatada cálcica	HCO ₃ -Ca	
5	AFOxas	2,09	2,65	0,15	0,04	0,34	0,00	45,28	16,01	5,11	28,32	100	99,0	0,6	0,3	0,1	100	Bicarbonatada cálcica	HCO ₃ -Ca	
6	AFCuschc1	0,33	8,93	0,80	0,01	0,07	0,05	72,56	11,03	1,38	4,84	100	51,0	0,2	17,3	0,0	100	Bicarbonatada cálcica	HCO ₃ -Ca	
7	AFCuschc2	0,16	0,04	0,01	0,00	0,06	0,00	86,30	7,85	0,56	5,01	100	95,3	0,2	3,8	0,7	100	Bicarbonatada cálcica	HCO ₃ -Ca	
8	AFPeñM	71,76	5,84	0,08	0,06	0,05	0,05	Menores al límite de detección				100	Menores al límite de detección			23,5	100	N.D	N.D	
9	AFLRSub1	3,70	2,22	2,30	0,07	0,21	0,01	61,95	18,48	1,76	9,31	100	20,0	1,0	78,4	0,6	100	Sulfatada cálcica	SO ₄ -Ca	
10	AFLRSub2	3,49	0,82	0,10	0,01	0,33	0,01	52,47	9,49	0,74	32,56	100	88,5	0,8	10,6	0,1	100	Bicarbonatada cálcica	HCO ₃ -Ca	
11	AFLRSub3	3,52	1,64	0,14	0,02	0,33	0,01	56,11	9,28	3,02	25,93	100	76,4	0,8	22,7	0,1	100	Bicarbonatada cálcica	HCO ₃ -Ca	
12	AFLag	2,00	5,29	0,27	0,03	0,18	0,00	28,54	13,48	13,56	36,64	100	71,1	6,9	21,9	0,1	100	Bicarbonatada sodica-cálcica	HCO ₃ -Na-Ca	
13	AFBaNg1	9,12	1,84	0,76	0,47	0,19	0,02	42,39	20,37	9,74	15,10	100	82,2	7,8	7,8	2,2	100	Bicarbonatada cálcica	HCO ₃ -Ca	
14	AFBaNg3	1,09	1,41	0,13	0,22	0,34	0,01	44,92	22,36	8,27	21,27	100	96,7	2,7	0,4	0,2	100	Bicarbonatada cálcica	HCO ₃ -Ca	
15	AFBaNg4	18,00	6,27	2,12	0,22	0,14	0,27	28,39	19,57	14,55	10,47	100	47,8	1,6	49,2	1,4	100	Sulfatada-bicarbonatada cálcica	SO ₄ -HCO ₃ -Ca	
16	AFBaNg5	0,60	0,84	0,07	0,02	0,17	0,00	69,29	9,87	2,88	16,27	100	65,7	0,4	33,8	0,0	100	Bicarbonatada cálcica	HCO ₃ -Ca	
17	AFBaNg6	2,03	1,71	0,06	0,03	0,24	0,01	47,97	12,73	6,03	29,21	100	98,9	0,7	0,4	0,1	100	Bicarbonatada cálcica	HCO ₃ -Ca	
18	AFBaNg7	6,50	1,24	0,03	0,03	0,23	0,00	49,48	18,61	2,79	21,10	100	99,4	0,4	0,2	0,0	100	Bicarbonatada cálcica	HCO ₃ -Ca	
Zona II																				
19	AFCoch2	18,50	3,45	1,67	0,21	0,05	0,03	22,64	19,60	33,36	0,49	100	55,0	<L.D	24,4	5,0	100	Bicarbonatada potásica-cálcica	HCO ₃ -K-Ca	
20	AFCoch1	35,37	4,77	2,20	0,35	0,06	0,03	25,36	15,96	15,41	0,49	100	51,5	17,3	28,8	2,3	100	Bicarbonatada aluminica-cálcica	HCO ₃ -Al-Ca	
21	AFPamPm	24,26	11,86	1,17	0,37	0,13	0,03	39,86	12,34	9,47	0,51	100	45,3	23,1	1,4	30,2	100	Bicarbonatada cálcica-aluminica	HCO ₃ -Ca-Al	
22	AFCoch3	36,20	7,42	1,45	0,31	0,06	0,04	25,11	17,29	11,35	0,77	100	58,3	22,6	15,6	3,5	100	Bicarbonatada aluminica-cálcica	HCO ₃ -Al-Ca	

**PERÚ**Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

N.º	Punto de Muestreo	Porcentaje (%)																Facies Hidroquímica	Nomenclatura
		Al ³⁺	Fe ²⁺	Mn ²⁺	Ba ²⁺	Sr ²⁺	Li ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	ΣCat.	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	ΣAn.		
23	AFPCum2	2,17	1,10	0,05	0,03	0,33	0,00	54,42	17,37	1,03	23,50	100	99,1	0,5	0,3	0,0	100	Bicarbonatada cálcica	HCO ₃ -Ca
24	AFPazu	2,05	3,45	0,28	0,12	0,14	0,22	30,29	28,27	18,02	17,16	100	81,4	1,6	14,4	2,6	100	Bicarbonatada cálcica-magnésica	HCO ₃ -Ca-Mg
25	AFChug1	16,52	6,73	0,58	0,13	0,17	0,02	37,08	10,98	6,48	21,30	100	80,5	17,5	1,8	0,2	100	Bicarbonatada cálcica-sódica	HCO ₃ -Ca-Na
26	AFLMin1	47,22	3,77	0,09	0,11	0,11	0,03	18,92	2,65	1,94	25,16	100	68,4	3,0	3,1	25,5	100	Bicarbonatada aluminica	HCO ₃ -Al
27	AFMaMaq	3,43	0,88	0,56	0,08	0,06	0,27	60,63	19,92	2,39	11,79	100	87,7	1,4	7,0	3,9	100	Bicarbonatada cálcica	HCO ₃ -Ca
28	AFHatun4	13,56	13,97	1,18	0,10	0,09	0,04	42,87	11,86	15,59	0,72	100	82,2	4,5	2,7	10,6	100	Bicarbonatada cálcica	HCO ₃ -Ca
29	AFHatun5	0,44	1,69	0,26	0,01	0,16	0,00	41,04	39,02	3,69	13,70	100	98,7	1,1	0,2	0,0	100	Bicarbonatada cálcica	HCO ₃ -Ca
30	AFFroilan1	0,25	0,00	0,01	0,01	0,08	0,00	92,20	6,04	0,20	1,22	100	97,5	0,4	1,6	0,5	100	Bicarbonatada cálcica	HCO ₃ -Ca
31	AFFroilan2	0,01	0,00	0,00	0,01	0,06	0,01	93,50	5,09	0,32	1,00	100	97,7	0,3	1,3	0,7	100	Bicarbonatada cálcica	HCO ₃ -Ca
32	AFJusti1	0,01	0,00	0,00	0,01	0,09	0,01	89,99	8,07	0,13	1,69	100	98,1	0,3	0,8	0,8	100	Bicarbonatada cálcica	HCO ₃ -Ca
33	AFJavier	1,46	0,54	0,02	0,03	0,18	0,00	80,81	9,02	2,40	5,55	100	89,4	0,2	10,3	0,0	100	Bicarbonatada cálcica	HCO ₃ -Ca
34	AFAurel2	0,07	0,00	0,02	0,02	0,11	0,00	82,40	8,83	0,31	8,23	100	95,4	1,7	2,4	0,5	100	Bicarbonatada cálcica	HCO ₃ -Ca
35	AFAurel3	0,07	0,01	0,00	0,01	0,08	0,00	95,19	2,92	0,22	1,50	100	92,4	2,9	0,4	4,4	100	Bicarbonatada cálcica	HCO ₃ -Ca
36	AFSugChi	0,01	0,00	0,00	0,01	0,06	0,00	94,22	4,00	0,29	1,41	100	94,2	0,1	3,6	2,1	100	Bicarbonatada cálcica	HCO ₃ -Ca
37	MChau1	0,37	0,62	0,03	0,01	0,06	0,00	94,20	2,73	1,34	0,65	100	98,0	1,5	0,5	0,0	100	Bicarbonatada cálcica	HCO ₃ -Ca
38	MLLif1	0,20	0,23	0,01	0,01	0,08	0,00	92,96	5,31	0,19	1,00	100	96,3	0,3	1,6	1,7	100	Bicarbonatada cálcica	HCO ₃ -Ca
39	MLLif2	0,09	0,03	0,01	0,01	0,22	0,00	90,31	7,76	0,27	1,30	100	96,5	1,1	0,9	1,5	100	Bicarbonatada cálcica	HCO ₃ -Ca
40	MPuqui4	5,25	0,79	0,23	0,09	0,09	0,01	57,06	19,39	4,92	12,16	100	35,7	8,3	4,2	51,8	100	Nitratada cálcica	NO ₃ -Ca
41	MPuqui3	2,38	12,09	0,41	0,07	0,08	0,01	44,81	14,81	9,39	15,96	100	37,9	8,0	23,3	30,8	100	Bicarbonatada-nitratada cálcica	HCO ₃ -NO ₃ -Ca
42	MPuqui2	0,38	0,35	0,01	0,01	0,07	0,00	87,57	7,09	1,01	3,50	100	89,8	1,3	5,3	3,6	100	Bicarbonatada cálcica	HCO ₃ -Ca
43	MPuqui1	0,01	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	89,97	8,73	0,09	1,10	100	96,0	0,5	2,7	0,8	100	Bicarbonatada cálcica	HCO ₃ -Ca
44	AFQuinB1	0,24	0,55	0,04	0,01	0,32	0,00	59,51	14,45	1,90	22,98	100	99,5	0,3	0,2	0,0	100	Bicarbonatada cálcica	HCO ₃ -Ca
45	AFVuelt	1,14	0,54	0,01	0,01	0,32	0,00	55,20	16,49	3,35	22,94	100	99,5	0,3	0,2	0,0	100	Bicarbonatada cálcica	HCO ₃ -Ca
46	AFQuinB2	1,27	0,56	0,02	0,02	0,33	0,00	55,72	14,77	2,98	24,32	100	99,4	0,4	0,2	0,0	100	Bicarbonatada cálcica	HCO ₃ -Ca
47	AFQuinB4	4,08	2,34	0,06	0,02	0,23	0,00	49,36	15,08	5,38	23,46	100	97,5	0,6	1,9	0,1	100	Bicarbonatada cálcica	HCO ₃ -Ca
48	AFPaccha1	25,44	5,91	0,57	0,19	0,08	0,03	30,74	11,40	14,07	11,58	100	57,4	4,6	27,4	10,5	100	Bicarbonatada cálcica-aluminica	HCO ₃ -Ca-Al





PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

N.º	Punto de Muestreo	Porcentaje (%)																Facies Hidroquímica	Nomenclatura
		Al ³⁺	Fe ²⁺	Mn ²⁺	Ba ²⁺	Sr ²⁺	Li ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	ΣCat.	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	ΣAn.		
49	AFPáccha2	26,91	8,37	0,64	0,18	0,13	0,04	40,26	14,20	8,54	0,73	100	75,0	2,5	1,5	21,0	100	Bicarbonatada cálcica	HCO ₃ -Ca
50	AFHatun1	5,03	5,18	0,13	0,05	0,11	0,01	36,87	24,42	6,84	21,36	100	87,5	5,6	6,8	0,1	100	Bicarbonatada cálcica-magnésica	HCO ₃ -Ca-Mg
51	AFHatun2	0,08	0,15	0,00	0,01	0,05	0,00	95,93	2,73	0,20	0,85	100	98,2	0,4	0,6	0,8	100	Bicarbonatada cálcica	HCO ₃ -Ca
52	AFHatun3	0,10	0,08	0,00	0,01	0,05	0,00	95,72	2,79	0,27	0,98	100	96,2	2,1	0,5	1,1	100	Bicarbonatada cálcica	HCO ₃ -Ca
53	AFPCum1	18,02	17,75	0,74	0,19	0,08	0,02	29,01	14,45	8,22	11,51	100	91,5	5,1	3,1	0,4	100	Bicarbonatada cálcica-alumínica	HCO ₃ -Ca-Al
Zona III																			
54	AFMichi1	0,33	0,20	0,01	0,02	0,11	0,00	76,05	4,99	0,80	17,49	100	66,1	15,6	18,2	0,1	100	Bicarbonatada cálcica	HCO ₃ -Ca
55	AFMichi2	0,20	0,48	0,09	0,02	0,07	0,00	45,27	3,01	0,36	50,49	100	11,3	82,2	6,5	0,0	100	Clorurada sódica-cálcica	Cl-Na-Ca
56	AFMichi3	0,10	0,08	0,00	0,01	0,14	0,00	87,89	6,88	0,75	4,14	100	92,7	3,3	3,9	0,1	100	Bicarbonatada cálcica	HCO ₃ -Ca
57	AFMichi4	0,06	0,13	0,00	0,01	0,07	0,00	92,02	4,78	0,72	2,20	100	92,4	1,5	5,8	0,3	100	Bicarbonatada cálcica	HCO ₃ -Ca
58	AFMichi5	0,08	0,04	0,00	0,01	0,08	0,00	91,97	4,95	0,75	2,13	100	92,2	1,5	6,0	0,3	100	Bicarbonatada cálcica	HCO ₃ -Ca
59	AFMichi6	0,09	0,02	0,00	0,01	0,07	0,00	92,86	4,71	0,56	1,69	100	94,4	1,2	4,0	0,3	100	Bicarbonatada cálcica	HCO ₃ -Ca
60	AFMilag	0,00	0,07	0,00	0,01	0,06	0,00	95,06	3,46	0,53	0,80	100	96,8	0,8	1,2	1,2	100	Bicarbonatada cálcica	HCO ₃ -Ca
61	AFFray	0,03	0,09	0,01	0,01	0,06	0,00	91,03	7,50	0,56	0,71	100	97,3	0,6	0,4	1,7	100	Bicarbonatada cálcica	HCO ₃ -Ca
62	AFMMuert1	0,07	0,05	0,00	0,00	0,06	0,00	93,02	4,58	0,60	1,61	100	91,5	0,9	7,1	0,6	100	Bicarbonatada cálcica	HCO ₃ -Ca
63	AFMMuert2	0,07	0,04	0,00	0,00	0,06	0,00	93,18	4,55	0,57	1,53	100	91,6	0,9	6,8	0,7	100	Bicarbonatada cálcica	HCO ₃ -Ca
64	AFShita	0,06	0,02	0,00	0,00	0,06	0,01	92,93	5,74	0,25	0,94	100	95,0	0,4	3,1	1,4	100	Bicarbonatada cálcica	HCO ₃ -Ca
65	AFPbla	0,50	0,08	0,00	0,01	0,07	0,00	90,38	7,77	0,44	0,74	100	97,4	0,3	1,7	0,7	100	Bicarbonatada cálcica	HCO ₃ -Ca

Al³⁺: ion aluminio, Fe²⁺: ion hierro, Mn²⁺: ion manganeso, Ba²⁺: ion bario, Sr²⁺: ion estroncio, Li⁺: ion litio, Ca²⁺: ion calcio, Mg²⁺: ion magnesio, K⁺: ion potasio, Na⁺: ion sodio,

HCO₃⁻: ion bicarbonato, Cl⁻: ion cloruro, SO₄²⁻: ion sulfato y NO₃⁻: ion nitrato.

ΣCat.: Suma de cationes, ΣAn.: Suma de aniones.

<L.D: Menor al límite de detección y cuyo valor es mayor o igual al 10 % de la suma de iones.

N.D: Facies hidroquímica no determinada.

* Se consideró el anión en la facies hidroquímica debido a que se encuentran cerca de 40 % o a 20 %.

** Se consideró igual al 90 %.

■ : Porcentaje mayor o igual al 90 %.

■ : Porcentaje mayor al 50,0 % y menor al 90,0 %.

■ : Porcentaje menor al 50,0 % y mayor al 10,0 %.



8. CONCLUSIÓN

Los resultados de los afloramientos de agua subterránea de las zonas I, II y III fueron comparados referencialmente con la Categoría 1 (A1: Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección) y la Categoría 3 (D1: Riego de animales y D2: Bebida de animales) del ECA para agua 2017.

Zona I

Los valores de pH en los 18 afloramientos variaron entre 4,55 y 7,97 unidades de pH y los de oxígeno disuelto fluctuaron entre 0,99 y 7,97 mg/l. Las concentraciones de hierro en los puntos AFMaqM, AFCuschc1 y AFLag superaron referencialmente los ECA para agua Categoría 1 (A1) del 2017. En cambio, el resto de las concentraciones de metales totales, cloruros, nitratos, sulfatos y bicarbonatos se encontraron por debajo de este estándar para las Categorías 1 (A1) y 3 (D1 y D2) en todos los afloramientos.

Asimismo, las facies que presentaron los 18 afloramientos fueron bicarbonatadas cálcicas (14), bicarbonatada sódica-cálcica (1), sulfatada cálcica (1) y sulfatada-bicarbonatada cálcica (1), y una (1) facie no determinada en el afloramiento AFPeñM debido a que presentó concentración de aniones menores al límite detección. Cabe resaltar que el fósforo predominó en su forma suspendida en 14 de 18 afloramientos, mientras que el aluminio, hierro, manganeso y zinc predominaron en su forma disuelta en la mayoría de afloramientos.

Zona II

Los valores de pH en los 35 afloramientos variaron entre 4,55 y 7,86 unidades de pH y los de oxígeno disuelto fluctuaron entre 1,51 y 8,29 mg/l. Las concentraciones de aluminio en el punto AFLMin1 y de hierro en los puntos AFHatun5, MChau1, MPuqui3 y MPuqui2 superaron referencialmente los ECA para agua Categoría 1 (A1) del 2017. En cambio, el resto las concentraciones de metales totales, cloruros, nitratos, sulfatos y bicarbonatos se encontraron por debajo de los valores de este estándar para las Categorías 1 (A1) y 3 (D1 y D2) en todos los afloramientos.

Asimismo, las facies que presentaron los 35 afloramientos fueron bicarbonatadas cálcicas (23), bicarbonatadas mixtas (10), bicarbonatada-nitratada cálcica (1) y nitratada cálcica (1). Cabe resaltar que el aluminio, fósforo y titanio predominaron en su forma suspendida en 22, 24 y 30 de 35 afloramientos respectivamente, mientras que el hierro, manganeso y zinc predominaron en su forma disuelta en la mayoría de afloramientos.

Zona III

Los valores de pH en los 12 afloramientos variaron entre 5,34 y 7,48 unidades de pH y los de oxígeno disuelto fluctuaron entre 1,90 y 6,67 mg/l. La concentración de hierro en los puntos AFMichi4 y AFMilag superaron referencialmente los ECA para agua Categoría 1 (A1) del 2017. En cambio, el resto de las concentraciones de metales totales, cloruros, nitratos, sulfatos y bicarbonatos se encontraron por debajo de los valores del ECA para agua en las Categorías 1 (A1) y 3 (D1 y D2) en todos los afloramientos.

Asimismo, las facies que presentaron los 12 afloramientos fueron bicarbonatadas cálcicas (11) y facie clorurada sódica-cálcica (1). Cabe resaltar que el fósforo y titanio



Handwritten blue ink marks, including an arrow pointing up and several scribbles.



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

predominaron en su forma suspendida en 10 y 7 de 12 afloramientos respectivamente, mientras que el aluminio, hierro, manganeso y zinc predominaron en su forma disuelta en la mayoría de afloramientos.

9. ANEXOS

Anexo A: Informe N.º 343-2018-OEFA-DEAM-STEAC (Plan de evaluación ambiental – PEA)

Anexo B: Reporte de campo

Anexo C: Reporte de resultados

Anexo D: Agua subterránea (afloramientos)

Anexo D.1: Mapa de los afloramientos muestreados en noviembre de 2018.

Anexo D.2: Error de balance iónico.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Appelo, C. and Postma, D. (2005) *Geochemistry, Groundwater and Pollution*. 2nd Edition, Balkema, Rotterdam. <http://dx.doi.org/10.1201/9781439833544>.

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

Custodio, E. y Llamas, M. R.- (1996). *Hidrología Subterránea*. Segunda Edición. Capítulo 14.1, pp.1393-1407.

EPA. (2014). *Project Quality Assurance and Quality Control - Glossary. Test Methods for Evaluating Solid Waste: Physical/Chemical Methods Compendium (SW-846), 2, Update V, 14*. United States of America: Environmental Protection Agency (EPA). Recuperado el 01 de agosto de 2018, de <https://www.epa.gov/hw-sw846/chapter-one-sw-846-compendium-project-quality-assurance-and-quality-control>

Kresic N., & Stevanoci Z. (2010). *Groundwater Hydrology of Springs Engineering Theory Management and Sustainability*

(MECCS), M. d. (2013). PART A. Quality Control and Quality Assurance. *Field Sampling Manual*, 26. British Columbia, Canada: Ministry of Water, Land and Air Protection. Recuperado el 01 de agosto de 2018, de https://www2.gov.bc.ca/assets/gov/environment/research-monitoring-and-reporting/monitoring/emre/bc_field_sampling_manual_part_a.pdf.

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

Megersa Olumama Dinka, W. L. (2015). Hydrochemical characterization of various surface water and groundwater resources available in Matahara areas, Fantalle Woreda of Oromiya region. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 3, 444-456. doi:10.1016/j.ejrh.2015.02.007.

Nordstrom, D., Blaine McCleskey, R., & Ball, J. (2009). Sulfur geochemistry of hydrothermal waters in Yellowstone National Park: IV Acid-sulfate waters. *Applied Geochemistry*, 24, 191-207.



Handwritten blue ink marks, including an arrow pointing upwards and several scribbles.

ANEXOS



Organismo
de Evaluación
y Fiscalización
Ambiental

www.oefa.gob.pe
Dirección de Evaluación

Av. Faustino Sánchez Carrión
N° 603, 607 y 615
Jesús María - Lima, Perú
Teléf.: (511) 204 9900

ANEXO A



Organismo
de Evaluación
y Fiscalización
Ambiental

↑
↓
K
l
g

INFORME N.º 343-2018-OEFA- DEAM-STECS (PLAN DE EVALUACIÓN AMBIENTAL-PEA)



Organismo
de Evaluación
y Fiscalización
Ambiental

www.oefa.gob.pe
Dirección de Evaluación

Av. Faustino Sánchez Carrión
Nº 603, 607 y 615
Jesús María - Lima, Perú
Teléf.: (511) 204 9900



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

INFORME N.º 343 -2018-OEFA/DEAM-STE



A : FRANCISCO GARCÍA ARAGÓN
Director de Evaluación Ambiental
DE : LÁZARO WALTHER FAJARDO VARGAS
Subdirector de la Subdirección Técnica Científica

LUIS ANGEL ANCCO PICHUILLA
Coordinador de Evaluaciones Ambientales en Minería y Energía

CESAR GREGORIO ESPIRITU LIMAY
Tercero Evaluador

HEBER OCAS RUMAY
Tercero Evaluador

LISVETH MADELEINE VALENZUELA MENDOZA
Tercero Evaluador

FRANCISCO JAVIER MOSQUERA LENTI
Tercero Evaluador



ASUNTO : Plan de evaluación ambiental temprana en el área de influencia del proyecto de exploración minera Michiquillay, de Southern Perú Copper Corporation - Sucursal del Perú, ubicado en el distrito de La Encañada, provincia y departamento de Cajamarca, durante el 2018.

CUE : 2018-03-0002

REFERENCIA : Planefa 2018

FECHA : 27 NOV. 2018

2018-101-042959

Tenemos el agrado de dirigirnos a usted para informar lo siguiente:

1. INFORMACIÓN GENERAL

Detalles de la evaluación ambiental:

Función evaluadora	Evaluación Ambiental Temprana
Zona evaluada o alrededores	Distrito de La Encañada, provincia y departamento de Cajamarca
Sector	Minería
Área de influencia /alrededores	Área de influencia del proyecto minero Michiquillay, dentro de las microcuencas de los ríos Seco y Michiquillay, Chalhuanayo, Quinuamayo-La Encañada y las quebradas Quishuar-Quinuayoc, Las Nellas, Jatunsacha y La Toma



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo, y la reconciliación nacional»

Problemática identificada	Acción preventiva en el proyecto minero Michiquillay en la etapa de exploración, a fin de conocer el estado de la calidad ambiental en el área de influencia			
¿A pedido de quién se realizó la actividad?	Planefa 2018			
¿Se realizó en el marco de un espacio de diálogo?	Sí		No	X
Componentes ambientales determinados para la evaluación ambiental	Número de puntos determinados			
Agua superficial	48			
Agua subterránea	31			
Sedimento	8			
Comunidades hidrobiológicas	48			
Flora	10			
Fauna	10			
Suelo	130			

2. OBJETIVO

Evaluar la calidad ambiental del área de influencia del proyecto de exploración minera Michiquillay, en el distrito de La Encañada, provincia y departamento de Cajamarca, durante el 2018.

3. JUSTIFICACIÓN

La ejecución del presente plan se realiza dando cumplimiento a la función evaluadora del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (en adelante OEFA) establecida en el artículo 11° de la Ley del Sistema Nacional de Evaluación y Fiscalización Ambiental – Sinefa y en el marco del Plan Anual de Evaluación y Fiscalización Ambiental 2018 (en adelante, Planefa 2018), a fin de servir como soporte técnico a la función de supervisión directa, en tanto le provee de información sobre los posibles impactos y riesgos de las actividades supervisadas.

Asimismo, el plan se basa en actuar preventivamente a través de evaluaciones ambientales tempranas en proyectos priorizados en etapa de exploración y antes del inicio de operaciones, a fin de conocer el estado de la calidad ambiental en las áreas de influencia. Su ejecución implica una serie de actividades que involucran la participación ciudadana, las autoridades locales, los administrados del OEFA, entre otros, para contribuir con la prevención de conflictos y la generación de confianza en cada uno de los actores sociales.

4. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Se encuentra desarrollado en el anexo que se adjunta y forma parte del presente informe.

5. CONCLUSIÓN

El plan de evaluación ambiental temprana en el área de influencia del proyecto de exploración minera Michiquillay, de Southern Perú Copper Corporation - Sucursal del Perú., durante el 2018, ubicado provincia y departamento de Cajamarca, cuenta con sustento técnico requerido, por ello el equipo profesional de la Subdirección Técnica Científica recomienda su aprobación por la Dirección de Evaluación Ambiental.



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

Atentamente,

LÁZARO WALTHER FAJARDO VARGAS
Subdirector de la Subdirección Técnica
Científica
Dirección de Evaluación Ambiental
Organismo de Evaluación y Fiscalización
Ambiental - OEFA

LUIS ANGEL ANCCO PICHUILLA
Coordinador de Evaluaciones Ambientales en
Minería y Energía
Subdirección Técnica Científica
Dirección de Evaluación Ambiental
Organismo de Evaluación y Fiscalización
Ambiental - OEFA

CESAR GREGORIO ESPIRITU LIMAY
Tercero Evaluador
Subdirección Técnico Científica
Dirección de Evaluación Ambiental
Organismo de Evaluación y Fiscalización
Ambiental - OEFA

HEBER OCAS RUMAY
Tercero Evaluador
Subdirección Técnico Científica
Dirección de Evaluación Ambiental
Organismo de Evaluación y Fiscalización
Ambiental - OEFA

LISVETH M. VALENZUELA MENDOZA
Tercero Evaluador
Subdirección Técnico Científica
Dirección de Evaluación Ambiental
Organismo de Evaluación y Fiscalización
Ambiental - OEFA

FRANCISCO JAVIER MOSQUERA LENTI
Tercero Evaluador
Subdirección Técnico Científica
Dirección de Evaluación Ambiental
Organismo de Evaluación y Fiscalización
Ambiental - OEFA

Lima, 27 NOV. 2018

Visto el Informe N.º 343 - 2018-OEFA/DEAM-STEAC, la Dirección de Evaluación Ambiental ha dispuesto su aprobación.

Atentamente,

FRANCISCO GARCÍA ARAGÓN
Director de Evaluación Ambiental
Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»



Organismo
de Evaluación
y Fiscalización
Ambiental

INFORME N.º 343 -2018-OEFA/DEAM-STE

**PLAN DE EVALUACIÓN AMBIENTAL TEMPRANA EN EL
ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO DE
EXPLORACIÓN MINERA MICHQUILLAY, DE SOUTHERN
PERU COPPER CORPORATION – SUCURSAL DEL PERU,
EN EL DISTRITO DE LA ENCAÑADA, PROVINCIA Y
DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA, DURANTE EL 2019**

SUBDIRECCIÓN TÉCNICA CIENTÍFICA

DIRECCIÓN DE EVALUACIÓN AMBIENTAL

2018



Handwritten signatures and an arrow pointing to the stamp.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

ÍNDICE DEL CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	1
2. MARCO LEGAL	2
3. ANTECEDENTES	2
3.1.Actividades extractivas o productivas identificadas	3
3.2.Recopilación, revisión y análisis de la información	3
3.2.1.Instrumentos de Gestión Ambiental	3
3.2.2.Acciones realizadas en el marco de la función evaluadora	4
4. OBJETIVOS	4
4.1.Objetivo general	4
4.2.Objetivos específicos	4
5. CONTEXTO SOCIAL	5
5.1.Del reconocimiento socioambiental	5
5.2.De los actores sociales involucrados	5
6. ÁREA DE ESTUDIO Y ÁMBITO DE INFLUENCIA	7
7. METODOLOGÍA	8
7.1.Actividades de planificación por objetivo específico	10
7.1.1.Objetivo específico N.º 1: Determinar la calidad del agua superficial (ríos, quebradas y lagunas) y subterránea (afloramientos) en el área de influencia del proyecto Michiquillay	10
7.1.2.Objetivo específico N.º 2: Determinar la calidad de los sedimentos en el área de influencia del proyecto Michiquillay	24
7.1.3.Objetivo específico N.º 3: Evaluar las comunidades hidrobiológicas (macroinvertebrados bentónicos, fitoplancton, zooplancton, perifiton y peces) en el área de influencia del proyecto Michiquillay	27
7.1.4.Objetivo específico N.º 4: Determinar la calidad del suelo en el área de influencia del proyecto Michiquillay	38
7.1.5.Objetivo específico N.º 5: Determinar el contexto geológico en el área de influencia del proyecto Michiquillay	41
7.1.6.Objetivo específico N.º 6: Evaluar la flora silvestre asociada a los ecosistemas frágiles (bofedales y lagunas) en el área de influencia del proyecto Michiquillay	42
7.1.7.Objetivo específico N.º 7: Evaluar la fauna silvestre (anfibios, reptiles, aves y mamíferos) asociada a los ecosistemas frágiles (bofedales y lagunas) y otros habitats en el área de influencia del proyecto Michiquillay	44
8. ASPECTOS ADMINISTRATIVOS	47
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54
10.ANEXOS	58



Handwritten blue ink marks and signatures on the left margin, including an arrow pointing up and several scribbles.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3-1. Instrumentos de gestión ambiental asociados al proyecto Michiquillay 3

Tabla 3-2. Cuerpos de agua de interés de acuerdo a los resultados del IGA asociados al proyecto Michiquillay 3

Tabla 3-3. Localidades reconocidas en el área de influencia del proyecto de exploración minero Michiquillay 4

Tabla 5-1. Actores sociales involucrados en el desarrollo de la EAT en el área de influencia del Proyecto Michiquillay 6

Tabla 7-1. Protocolos de muestreo para agua superficial y subterránea en el área de influencia del Proyecto Michiquillay 11

Tabla 7-2. Ubicación de los puntos de muestreo de agua superficial (ríos, quebradas y lagunas) 12

Tabla 7-3. Ubicación de los puntos de muestreo de agua subterránea (afloramientos) 15

Tabla 7-4. Parámetros y cantidad de puntos de muestreo de agua superficial (lagunas y quebradas) considerados para la evaluación 17

Tabla 7-5. Parámetros y cantidad de puntos de muestreo de agua subterránea (afloramientos) considerados para la evaluación 18

Tabla 7-6. Manuales referenciales para el muestreo de sedimento en el área de influencia del proyecto Michiquillay 25

Tabla 7-7. Ubicación de los puntos de muestreo de sedimentos 25

Tabla 7-8. Parámetros y cantidad de puntos de muestreo de sedimento considerados para la evaluación 26

Tabla 7-9. Protocolo de muestreo para comunidades hidrobiológicas en el área de influencia del proyecto Michiquillay 28

Tabla 7-10. Ubicación de los puntos de muestreo de las comunidades hidrobiológicas 28

Tabla 7-11. Parámetros y cantidad de puntos de muestreo de comunidades hidrobiológicas considerados para la evaluación 32

Tabla 7-12. Rangos de detección y LMP para metales totales en peces 32

Tabla 7-13. Calidad hidromorfológica del río 36

Tabla 7-14. Puntuación por familia de macroinvertebrados bentónicos de acuerdo con el índice ABI 36

Tabla 7-15. Valoración de la calidad biológica con el índice ABI 36

Tabla 7-16. Escala de calidad ecológica de un río 37

Tabla 7-17. Escala de valores del estado trófico en los cuerpos de agua 37

Tabla 7-18. Fórmulas para estimar el estado trófico aplicando los indicadores de eutrofia 38

Tabla 7-19. Guías y protocolos de muestreo que se usarán para evaluar la calidad de suelo en el área de influencia del proyecto Michiquillay 39

Tabla 7-20. Ubicación de las zonas de evaluación del componente suelo en el área de influencia del proyecto Michiquillay 39

Tabla 7-21. Número de puntos y parámetros de calidad de suelos que serán evaluados en el área de influencia del proyecto Michiquillay 40

Tabla 7-22. Referencias para la caracterización geológica 41

Tabla 7-23. Protocolos para la evaluación de flora silvestre en el área de influencia del proyecto Michiquillay 43

Tabla 7-24. Ubicación de las zonas de evaluación de flora silvestre 43



Handwritten signature and date '10/05/11' in blue ink



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

Tabla 7-25. Parámetros y cantidad de zonas de evaluación para flora silvestre considerados para la evaluación..... 43

Tabla 7-26. Manuales referenciales para la evaluación de fauna silvestre..... 45

Tabla 7-27. Ubicación de las zonas de evaluación de fauna silvestre 46

Tabla 7-28. Parámetros y cantidad de zonas de evaluación para fauna silvestre considerados para la evaluación 46

Tabla 7-29. Cálculos para el análisis de fauna..... 47

Tabla 8-1. Profesionales requeridos para el cumplimiento del Plan de Evaluación Ambiental . 48

Tabla 8-2. Requerimiento de servicio de alquiler de unidades de transporte 48

Tabla 8-3. Equipos ambientales y materiales..... 48

Tabla 8-4. Materiales para la toma y conservación de las muestras (por cada salida a campo) 50

Tabla 8-5. Equipos de protección personal 51

Tabla 8-6. Otros requerimientos 51

Tabla 8-7. Cronograma de actividades..... 53



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 6-1. Ubicación del área de influencia ambiental del proyecto Michiquillay 7

Figura 7-1. Diagrama de flujo de las actividades a realizar como parte del plan de evaluación ambiental temprana en el área de influencia del proyecto Michiquillay..... 9

Figura 7-2. Diagramas hidroquímicos: a) Stiff y b) Piper 20

Figura 7-3. Clasificación geoquímica (diagrama de Ficklin) 20

Figura 7-4. Relación de la solución de llenado KCl del electrodo de referencia (Ag/AgCl) y la temperatura (°C)..... 22

Figura 7-5. Relación de Temperatura (°C) y el potencial de electrodo de referencia Ag/AgCl con solución de relleno KCl 3M (Eh°) 22

Handwritten blue ink marks and signatures on the left margin, including an arrow pointing up and several scribbles.



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

1. INTRODUCCIÓN

El proyecto de exploración minera Michiquillay, de Southern Perú Copper Corporation - Sucursal del Perú (en adelante, proyecto Michiquillay), se encuentra políticamente en el ámbito del distrito de La Encañada, provincia y departamento de Cajamarca, sobre terrenos de las comunidades campesinas Michiquillay (CC. Michiquillay) y La Encañada (CC. La Encañada) a una altitud que varía de 3275 a 4000 m s.n.m.

Este proyecto se ubica en la cabecera de la microcuenca del río La Encañada (confluencia de los ríos Challhuamayo y Quinuamayo) en la zona noreste de la cuenca hidrográfica Crisnejas (U.H. 49898), límite con la Intercuenca Alto Marañón IV (U.H. 49897). Dicha microcuenca comprende unidades hidrográficas menores conformadas por los ríos: Seco, Michiquillay, Challhuamayo, y quebradas: Quishuar-Quinuayoc, Las Nellas, Jatunsacha y La Toma (las tres últimas quebradas confluyen por la margen derecha con el río Quinuamayo).

El río La Encañada tiene un recorrido de norte a sur hasta confluir con el río Tambomayo por la margen izquierda; luego de cruzar el pueblo de Namora, cambia de nombre a río Namorino hasta la confluencia con el río Cajamarca. Debido a su ubicación, el área del proyecto presenta zonas de vida como bosque húmedo montano tropical (bh-MT), bosque muy húmedo montano tropical (bmh-MT), páramo muy húmedo subalpino tropical (pmh-SaT) y páramo pluvial subalpino tropical (pp-SaT)¹.

Tomando en cuenta la coyuntura político social que afecta a las actividades mineras del departamento de Cajamarca, el proyecto Michiquillay no ha presentado conflictos socioambientales de la magnitud del proyecto de exploración minera Conga, de la Minera Yanacocha S.R.L.², por lo que es necesario tomar medidas preventivas que eviten la conflictividad en el desarrollo del proyecto.

Por lo antes expuesto, entre el 22 y 29 de agosto de 2018, se realizó una visita de reconocimiento en el área del proyecto Michiquillay, con el objetivo de entregar a los actores involucrados en el desarrollo del proyecto la información de las acciones realizadas por el OEFA en esta zona. Otro objetivo fue informar sobre las labores previas a la formulación e implementación del plan de la evaluación ambiental temprana (EAT) en el área del mencionado proyecto, la cual se realizará en temporadas húmeda y seca del 2019, y contará con la participación de la sociedad civil, las autoridades locales, los representantes de la empresa minera y otros interesados en su desarrollo. Estas acciones (visita de reconocimiento) se realizarán en adición a lo establecido en Plan Anual de Evaluación y Fiscalización Ambiental del 2018³ (Planefa 2018).



Handwritten signatures and an arrow pointing upwards.

¹ EIA del Proyecto de Exploración Michiquillay, Cap. 4. Línea de base ambiental noviembre de 2008 Aprobada por Resolución Directoral N° 057-2009-MEM/AAM el 12 de marzo de 2009
² Entre las manifestaciones realizadas en protesta contra el proyecto Michiquillay se menciona la participación de los pobladores de La Encañada y Namora en el paro convocado por la Federación Regional de Rondas Campesinas, Urbanas e Indígenas el 20 de diciembre de 2017. Disponible en: <https://larepublica.pe/reportero-ciudadano/1159046-cajamarca-comuneros-rechazan-proyecto-minero-michiquillay>
³ Aprobado mediante Resolución de Consejo Directivo N.º 037-2017- OEFA/CD y publicado el 30 de diciembre de 2017, en el diario oficial *El Peruano*.



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

Finalmente, la ejecución de las actividades programadas en este plan de EAT constituirá un soporte técnico por parte de la Dirección de Evaluación Ambiental del OEFA para una efectiva y oportuna supervisión y fiscalización ambiental.

2. MARCO LEGAL

El marco legal comprende las siguientes normas:

- Constitución Política del Perú.
- Decreto Supremo N° 006-2017-MINJUS – Decreto Supremo que aprueba el Texto Único Ordenado de la Ley N° 27444 – Ley General del Procedimiento Administrativo.
- Ley N° 28245 – Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental y su Reglamento, aprobado mediante Decreto Supremo N° 008-2005-PCM, así como sus normas modificatorias.
- Ley N° 28611 – Ley General del Ambiente y sus modificatorias.
- Ley N° 29325 – Ley del Sistema Nacional de Evaluación y Fiscalización Ambiental y sus modificatorias.
- Decreto Supremo N° 012-2009-MINAM – Decreto Supremo que aprueba la Política Nacional del Ambiente.
- Decreto Supremo N° 022-2009-MINAM – Decreto Supremo que aprueba el Reglamento de Organización y Funciones del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental.
- Resolución de Consejo Directivo N° 037-2017-OEFA/CD – Plan Anual de Evaluación y Fiscalización Ambiental del OEFA 2018.
- Ley N° 27446, Ley del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental y su Reglamento, aprobado mediante Decreto Supremo N° 019-2009-MINAM, así como sus modificatorias
- Decreto Legislativo N° 1013, que aprueba la Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente.
- Resolución Ministerial N° 247-2013-MINAM, que aprueba el Régimen Común de Fiscalización Ambiental.
- Resolución de Consejo Directivo N° 037-2017-OEFA/CD, que aprueba el Plan Anual de Evaluación y Fiscalización Ambiental del OEFA, correspondiente al año 2018.
- Resolución de Consejo Directivo N° 032-2014-OEFA/CD, «Reglamento de participación ciudadana en las acciones de monitoreo ambiental a cargo del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental» y su modificatoria aprobada mediante la Resolución de Consejo Directivo N° 003-2016-OEFA/CD.

3. ANTECEDENTES

El plan de EAT del proyecto Michiquillay está constituido por la recopilación, revisión y síntesis de la información ambiental de los instrumentos de gestión ambiental del administrado, informes del OEFA e información de otras instituciones relacionada al área de influencia de este proyecto.

De este modo, este plan contribuirá con la planificación de la EAT, la cual constituirá el soporte técnico para las actividades de supervisión y fiscalización ambiental del OEFA, y a su vez, una fuente informativa de base completa y confiable para la población aledaña al proyecto y para las distintas instituciones públicas.



3.1. Actividades extractivas o productivas identificadas

El proyecto se desarrollará sobre las concesiones mineras Candelaria, El Niño, Encañada 1, Encañada 2, Encañada 3, Encañada 4, Encañada 5, Encañada 6, Encañada 7, Encañada 8, Encañada 9, Encañada 10, Encañada 11, Encañada 12, Encañada 13, Encañada 14, Encañada 20 y Mavila, donde se pretende explotar cobre, oro y molibdeno en un área de concesión de 2234,97 ha⁴.

3.2. Recopilación, revisión y análisis de la información

3.2.1. Instrumentos de gestión ambiental

El proyecto Michiquillay cuenta con instrumentos de gestión ambiental (IGA) para la ejecución de sus actividades de exploración, los que son detallados en la Tabla 3-1.

Tabla 3-1. Instrumentos de gestión ambiental asociados al proyecto Michiquillay

INSTRUMENTO DE GESTIÓN AMBIENTAL (IGA)				
N.º	Administrado	Título del IGA	Número de resolución aprobada por la autoridad competente	Fecha de aprobación
1	Activos Mineros S.A.C	Plan de Cierre de Pasivos Ambientales Mineros del Proyecto Michiquillay	Resolución Directoral N.º 214-2007-MEIVI/AAM	21 de junio de 2007
2	Anglo American Michiquillay S.A.	Estudio de impacto ambiental semidetallado del proyecto de exploración minera Michiquillay	RD N.º 057-2009-MEM/AAM	12 de marzo de 2009
3	Anglo American Michiquillay S.A.	Primera modificatoria del estudio de impacto ambiental semidetallado del proyecto de exploración Michiquillay	RD N.º 182-2013-MEM/AAM	10 de junio de 2013 ⁵

Fuente: Anglo American Michiquillay S.A.

La Tabla 3-2 presenta a los cuerpos de agua evaluados en la línea base del componente agua superficial en la modificatoria de la evaluación de impacto ambiental del proyecto Michiquillay, donde se muestran los parámetros que no cumplen con los valores de la normativa ambiental peruana.

Tabla 3-2. Cuerpos de agua de interés de acuerdo a los resultados de los IGA asociados al proyecto Michiquillay

N.º	IGA Revisado	Norma de comparación	Cuerpo de agua	Parámetros excedidos ⁶	Fecha de evaluación
1	Anglo American Michiquillay S.A. (182-2013-MEM/AAM)	Ley general de Aguas del Perú, Clase III (Resolución Jefatural N.º 291-2009-ANA)	Río Michiquillay	pH	Promedio 2008-2011
			Río Michiquillay	Cobre (Cu)	
			Río Michiquillay y Efluente Minero	pH Cobre (Cu) Hierro (Fe)	Julio 2011

Fuente: Instrumento de gestión ambiental aprobados por el Ministerio de Energía y Minas – MINEM

⁴ Cuarta Modificación del Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado del Proyecto de Exploración Minera "Michiquillay". Aprobado por Resolución Directoral N.º 346-2014-MEM-DGAAM el 7 de julio de 2014.

⁵ Presentada vía sistema de evaluación ambiental en línea- SEAL

⁶ Cuerpos de agua superficial dentro del ámbito de influencia del área directa e indirecta del Proyecto Michiquillay y comparado con Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para agua aprobados mediante Decreto Supremo N.º 002-2008-MINAM (ECA para Agua 2008) en la Categoría 3: "Riego de vegetales y bebida de animales".



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

3.2.2. Acciones realizadas en el marco de la función evaluadora

La Dirección de Evaluación Ambiental del OEFA emitió el informe N.º 154-2018-OEFA/DEAM-STEAC, referente al reconocimiento social en el área de influencia del proyecto Michiquillay (marzo de 2018) de la EAT, en donde se reconocieron las 10 localidades indicadas en la Tabla 3-3⁷.

Tabla 3-3. Localidades reconocidas en el área de influencia del proyecto de exploración minero Michiquillay

N.º	Localidad	Coordenadas UTM WGS 84* Zona 17M			Observaciones
		Este (m)	Norte (m)	Altitud (m s.n.m.)	
1	Distrito La Encañada	793667	9216087	3100	Capital de distrito
2	Sector Michiquillay	794690	9220761	3440	Localidades del área de influencia directa del PE Michiquillay, de acuerdo a la primera modificatoria del EIASd del proyecto de exploración Michiquillay, aprobada con Resolución Directora N.º 182-2013-MEM/AAM, el 10 de junio de 2013
3	Comunidad campesina La Encañada	794146	9222738	3560	
4	Sector Quinuamayo Alto	798628	9218424	3543	
5	Sector Quinuamayo Bajo	798068	9218793	3502	
6	Sector de Chim Chim	798678	9219542	3642	
7	Sector Tuyupampa	797527	9219681	3521	
8	Sector Progreso La Toma	799891	9218647	3603	
9	Sector Usnio	796055	9217579	3437	
10	Sector Quinuayoc	795264	9221971	3654	

* La ubicación geográfica tiene como referencia a las instituciones públicas, los locales comunales o las viviendas de las autoridades de las localidades reconocidas.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo general

Evaluar la calidad ambiental en el área de influencia del proyecto Michiquillay, de Southern Perú Copper Corporation, Sucursal del Perú, en el distrito de La Encañada, provincia y departamento de Cajamarca, durante el 2019.

4.2. Objetivos específicos

- Determinar la calidad del agua superficial (ríos, quebradas y lagunas) y agua subterránea (afloramientos) en el área de influencia del proyecto Michiquillay.
- Determinar la calidad de los sedimentos en el área de influencia del proyecto Michiquillay
- Evaluar las comunidades hidrobiológicas (macroinvertebrados bentónicos, fitoplancton, zooplancton, perifiton y peces) en el área de influencia del proyecto Michiquillay.
- Determinar la calidad del suelo en el área de influencia del proyecto Michiquillay.
- Determinar el contexto geológico en el área de influencia del proyecto Michiquillay.
- Evaluar la flora silvestre asociada a los ecosistemas frágiles (bofedales y lagunas) en el área de influencia del proyecto Michiquillay.

⁷ En el Capítulo 3, Participación Ciudadana, Primera modificación del EIASd del proyecto de exploración Michiquillay, aprobada con Resolución Directoral N.º 182-2013-MEM/AAM, el área de influencia directa del PE Michiquillay está conformada por las comunidades campesinas de Michiquillay y La Encañada; los sectores de Chim, El Punre, Quinuamayo Bajo, Tuyupampa, Pampa Grande, Progreso La Toma, Usnio, Quinuamayo Alto, Quinuayoc, Michiquillay; los caseríos de Rodacocha, Sogorón Alto, Pedregal, Chamcas y el anexo Río Grande



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

- Evaluar la fauna silvestre (anfibios, reptiles, aves y mamíferos) asociada a los ecosistemas frágiles (bofedales y lagunas) y otros hábitats en el área de influencia del proyecto Michiquillay.

5. CONTEXTO SOCIAL

La evaluación ambiental temprana (en adelante EAT) se desarrolla en el marco del reglamento de participación ciudadana de las acciones del muestreo ambiental a cargo del OEFA⁸, cuyas etapas para la ejecución del monitoreo ambiental participativo (en adelante, MAP) son las siguientes:

- 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 de la EAT.
- Etapa 6. Ejecución del MAP.
- Etapa 7. Taller para la presentación de los resultados del monitoreo realizado.

A continuación, se detalla la información sobre el reconocimiento socioambiental previo y los actores involucrados en la EAT.

5.1. Del reconocimiento socioambiental

El propósito del reconocimiento socioambiental fue ejecutar las 5 primeras etapas descritas en el reglamento de participación ciudadana. En ese sentido, del 19 al 24 de agosto de 2018 se realizaron las etapas 1, 2 y 3, y del 6 al 12 de noviembre de 2018 las etapas 4 y 5, periodos durante los cuales se informó acerca de las actividades de cada etapa.

Asimismo, se realizó la visita de reconocimiento (etapa adicional al inicio de la EAT), la cual se realizó en dos periodos: la parte social del 20 al 23 de marzo de 2018, cuyos resultados están contenidos en el informe N.º 154-2018-OEFA/DEAM-STEC, y la parte ambiental de los componentes agua, sedimentos e hidrobiología del 24 al 29 de agosto de 2018, cuyos resultados están contenidos en el Informe N.º 342-2018-OEFA/DEAM-STEC.

5.2. De los actores sociales involucrados

Los principales actores sociales identificados fueron de los caseríos Rodacocha, Sogorón Alto, Pedregal y anexo Río Grande de la CC. La Encañada y de los sectores Chim Chim, Progreso La Toma, Quinuamayo Alto, Quinuamayo Bajo, Tuyupampa, Pampa Grande, Michiquillay, Quinuayoc, Usnio y anexo Palpata de la CC. Michiquillay.

Es importante mencionar que en los caseríos Chamcas y Pedregal, y los sectores Punre, Chim Chim y Usnio se realizó coordinaciones únicamente para poner en conocimiento de las actividades del OEFA durante el 2018 y 2019 en el área ambiental

⁸ Resolución de Consejo Directivo N.º 032-2014-OEFA/CD, "Reglamento de participación ciudadana en las acciones de monitoreo ambiental a cargo del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental" y su modificatoria aprobada mediante Resolución de Consejo Directivo N.º 003-2016-OEFA/CD.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

del proyecto Michiquillay. En cambio, en los demás caseríos y sectores se realizó coordinaciones para el acompañamiento en la visita de reconocimiento e identificación de los puntos de muestreo de los componentes ambientales de interés para la evaluación ambiental temprana (EAT). Los actores involucrados en el desarrollo de la EAT del proyecto Michiquillay se consignan en la Tabla 5-1.

Tabla 5-1. Actores sociales involucrados en el desarrollo de la EAT en el área de influencia del proyecto Michiquillay

N.º	Localidad o entidad	Representantes o autoridades	Cargo
1	Caserío Rodacocha	Ydiwilson Chávez Saenz	Teniente gobernador
2	Sector Tuyupampa	Ruber Salazar Chávez	Teniente gobernador
3		Luciano Chávez Guevara	Vicepresidente
4	Sector Michiquillay	Marcos Aguilar Ortiz	Presidente del sector
5		Catalino Requelme Palacios	Teniente gobernador
6		Marcial Sánchez Malaver	Tesorero del sector
7		Lino Aguirre Saucedo	Agente municipal
8		Fildomester Salazar Figueroa	Presidente de APAFA
9		Néstor Saucedo Rodríguez	Fiscal
10		Rigoberto Marín Aguilar	Poblador
11	Sector Quinamayo Alto	Pepe Oligario Sánchez Días	Teniente gobernador
12		Pablo Marín Vigo	Presidente de sector
13	Sector Progreso La Toma	Isidro Alvarado Rodríguez	Presidente de rondas
14		Marleni Marín Huamán	Presidenta de la ronda femenina
15		Gilmer Chuquiruna Vásquez	Agente municipal
16	Sector Quinayoc	Francisco Guevara Llovera	Tesorero del sector
17		Selson Sáenz Soveron	Presidente del sector
18		Napoleon Sánchez Chávez	Vicepresidente del sector
19		Amilcar Guevara Rodríguez	Teniente gobernador
19		Martin Rodríguez Chávez	Tesorero JASS
20	Comunidad campesina La Encañada	Eulogio Llanos Salazar	Presidente
21		Néstor Cabrera Alvarado	Tesorero
22		María Elisabeth Huamán	1ra Vocal
23	Sector Pampa Grande	Marcelino Sánchez Salazar	Presidente del sector
24		José Oswaldo Chávez Araujo	Teniente gobernador
25	Sector Pedregal	Américo Huamán Soto	Teniente gobernador
26	Sector Sogorón Alto	Jeremías Culqui Alvarado	Teniente gobernador
27		Marco Saucedo Villanueva	Presidente del sector
28	Sector Quinamayo Bajo	Rogelio Carranza Izquierdo	Teniente gobernador
29		Liliana Rodríguez A	Secretaria
30		Catalino Alcalde de la Cruz	Agente municipal
31		Francisco Rodríguez	Vicepresidente del sector
32		Leónides Casahuaman Cope	Teniente gobernador
32		Leónides Casahuaman Cope	Teniente gobernador
33	Anexo Palpata	Luis Alvarado Casanova	Presidente del anexo
34	Sector Chim Chim	Elmer Alvarado Alvarado	Presidente del sector



Handwritten signature and initials 'J-m' with an arrow pointing to the table.

5.3. De los acuerdos establecidos con los actores sociales

Los acuerdos tomados estuvieron relacionados principalmente con las fechas en las que se realizará la EAT y con los participantes que acompañarían al OEFA durante su ejecución. Las actas y listas de participantes en cada una de las etapas de la EAT se presentan en el Anexo 1.



6. ÁREA DE ESTUDIO Y ÁMBITO DE INFLUENCIA

El área de estudio o zona de evaluación ambiental involucra al área de exploración minera y a las áreas de influencia ambiental directa e indirecta del proyecto Michiquillay, que se encuentran a una altitud que varía de 3275 a 4000 m s.n.m, con temperaturas ambientales medias anuales desde 13,4 °C en la parte baja hasta 5,6 °C en la parte alta. Políticamente el proyecto Michiquillay involucra la CC. Michiquillay y la CC. La Encañada, distrito de La Encañada, provincia y departamento de Cajamarca.

Geográficamente, el área del proyecto se ubica en la parte alta de la microcuenca del río La Encañada; la que está conformada por varias quebradas entre las que resaltan los ríos Challhuamayo Seco (conformado por las Quishuar-Quinuayoc y el río Seco), Michiquillay y Quinuamayo (conformado por las quebradas Las Nellas, Jatunsacha y La Toma), los cuales se unen y forman el río La Encañada. Este río tiene un recorrido de norte a sur hasta confluir con el río Tambomayo por su margen izquierda; luego de cruzar el pueblo de Namora, el río cambia de nombre a río Namorino hasta la confluencia con el río Cajamarca, formando parte de la Unidad Hidrográfica de la Cuenca Crisnejas⁹ (Figura 4-1 y Anexo 2).



Handwritten blue ink marks and signatures on the left margin.

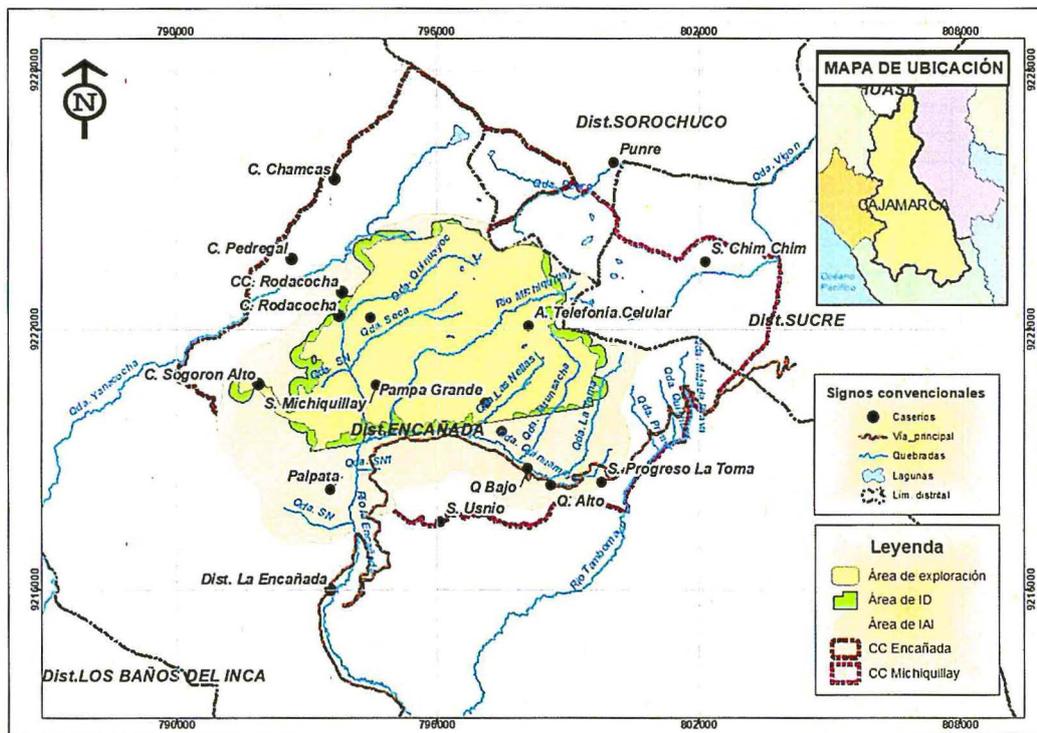


Figura 6-1. Ubicación del área de influencia ambiental del proyecto Michiquillay

En el área de estudio, la temporada seca o de vaciante y de precipitaciones pluviales está claramente definida. El patrón de precipitaciones medias anuales tiene un régimen estacional a lo largo del año; sus valores varían de 890 mm en la parte baja

⁹ Cuenca Crisnejas con código UH 49898 Categoría 3 tipificado en el anexo 1 de la Resolución Jefarural N.º 056-2018-ANA Clasificación de los Cuerpos de Agua Continentales Superficiales.



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

(2,900 msnm) y 1180 mm en la parte alta (4200 msnm); la temporada húmeda o creciente se inicia en el mes de octubre, incrementándose los niveles de precipitación hasta marzo. En el mes de abril, las precipitaciones empiezan a ser menos frecuentes, dando inicio a la temporada de vaciante, la que se prolonga hasta setiembre¹⁰.

Tanto la temperatura como las precipitaciones característicos en la zona de estudio influyen en la caracterización bioclimática del medio, reflejándose principalmente en la composición biológica de los ecosistemas; en función de ello y de acuerdo a la clasificación de las zonas de vida propuesta por L.R. Holdridge el área de estudio abarca zonas de vida como bosque húmedo montano tropical (bh-MT), bosque muy húmedo montano tropical (bmh-MT), páramo muy húmedo subalpino tropical (pmh-SaT) y páramo pluvial subalpino tropical (pp-SaT).

Respecto al uso actual de la tierra, se nota una predominancia de los pastos naturales y cultivados para las actividades de ganadería, seguido de cultivos como papas, ocas y ollucos. Estos suelos, según la clasificación de tierras por uso mayor, corresponden a tierras de protección y pastoreo.

Asimismo, es importante mencionar que el yacimiento cuprífero Michiquillay presenta pasivos ambientales mineros¹¹ como desmontes de mina, bocaminas, campamentos (oficinas y talleres), plantas de procesamiento, caminos (trochas), pistas de aterrizaje (helipuerto), líneas férreas y espacios con aceites y grasas industriales.

7. METODOLOGÍA

La metodología empleada para el desarrollo de la EAT en el área de influencia del proyecto Michiquillay se presenta en la Figura 7-1. La primera etapa es la planificación, seguida de la etapa de campo y finalmente la etapa de elaboración del informe.

a. Etapa de planificación

Esta etapa se realizará en gabinete, e inicia con la identificación de la problemática ambiental del área de estudio, para luego recopilar, revisar y sistematizar la información ambiental existente en el área de influencia del proyecto Michiquillay, relacionada a los componentes ambientales que se evaluarán. Asimismo, en esta etapa se establecen las actividades o acciones a ejecutar en función de los objetivos específicos propuestos en la EAT, considerando lo observado en campo durante la visita de reconocimiento realizada del 24 al 29 de agosto.

¹⁰ EIA del Proyecto de Exploración Michiquillay, Cap 4. Línea de base ambiental noviembre de 2008 Aprobada por Resolución Directoral N° 057-2009-MEM/AAM el 12 de marzo de 2009.

¹¹ Asume la titularidad Activos Mineros S.A.C de acuerdo al Anexo 1 de la Resolución Ministerial N.º 224-2018-MEM/DM –Actualización del Inventario Inicial de Pasivos Ambientales Mineros.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

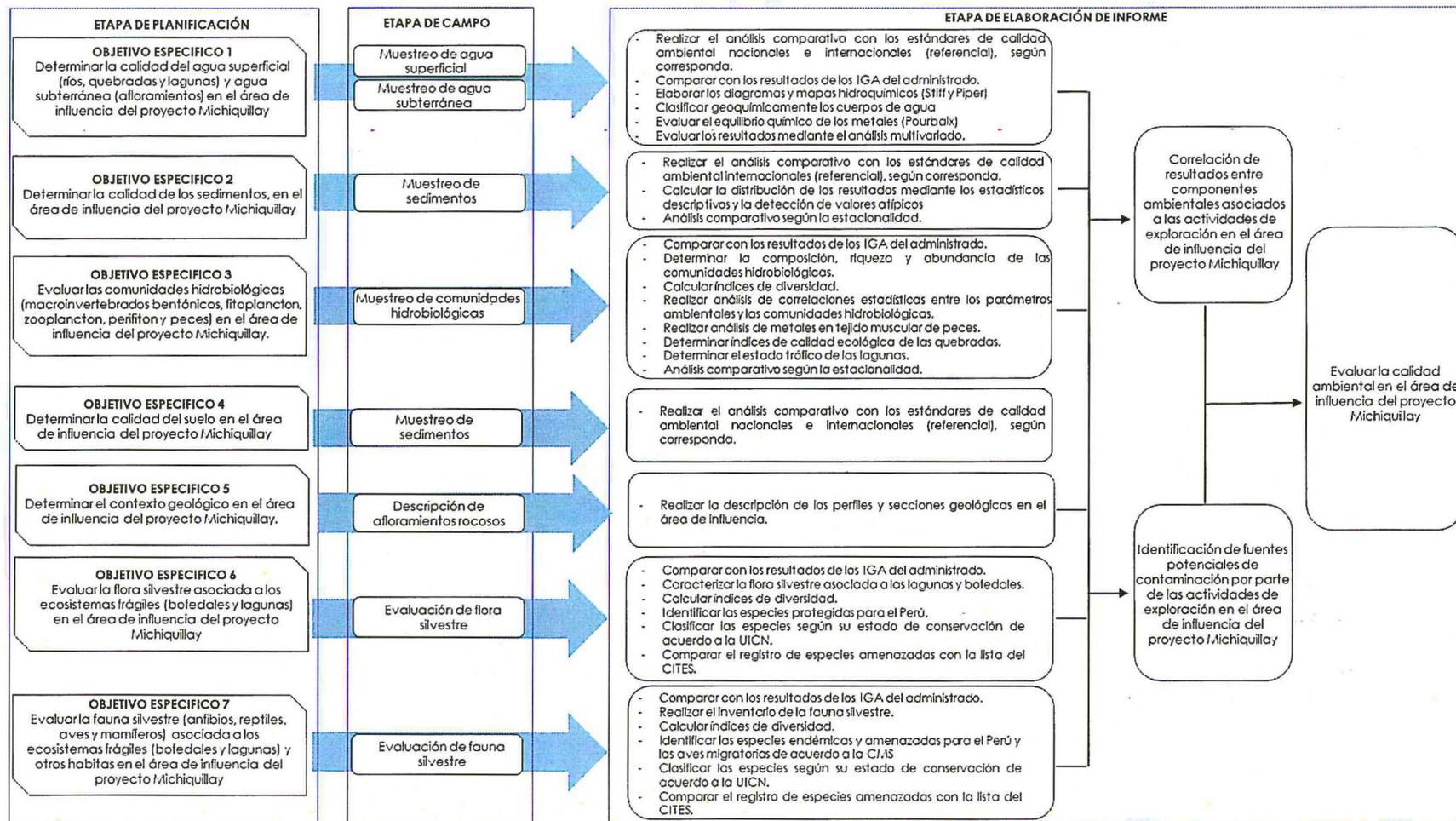


Figura 7-1. Diagrama de flujo de las actividades a realizar como parte del plan de evaluación ambiental temprana en el área de influencia del proyecto Michiquillay

**b. Etapa de campo**

En esta etapa se recopilará la información mediante la medición de parámetros en campo (mediciones in situ) de diferentes componentes y la toma de muestras para su análisis en laboratorios acreditados por el Instituto Nacional de Calidad¹² (Inacal). Por otro lado, las muestras de flora y fauna serán evaluadas por los especialistas del OEFA.

c. Etapa de elaboración de informe

En esta etapa se realizará la sistematización, la revisión y el análisis de los resultados de laboratorio; y su comparación con estándares nacionales o con una normativa referencial internacional en caso no existan en la normativa nacional.

7.1. Actividades de planificación por objetivo específico

A continuación, se describe la metodología considerada para la evaluación de los componentes ambientales establecidos en cada objetivo específico.

7.1.1. Objetivo específico N.º 1: Determinar la calidad del agua superficial (ríos, quebradas y lagunas) y subterránea (afloramientos) en el área de influencia del proyecto Michiquillay

La evaluación de la calidad del agua superficial y subterránea en los puntos determinados será según la categoría asignada en los IGA aprobados por la autoridad competente.

7.1.1.1. Área de estudio

El área de estudio se ubica en la cabecera de la microcuenca del río La Encañada, que comprenden las unidades hidrográficas menores conformado por los ríos Seco, Michiquillay, Challhuamayo, y las quebradas Quishuar-Quinuayoc, Las Nellas, Jatunsacha y La Toma (las tres últimas quebradas confluyen con la margen derecha del río Quinuamayo), donde se encuentran los afloramientos de agua y las lagunas (Anexo 2).

7.1.1.2. Protocolos de muestreo

La toma de muestras se realizará tomando en cuenta los lineamientos establecidos en los protocolos de monitoreo elaborados por instituciones nacionales e internacionales. La Tabla 7-1 presenta los protocolos de monitoreo considerados.

¹² El Instituto Nacional de Calidad (Inacal) es un organismo público técnico especializado adscrito al Ministerio de la Producción, es además el ente rector y máxima autoridad técnico-normativa del Sistema Nacional para la Calidad. Son competencias del Inacal la normalización, acreditación y metrología, acorde con lo previsto en las normas que regulan las materias respectivas.



Tabla 7-1. Protocolos de muestreo para agua superficial y subterránea en el área de influencia del Proyecto Michiquillay

Componente ambiental	Protocolo	Sección	País	Institución	Dispositivo legal	Año
Agua superficial	Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales	6.14 Medición de los parámetros de campo (pp. 24–25) 6.15 Procedimiento para la toma de muestras (pp. 25–28) 6.16 Preservación, llenado de la cadena de custodia, almacenamiento, conservación y transporte de las muestras (pp. 28–30) 6.17 Aseguramiento de la calidad del monitoreo (pp. 30–31)	Perú	Autoridad Nacional del Agua (ANA)	Resolución Jefatural N.º 010-2016-ANA	2016
Agua subterránea	Protocolo National Field Manual for the Collection of Water-Quality Data de la U.S. Geological Survey (USGS) TWRI book 9	A.1 Preparations for water sampling	EE. UU.	U.S. Geological Survey (USGS)	Uso referencial	2015



7.1.1.3. Ubicación de los puntos de muestreo

Los puntos de muestreo de agua superficial y afloramientos de agua subterránea fueron establecidos tomando como referencia los puntos declarados en los IGA de Southern Perú Copper Corporation - Sucursal del Perú, validados en la visita de reconocimiento; asimismo, se consideró los siguientes criterios técnicos:

- Ubicación de cuerpos receptores en el área de estudio.
- Aguas abajo de los pasivos ambientales.
- Afloramientos de agua subterránea sin infraestructura de captación.
- Cercanía a centros poblados de los sectores que pudieran verse afectados por la futura actividad.

De acuerdo con lo mencionado líneas arriba, se establecieron 48 puntos de muestreo de agua superficial (Anexo 3) y 31 puntos de agua subterránea (Anexo 4), los cuales se detallan en la Tabla 7-2 y Tabla 7-3, respectivamente. Cabe precisar que la ubicación geográfica se definirá en la ejecución.



«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

Tabla 7-2. Ubicación de los puntos de muestreo de agua superficial (ríos, quebradas y lagunas)

N.º	Sector	Código OEFA	Coordenadas UTM		Altitud (m s.n.m.)	Descripción del punto de muestreo
			WGS84 – zona 17M			
			Este (m)	Norte (m)		
1	Tuyupampa	LCoch1	798426	9221347	3784	Punto ubicado en la laguna Cochecorral, naciente de la quebrada del mismo nombre, parte alta del sector Tuyupampa.
2		QCoch1	798341	9221127	3778	Punto ubicado en la quebrada Cochecorral, naciente de la quebrada principal Las Nellas, parte alta del sector Tuyupampa.
3		QLAgu1	798174	9220922	3751	Punto ubicado en la quebrada Los Agujeros, aproximadamente 250 metros aguas debajo de QCoch1.
4		Q.Tr.Lagu1	798043	9220714	3728	Punto ubicado en el tributario de la quebrada Los Agujeros, 150 metros aguas arriba de la confluencia con la quebrada Las Nellas.
5		QLAgu2	798015	9220741	3730	Punto ubicado en la quebrada Los Agujeros, 150 metros antes de la afluencia del tributario Q.Tr.Lagu2.
6		Q.Tr.Lagu2	798002	9220636	3710	Punto ubicado en la quebrada Los Agujeros antes de la afluencia por el margen izquierdo con la quebrada Las Nellas.
7		QNel2	796957	9219777	3445	Punto ubicado en la quebrada Las Nellas, aproximadamente a 330 m antes de la confluencia con el río Quinuamayo.
8		RQuin6	796802	9219551	3413	Punto ubicado en el río Quinuamayo, aproximadamente a 55 m antes de la confluencia quebrada Las Nellas.
9	Rodacochoa	QCash	794978	9224138	3669	Punto ubicado en la quebrada Cashaquero, aproximadamente a 520 m antes de la confluencia con la quebrada Yanacocha y 3 metros aguas arriba del punto de captación para consumo.
10		QOxas1	796150	9223675	3796	Punto ubicado en la quebrada Oxa Segana, parte alta del caserío Rodacochoa.
11		RSeco1	795855	9223402	3771	Punto ubicado en el río Seco, parte alta del caserío Rodacochoa.
12		RSeco2	795656	9223205	3734	Punto ubicado en el río Seco, aproximadamente a 1,5 km al noreste de la casa comunal del sector Quinuayoc.
13		RSeco3	794471	9222691	3569	Punto ubicado en el río Seco a 400 m, aproximadamente al norte del local comunal del sector Quinuayoc.
14		RSeco4	793842	9222134	3485	Punto ubicado en el río Seco, aproximadamente a 50 m aguas arriba de la intersección con la trocha que une los



Handwritten blue signatures and initials, including a large 'A' and 'Jm'.

«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

N.º	Sector	Código OEFA	Coordenadas UTM		Altitud (m s.n.m.)	Descripción del punto de muestreo
			WGS84 – zona 17M			
			Este (m)	Norte (m)		
						sectores Quinuayoc y Rodacocha (parte baja).
15	Michiquillay	RMichi1	798428	9222743	3743	Punto ubicado en el río Michiquillay en la parte alta del sector Michiquillay.
16		RMichi2	797728	9222447	3709	Punto ubicado en el río Michiquillay, aproximadamente a 512 m al noreste de la antena de telefonía celular, parte alta del sector Michiquillay.
17		RMichi3	796965	9221825	3703	Punto ubicado en el río Michiquillay, aproximadamente a 5 m aguas arriba de la trocha que une los sectores Michiquillay y Pampa Grande.
18		RMichi4	795809	9221543	3535	Punto ubicado en el río Michiquillay, aproximadamente a 600 m aguas arriba del Túnel Michiquillay (socavón).
19		RMichi5	795140	9220359	3385	Punto ubicado en el río Michiquillay a 800 m aguas abajo del Túnel Michiquillay (socavón).
20		RMichi6	794976	9219905	3328	Punto ubicado en el río Michiquillay, aproximadamente a 340 m antes de la confluencia con el río Quinuamayo.
21		RQuin7	795020	9219624	3299	Punto ubicado en el río Quinuamayo, aproximadamente a 110 m antes de la confluencia con el río Michiquillay.
22		RQuin8	794638	9219493	3285	Punto ubicado en el río Quinuamayo, aproximadamente a 300 m después de la confluencia con el río Michiquillay.
23		RChal2	794471	9219580	3288	Punto ubicado en la quebrada Challhuamayo aproximadamente a 140 m antes de la confluencia con el río La Encañada.
24		Bocm1	795632	9220971	3494	Drenaje del Túnel Michiquillay ubicado en el margen izquierdo del río Michiquillay aproximadamente a 1,030 km al este de la casa comunal del sector Michiquillay.
25	Progreso La Toma	Q.Tr.QQuin1	799771	9218877	3593	Punto ubicado en el tributario de la quebrada Quinuamayo, aproximadamente a 260 m al suroeste del cementerio del sector Progreso La Toma y a 2 m aguas arriba de la vía afirmada Cajamarca – Celendín.
26		Q.Tr.QQuin2	799344	9218578	3555	Punto ubicado en la quebrada Quinuamayo, aproximadamente a 510 m al oeste de la I.E N.º 821028 del sector Progreso La Toma y a 2 m arriba de la vía afirmada de Cajamarca - Celendín.



Handwritten signatures and initials in blue ink, including a signature that appears to be 'J.M.' at the bottom.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

N.º	Sector	Código OEFA	Coordenadas UTM		Altitud (m s.n.m.)	Descripción del punto de muestreo
			WGS84 – zona 17M			
			Este (m)	Norte (m)		
27	Quinuayoc	LHuach	796850	9223727	3899	Punto ubicado en la laguna Huchiracocha en la parte alta del sector Quinuayoc.
28		LCaba	796597	9223438	3874	Punto ubicado en la laguna Caballero, parte alta del sector Quinuayoc.
29		LLAren	796846	9223193	3881	Punto ubicado en la laguna Las Arenas, aguas arriba de la laguna Señoracocha, parte alta del sector Quinuayoc.
30		LSCoch1	796431	9222819	3790	Punto ubicado en el lado norte de la laguna Señoracocha, parte alta del sector Quinuayoc.
31		LScoch2	796425	9222810	3791	Punto ubicado en el lado sur de laguna Señoracocha, parte alta del sector Quinuayoc.
32		QSCoch1	796342	9222744	3790	Punto ubicado en la quebrada Seca o Señoracocha, aproximadamente a 90 m aguas abajo de la descarga de la laguna Señoracocha.
33		RChal1	794002	9221037	3394	Punto ubicado en la quebrada Challhuamayo, aproximadamente a 10 m después de la confluencia de las quebradas Quinuayoc y Seca.
34		QQuish1	796230	9222676	3770	Punto ubicado en la quebrada Quishque, aproximadamente a 210 m aguas abajo de la laguna Señoracocha.
35		QPer1	795906	9222289	3725	Punto ubicado en la quebrada Las Perlas, aproximadamente a 330 m antes de la confluencia con la quebrada Quishque.
36		QQuish2	795557	9222362	3652	Punto ubicado en la quebrada Quishque, aproximadamente a 35 m después de la confluencia con la quebrada Las Perlas.
37		QQuish3	794805	9221939	3573	Punto ubicado en la quebrada Quishque, aproximadamente a 860 m después de la confluencia con la quebrada Las Perlas.
38		QQuin1	794195	9221387	3457	Punto ubicado en la quebrada Quinuayoc, aproximadamente a 4 m aguas arriba de la trocha que une los sectores.
39	Quinuamayo Alto	QQuin4	798606	9218577	3520	Punto ubicado en la quebrada La Toma, aproximadamente a 35 m antes de confluir con la quebrada Quinuamayo.
40		Q.Tr.QQuin3	798572	9218560	3520	Punto ubicado en la quebrada Quinuamayo, antes de confluir con la quebrada La Toma.
41	Quinuamayo Bajo	QJatun3	798160	9219209	3510	Punto ubicado en la quebrada Jatunsacha, aproximadamente a 360 m antes de la confluencia con la quebrada Quinuamayo.
42		QQuin5	798169	9218841	3494	Punto ubicado en la quebrada Quinuamayo, aproximadamente a 300 m



Handwritten signature and initials 'jim' with an arrow pointing to the stamp



«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

N.º	Sector	Código OEFA	Coordenadas UTM		Altitud (m s.n.m.)	Descripción del punto de muestreo
			WGS84 – zona 17M			
			Este (m)	Norte (m)		
						antes de la confluencia con la quebrada Jatunsacha.
43	Palpata	RLEnc1	794394	9219433	3277	Punto ubicado en el río La Encañada, aproximadamente a 60 después de la afluencia de la quebrada Challhuamayo.
44		RLEnc2	794092	9217364	3158	Río la Encañada, aguas arriba del poblado La Encañada, antes de cruce con carretera
45	Pampa Grande	LBrav1	798038	9221636	3877	Laguna Brava ubicada a 470 m, aproximadamente al sur de la antena de telefonía celular en el sector Pampa Grande.
46		LBrav2	798003	9221605	3875	Laguna Brava, ubicada a 470 m, aproximadamente al sur de la antena de telefonía celular en el sector Pampa Grande.



Tabla 7-3. Ubicación de los puntos de muestreo de agua subterránea (afloramientos)

N.º	Sector	Código OEFA	Coordenadas UTM		Altitud (m s.n.m.)	Descripción del punto de muestreo
			WGS84 – zona 17M			
			Este (m)	Norte (m)		
1	Tuyupampa	AFCoch1	798261	9221280	3793	Afloramiento Cochecorral I ubicado en el margen derecho de la naciente de la quebrada Las Nellas, parte alta del sector Tuyupampa.
2		AFCoch2	798431	9221155	3784	Afloramiento Cochecorral II ubicado en el margen izquierdo de la naciente de la quebrada Las Nellas, parte alta del sector Tuyupampa.
3		AFCoch3	798196	9221101	3771	Afloramiento Cochecorral III ubicado en el margen derecho de la naciente de la quebrada Las Nellas, parte alta del sector Tuyupampa.
4	Quinuayoc	AFCocho1	797231	9223881	3943	Afloramiento Cocho Orco I ubicado en la naciente de la quebrada Quinuayoc, parte alta del sector Quinuayoc.
5		AFCocho2	797134	9223857	3930	Afloramiento Cocho Orco II ubicado en la naciente de la quebrada Quinuayoc, parte alta del sector Quinuayoc.
6		AFHuach	797076	9223586	3919	Afloramiento Huachiracocha ubicado en la naciente de la quebrada Quinuayoc, parte alta del sector Quinuayoc.
7		AFPeñM	796730	9222941	3847	Afloramiento Peña Mala, ubicado a 250 metros al noreste de la laguna Señoracocha, parte alta del sector Quinuayoc.
8		AFCushc1	795001	9222732	3624	Afloramiento Cushurito I ubicado aproximadamente a 680 m al noreste de la casa comunal del sector Quinuayoc, margen izquierdo de la quebrada Quinuayoc o río Seco.
9		AFCushc2	795106	9222726	3648	Afloramiento Cushurito II ubicado aproximadamente a 760 m al noreste de la casa



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

N.º	Sector	Código OEFA	Coordenadas UTM		Altitud (m s.n.m.)	Descripción del punto de muestreo
			WGS84 – zona 17M			
			Este (m)	Norte (m)		
						comunal del sector Quinuayoc, margen izquierdo de la quebrada Quinuayoc o río Seco.
10		AFQuiMa	794121	9222439	3516	Afloramiento Quinuamayo ubicado aproximadamente a 390 m de la casa comunal del sector de Quinuayoc, margen izquierdo de la quebrada Quinuayoc o río Seco.
11		MCort1	794923	9222049	3589	Afloramiento Las Cortaderas I ubicado en el margen derecho de la quebrada Seca o Quishque en el sector Quinuayoc.
12		MCort2	794441	9221770	3534	Afloramiento Las Cortaderas II ubicado en el margen derecho de la quebrada Seca o Quishque en el sector Quinuayoc.
13		MMaqui1	794365	9221669	3509	Afloramiento La Máquina ubicado en el margen derecho de la quebrada Seca o Quishque en el sector Quinuayoc.
14		AFCocho3	797070	9223943	3921	Afloramiento Cocho Orco III ubicado en la naciente de la quebrada Quinuayoc, parte alta del sector Quinuayoc.
15	Rodacocha	AFMaqM	796694	9223987	3886	Afloramiento Maque Maque ubicado en el margen derecho de la quebrada Quinuayoc o río Seco en la parte alta del caserío Rodacocha.
16		AFOxas	796336	9223766	3829	Afloramiento Oxa Segana ubicado en el margen derecho de la quebrada Quinuayoc o río Seco, aguas abajo de la laguna Huachiracocha.
17		AFLRSub1	798173	9223414	3809	Afloramiento Subllaquero I ubicado en la parte alta del sector Michiquillay.
18	Michiquillay	AFLRSub2	798442	9223082	3765	Afloramiento Subllaquero II ubicado en la parte alta del sector Michiquillay.
19		AFLRSub3	798742	9222830	3768	Afloramiento Subllaquero III ubicado en la parte alta del sector Michiquillay.
20		MChau1	800117	9219556	3709	Afloramiento Chaupe ubicado aproximadamente a 615 m al norte del cementerio del sector Progreso La Toma.
21	Progreso La Toma	MLLif1	800015	9219260	3668	Afloramiento Los Lifes ubicado a 800 m aproximadamente al norte de la I. E. N.º 821028 del sector Progreso La Toma.
22		MLLif2	799931	9219095	3633	Afloramiento Los Lifes ubicado a 625 m aproximadamente al norte de la I. E. N.º 821028 del sector Progreso La Toma.
23	Palpata	AFMuerte1	794164	9218821	3457	Afloramiento Mala Muerte ubicado en el margen izquierdo del río La Encañada, altura del anexo Palpata.



Handwritten signature



«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

N.º	Sector	Código OEFA	Coordenadas UTM		Altitud (m s.n.m.)	Descripción del punto de muestreo
			WGS84 – zona 17M			
			Este (m)	Norte (m)		
24		AFShit1	794174	9218773	3230	Afloramiento La Shita ubicado en el margen izquierdo del río La Encañada, altura del anexo Palpata.
25		AFPBl1	794182	9218649	3232	Afloramiento Peña Blanca, ubicado en el margen derecho del río La Encañada, altura del anexo Palpata.
26		AFMichi5	794420	9219458	3277	Afloramiento Michiquillay V, agua que descarga a 30 metros de la naciente del río La Encañada
27	Pampa Grande	MPuqui1	976420	9219996	3460	Afloramiento Puquio I ubicado en 760 m aproximadamente al suroeste de la I.E.I N.º 748 (inicial) del sector Pampa Grande.
28		MPuqui2	796577	9220184	3507	Afloramiento Puquio II ubicado a 550 m aproximadamente al suroeste de la I.E.I N.º 748 (inicial) del sector Pampa Grande.
29		MPuqui3	796647	9220318	3553	Afloramiento Puquio III ubicado a 470 m aproximadamente al oeste de la I.E.I N.º 748 (inicial) del sector Pampa Grande.
30		MPuqui4	796652	9220417	3589	Afloramiento Puquio IV ubicado a 480 m aproximadamente al oeste de la I.E.I N.º 748 (inicial) del sector Pampa Grande.
31		AFSugChi	796004	9219509	3442	Afloramiento Sugar Chichairo, ubicado al lado derecho de la carretera Cajamarca-Celendín, frente al punto de venta de comida de chicharrones.



7.1.1.4. Parámetros considerados para la evaluación

La selección de los parámetros para agua superficial y subterránea está relacionada con la actividad minera, el origen hidroquímico de los afloramientos, la eutrofización de las lagunas y la influencia de las aguas residuales de las actividades municipales que descargan a los cuerpos de agua superficial. En todos los puntos se medirán *in situ* los parámetros de campo temperatura, pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto y potencial de óxido-reducción (ORP). La Tabla 7-4 y Tabla 7-5 presentan los parámetros que serán analizados por los laboratorios acreditados por el Inacal.

Tabla 7-4. Parámetros y cantidad de puntos de muestreo de agua superficial (lagunas y quebradas) considerados para la evaluación

N.º	Parámetros	Cantidad de puntos de muestreo	Observaciones
1	Nitrato(s)	46	Percible de 48 horas.
2	Sulfato(s)	46	---
3	Cloruro(s)	46	---
5	Bicarbonato(s)	46	---
4	Fosfato(s)	8	Percible de 48 horas. Se evaluará en lagunas
6	Sólidos totales disueltos (TDS)	46	---



«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

N.º	Parámetros	Cantidad de puntos de muestreo	Observaciones
7	Sólidos suspendidos totales (TSS)	46	---
8	Nitrógeno total	8	Se evaluará en lagunas
9	Nitrógeno amoniacal	8	Se evaluará en lagunas
10	Metales totales por ICP-MS (incluido Hg)	54	Incluye blancos y duplicados
11	Metales disueltos por ICP-MS (incluido Hg)	46	---
12	Fósforo total	8	Se evaluará en lagunas
13	Clorofila <i>a</i>	8	Perecible de 48 horas
14	Demanda química de oxígeno (DQO)	46	En reemplazo de la DBO5 por tener más tiempo de almacenamiento (menos perecible)
15	Aceites y Grasas	46	---
16	Coliformes fecales	9	Solamente en el río Principal y el afloramiento AFSugChi

Tabla 7-5. Parámetros y cantidad de puntos de muestreo de agua subterránea (afloramientos) considerados para la evaluación

N.º	Parámetros evaluados	Cantidad de puntos de muestreo	Observaciones
1	Nitrato(s)	31	Perecible de 48 horas.
2	Sulfato(s)	31	---
3	Cloruro(s)	31	---
4	Bicarbonato(s)	31	---
5	Sólidos totales disueltos (TDS)	31	---
6	Sólidos totales suspendidos (TSS)	31	---
7	Metales totales por ICP-MS (incluido Hg)	36	Incluye blancos y duplicados
8	Metales disueltos por ICP-MS (incluido Hg)	31	---
9	Demanda química de oxígeno (DQO)	31	En reemplazo de la DBO5 por tener más tiempo de almacenamiento (menos perecible)

7.1.1.5. Criterios de evaluación

Los resultados de agua superficial y subterránea serán comparados con los resultados de los IGA del administrado.

Para evaluar la calidad de los recursos hídricos, los resultados serán comparados con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para agua (en adelante, ECA para agua) aprobados por el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM.

Las quebradas ubicadas en el área de influencia del proyecto minero Michiquillay no se encuentran clasificadas en la Resolución Jefatural N.º 056-2018-ANA (norma que aprueba la Clasificación de los Cuerpos de Aguas Continentales Superficiales); es por ello que asumirán la categoría de las quebradas de la cuenca Crisnejas a las que tributan, clasificadas de acuerdo a la citada resolución jefatural como categoría 3: "Riego de vegetales y bebida de animales", subcategoría D1: "Riego de vegetales" y D2: "Bebida de animales", (en adelante, Cat3D1 y Cat3D2, respectivamente).



Lo anterior está establecido en la tercera disposición complementaria transitoria ECA para agua¹³, la cual menciona que: "En tanto la Autoridad Nacional del agua no haya asignado una categoría a un determinado cuerpo natural de agua, se debe aplicar la categoría del recurso hídrico al que este tributa, previo análisis de dicha autoridad".

Con respecto a los resultados de los afloramientos, estos serán comparados referencialmente con la categoría 3: "Riego de vegetales y bebida de animales", subcategoría D1: "Riego de vegetales" y D2: "Bebida de animales", ya que constituyen afloramientos de agua que se mezclan con el curso de las quebradas, las que son utilizadas con fines agropecuarios. De forma similar, las lagunas serán comparadas con la categoría 4, Conservación del ambiente acuático, subcategoría E1: lagunas y lagos (en adelante, Cat4E1), la cual comprende a los cuerpos de agua lénticos de origen natural que no presentan corriente continua, tipificado en el literal a) del inciso 3.4 del artículo 3 del Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM.

7.1.1.6. Análisis de datos

Todos los resultados serán digitalizados y ordenados en una base de datos (hojas de cálculo), para luego ser comparados referencialmente mediante el uso de gráficos de líneas o barras, según los criterios de evaluación presentados en el punto anterior.

a. Análisis por microcuenca

Cada microcuenca se comparará con los ECA establecidos en el IGA y el ECA actual mediante gráficos de barras o líneas para ambas temporadas (seca y húmeda).

b. Análisis en toda el área evaluada

En toda el área de evaluación se realizarán los siguientes análisis, teniendo en cuenta los cálculos para cada temporada:

b.1. Relación de los iones y sólidos disueltos con la conductividad

Para determinar la relación lineal entre la conductividad eléctrica y los sólidos disueltos totales —SDT— (los que son representados por la suma de los cationes o aniones de sustancias orgánicas e inorgánicas que puedan pasar un filtro de 0,45 µm), se calculan los valores de *K* en un rango de 0,5 – 0,85¹⁴ con un valor típico de 0,7, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$SDT (mg/L) = k * Conductividad (\mu S/cm) \quad (7.1)$$

En caso de la relación de la suma de iones (cationes o aniones) con la conductividad, tenemos que el criterio aceptable es dado por la American Public Health Association (APHA, 2012), mediante la siguiente ecuación lineal:

$$100 * \sum \text{aniones o cationes (meq/L)} = (0,9 - 1,1) * Conductividad (\mu S/cm) \quad (7.2)$$

¹³ Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias. Publicado el 07 de junio de 2017.

¹⁴ Este rango abarca a los diferentes tipos de agua como: naturales (Fresh Water), destilada, permeada (permeates), salobres (brackish water), marina (seawaters) y salmueras (brines), los cuales pueden contener una variedad de sales disueltas de bicarbonatos, sulfatos o cloruros.



«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

b.2. Evaluación hidroquímica

De otro lado, se hará una caracterización hidroquímica del agua superficial y subterránea usando los diagramas hidroquímicos de Stiff y Piper (ver Figura 7-2), mediante el programa *Diagrammes 6.51* del Laboratoire d'Hydrogéologie d'Avignon del 2014. Estos diagramas permiten caracterizar las aguas en función a su concentración de sales, predominancia aniónica y catiónica, e interacción con la parte orgánica y roca (Custodio, 1965); de esta manera, se determinará la tipología de las muestras de agua en el área de influencia del proyecto Michiquillay y alrededores.

Cabe indicar que a los resultados de aniones y cationes cuya concentración sea menor al límite de cuantificación se les dará el valor de este límite (LOQ).

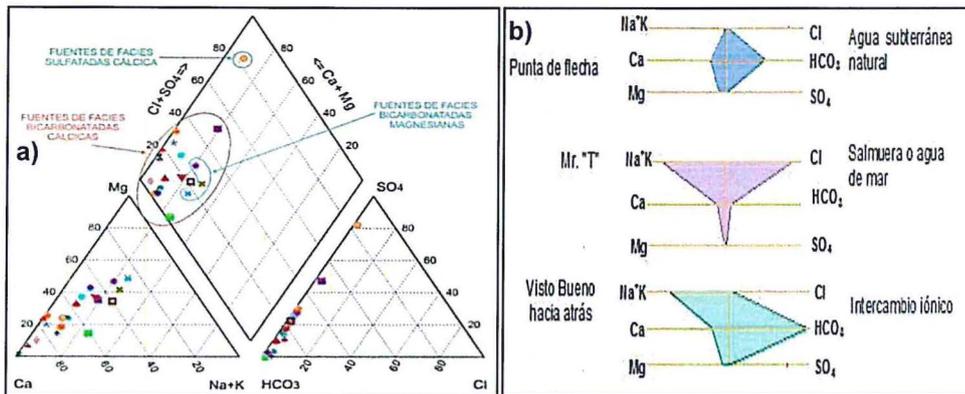


Figura 7-2. Diagramas hidroquímicos: a) Stiff y b) Piper

b.3. Clasificación geoquímica

La clasificación geoquímica del agua superficial (quebradas y ríos) y agua subterránea se realizará en base al diagrama conocido como Ficklin (Ficklin, 1992), el cual relaciona el pH con la suma de los metales disueltos Zn, Cu, Cd, Pb, Co, Ni, en ppb ($\mu\text{g/L}$), Figura 7-3. Este gráfico también puede ser realizado en concentraciones de ppm (mg/L) usando una hoja de cálculo de Microsoft Office Excel.

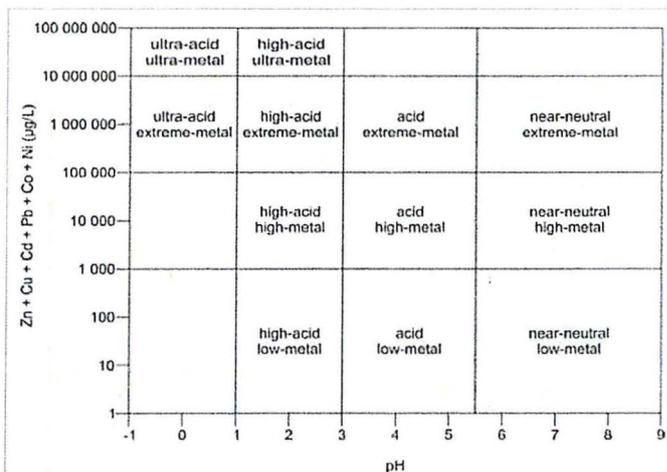


Figura 7-3. Clasificación geoquímica (diagrama de Ficklin)



La clasificación de este diagrama determinará la tipología de distintos entornos geoquímicos en relación con los metales pesados zinc (Zn), cobre (Cu), cadmio (Cd), plomo (Pb), cobalto (Co) y níquel (Ni), sin considerar aluminio (Al), manganeso (Mg) y hierro (Fe), por tener diferente comportamiento químico (Lottermoser, 2010). En los casos que las concentraciones de los metales pesados estén por debajo del valor del límite de cuantificación se considerará la mitad de este valor.

b.4. Especiación Química

Se evaluarán las especies químicas en los puntos que superen los valores de metales totales del ECA. Para ello, se utilizará el programa *Phreeqc* en la interface Notepad ++ v6.6.9 del 2017, tomando en cuenta la base de datos *wateq4f.dat*, en donde se definen por códigos las especies químicas que serán analizadas. Para el uso del programa *Phreeqc* se utilizarán los siguientes parámetros (entre parentesis las unidades):

- pH, potencial electrónico (pe), densidad del agua (g/mL)¹⁵, temperatura (°C).
- Metales disueltos catiónicos, en mg/L, con un solo **estado de oxidación (E.O)**: calcio (Ca), magnesio (Mg), sodio (Na), potasio (K), bario (Ba), boro (B), litio (Li); estroncio (Sr), aluminio (Al), cadmio (Cd), plomo (Pb), zinc (Zn), níquel (Ni) y **varios E.O**: arsénico (As), hierro (Fe), manganeso (Mn) y cobre (Cu).
- Aniones principales, en mg/L: cloruros (Cl), bicarbonatos (HCO₃), sulfatos (S (6)), nitratos (N (5)) con masa molar (gfw) de 62,0 g/mol.

Cabe mencionar que los valores de pH y temperatura son de lectura directa de campo, mientras que los aniones y cationes metálicos provienen de los resultados de laboratorio acreditado. Con respecto al cálculo del potencial electrónico (pE) se calcula a partir de la siguiente fórmula (Lewis & McConchie, 2012):

$$pe = \frac{F * Eh}{2,303 * R * T_K} \quad (7.3)$$

Donde:

F (Constante de Faraday)	: 96,42 KJ*V-1*mol-1.
T _K (Temperatura en K)	: 273,15 + Temperatura en °C.
R (Constante Universal de los gases)	: 8,314472 JK-1mol-1.
Eh	: Potencial Redox relativo a un electrodo de referencia en V.

El Eh se calcula a partir de la siguiente ecuación (James, Copeland, & Lytle, 2004):

$$Eh = Eh^{\circ} + potencial\ medido\ en\ campo\ (ORP) \quad (7.4)$$

Donde:

Eh [°]	: Potencial de referencia o media celda en mV.
ORP	: Potencial Redox (Reducción-Oxidación) en mv.

¹⁵ Para el cálculo de la densidad del agua se usa el link. <https://www.steamtablesonline.com/steam97web.aspx>, considerando una presión, en bar, calculada referencialmente a partir de la temperatura del ambiente y la altitud del punto de muestreo de acuerdo a: <https://www.mide.com/pages/air-pressure-at-altitude-calculator> usando la conversión de 1 atm = 1,01325 bar.



«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

El ORP se obtendrá de la lectura directa de campo del multiparámetro cuyo sensor de ORP/Redox es un electrodo combinado digital con un electrodo de referencia Ag/AgCl (3M KCl) no rellenable y un sensor de temperatura incorporado¹⁶. De acuerdo a la Figura 7-4, el potencial de referencia o media celda (Eh°) se puede calcular apartir de la relación de la solución KCl 3M con la temperatura (°C) (Striggow, 2017).

Half-cell Potential of Ag/AgCl reference electrode
derived from USGS NFM, Table 6.5.2 (9/2005)

T(°C)	Molarity of KCl filling solution			
	3M	3.3M*	3.5M	Sat/4M
10	220	217	215	214
15	216	214	212	209
20	213	210	208	204
25	209	207	205	199
30	205	203	201	194
35	202	199	197	189
40	198	195	193	184

Figura 7-4. Relación de la solución de llenado KCl del electrodo de referencia (Ag/AgCl) y la temperatura (°C)

La relación lineal entre el potencial de referencia de la solución de relleno KCl 3M y la temperatura (°C) se indica en la Figura 7-5, en donde se obtiene la siguiente ecuación con un R² de 0,9988:

$$Eh^{\circ} = -0,7286 * Temperatura + 227,21 \tag{7.5}$$

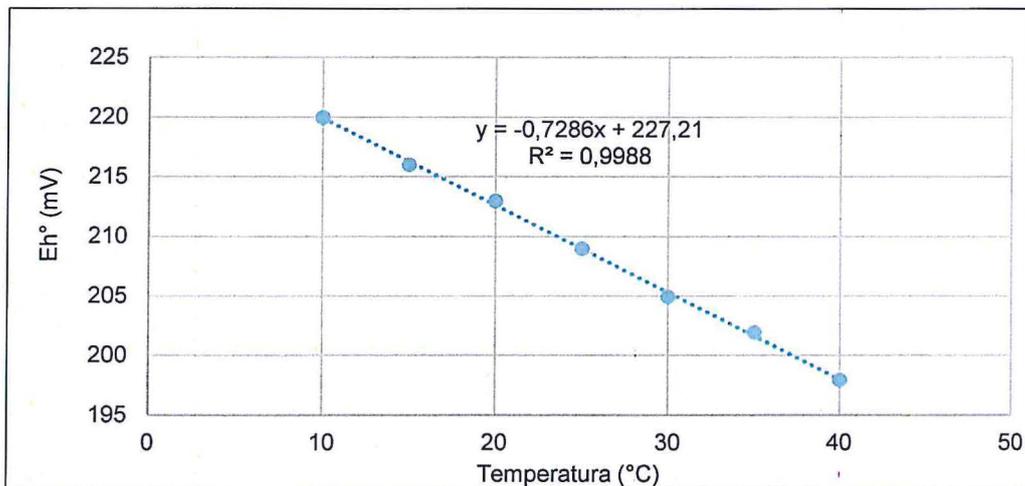


Figura 7-5. Relación de Temperatura (°C) y el potencial de electrodo de referencia Ag/AgCl con solución de relleno KCL 3M (Eh°)

¹⁶ Las características del electrodo de ORP/Redox (descarga del documento DOC272.92.80033) se encuentra en el link: <https://co.hach.com/electrodo-de-orp-redox-intellical-mtc101-para-laboratorio-bajo-mantenimiento-relleno-de-gel-cable-de-1-metro/product-downloads?id=53559516899>. Consultado el 1 de agosto de 2018.



b.5. Análisis multivariado

Para identificar patrones de concentración similares en los puntos de muestreo, los resultados de metales en agua superficial se interpretarán por medio del análisis multivariado. Los cálculos matemáticos y estadísticos se utilizarán la versión 23 del software IBM SPSS (Statistical Package for Social Sciences) - 2015, STATISTICA 12 (StatSoft, Tulsa, OK 74104) - 2014 y la hoja de cálculo de Microsoft Office Excel.

b.5.1 Estadísticos para la viabilidad del análisis multivariado

Para verificar la idoneidad de la estructura de la matriz de correlaciones y, en consecuencia, la viabilidad del análisis multivariado, se aplicará el siguiente estadístico:

- **Test de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO)**

El test o medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) mide la idoneidad de los datos para realizar un análisis factorial. Este test permite comparar la magnitud de los coeficientes de correlación observados con la magnitud de los coeficientes de correlación parcial.

Los resultados de la evaluación del análisis multivariado serán excelentes si la medida KMO de adecuación muestral está comprendido entre 0,9 y 1; buenos, si está comprendido entre 0,8 y 0,9; aceptables, si se encuentra entre 0,7 y 0,8; mediocres o regulares, cuando resulte entre 0,6 y 0,7; malos, si está entre 0,5 y 0,6; e inaceptables o muy malos cuando sea menor que 0,5 y que no debe usarse el Análisis Factorial.

b.5.2 Análisis de factor (AF)

Dentro de los diversos métodos o técnicas de análisis multivariado, se utilizará el análisis de factor (AF), el cual ha sido aplicado en diversos estudios de investigación para caracterizar y evaluar los resultados de los cuerpos de agua superficial continental (agua dulce) y marina.

El objetivo del AF es extraer la información significativa (Wang YB, 2015) y reducir la complejidad de los grupos de datos obtenidos (matriz de datos) de los análisis de metales y SST en agua superficial, para ofrecer una mejor interpretación y entendimiento de los resultados (Prakash Raj Kannel, 2007; Shrestha S. & Kazama F., 2007).

Para el análisis de factor se cuenta con los siguientes análisis: método de extracción mediante componentes principales, rotación de factores mediante la rotación ortogonal varimax, y los rangos de valores de importancia de las cargas (loadings) para las variables (parámetros) y puntuaciones (scores) para las observaciones (puntos de muestreo).

El número de factores a considerar se establecerá de acuerdo al criterio de Kaiser o eigenvalor (autovalor) > 1 . Cabe indicar que la suma de todos los eigenvalores es igual al número de parámetros; por lo que cada factor debe explicar al menos un parámetro ambiental, ya que dichos factores son considerados importantes u óptimos (Kannel, Lee, Kanel, & Khan, 2007; Kowalkowski, Zbytniewski, Szpejna, & Buszewski, 2006).



De acuerdo a estudio realizado por Paul Geladi (Geladi, Manley, & Lestander, 2003), se puede extraer mayor información si las cargas y puntuaciones pueden ser visualizadas a través de un diagrama biplot, las cuales deben cumplir ciertas reglas importantes.

Asimismo, el estudio indica que en aquellos casos donde existan resultados diferentes, considerados como atípicos u outliers y donde no se pueda visualizar claramente la distribución de puntos debido a que las cargas y puntuaciones tienen diferentes escalas, entre otros criterios como no considerarlos, estos valores se estandarizan de la siguiente manera:

El valor de la carga de cada parámetro de cada factor se multiplica por la raíz cuadrada del eigenvalor respectivo, y el valor de la puntuación de cada punto de muestreo de cada factor se dividirá por la raíz cuadrada del eigenvalor respectivo.



b.6. Análisis de temporalidad

Para determinar el efecto de la temporalidad, la cual se realizará solo para puntos en común de agua superficial y subterránea en ambas evaluaciones, se realizarán gráficos hidroquímicos (Piper y Stiff), geoquímicos (Ficklin), el análisis multivariado (Análisis de Factor) y las especiación química (Modelo wate4qf.dat del programa *Phreeqc*), este último solamente en metales que superaron el ECA para agua 2015 (aprobado por el Decreto Supremo N.º 015-2015-MINAM) y ECA 2017 (Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM).



7.1.2. Objetivo específico N.º 2: Determinar la calidad de los sedimentos en el área de influencia del proyecto Michiquillay

Para el caso de los sedimentos, al carecer de guías y protocolos nacionales, se realizará una comparación referencial con normas internacionales.

7.1.2.1. Área de estudio

El área para la evaluación de sedimentos está delimitada por los cuerpos de agua lénticos (lagunas) ubicados en las áreas de concesión y áreas de influencia ambiental directa e indirecta del proyecto Michiquillay, las que están ubicadas en la cabecera de la microcuenca del río La Encañada, y que comprenden las unidades hidrográficas menores conformado por los ríos Seco, Michiquillay, Challhuamayo, y las quebradas Quishuar-Quinuayoc, Las Nellas, Jatunsacha y La Toma (las tres últimas quebradas confluyen con la margen derecha del río Quinuamayo) (Anexo 2).

7.1.2.2. Protocolos de muestreo

La toma de muestras de sedimento se realizará teniendo en cuenta los lineamientos establecidos en los manuales técnicos de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA, por sus siglas en inglés) y en los procedimientos para el muestreo, preservación y conservación de muestras establecidos por los laboratorios acreditados ante el Instituto Nacional de Calidad-Inacal. En la Tabla 7-6 se presentan los manuales técnicos considerados para la ejecución del muestreo programado.



«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

Tabla 7-6. Manuales referenciales para el muestreo de sedimento en el área de influencia del proyecto Michiquillay

Componente ambiental	Protocolo	Sección	País	Institución	Dispositivo legal	Año
Sedimento	Manual técnico, Métodos para colección, almacenamiento y manipulación de sedimento para análisis químicos y toxicológicos ¹⁷	Capítulo 3. Colección de sedimentos enteros. Capítulo 5. Manipulación de sedimentos	EE. UU.	EPA	-	2001
	Procedimiento de Operación Estándar- muestreo de sedimento ¹⁸	Ítem 7. Preservación de Muestras, Contenedores, Manipulación y Almacenamiento	EE. UU.	EPA	-	2003



7.1.2.3. Ubicación de los puntos de muestreo

Las muestras de sedimento serán colectadas solamente en los cuerpos de agua lénticos (lagunas) que presenten condiciones para la extracción del sedimento (Anexo 5). Se adicionará el prefijo "SED" a la codificación de los puntos de muestreo de agua para codificar los puntos de sedimento en las lagunas (Tabla 7-7).

Tabla 7-7. Ubicación de los puntos de muestreo de sedimentos

N.º	Sector	Código OEFA	Coordenadas UTM		Altitud (m s.n.m.)	Descripción del punto de muestreo
			WGS84 – zona 17M			
			Este (m)	Norte (m)		
1	Tuyupampa	SED-LCoch1	798426	9221347	3784	Punto ubicado en la laguna Cochecorral, naciente de la quebrada Las Nellas, parte alta del sector Tuyupampa.
2	Quinuayoc	SED-LHuach	796850	9223727	3899	Afloramiento Huchiracocha ubicado en la naciente de la quebrada Quinuayoc, parte alta del sector Quinuayoc.
3		SED-LCaba	796597	9223438	3874	Punto ubicado en la laguna Caballero, parte alta del sector Quinuayoc.
4		SED-LLAren	796846	9223193	3881	Punto ubicado en la laguna Las Arenas aguas arriba de la laguna Señoracocha, parte alta del sector Quinuayoc.
5		SED-LSCoch1	796431	9222819	3790	Punto ubicado en el lado norte de la laguna Señoracocha, parte alta del sector Quinuayoc.
6		SED-LScoch2	796425	9222810	3791	Punto ubicado en el lado sur de laguna Señoracocha, parte alta del sector Quinuayoc.
7	Pampa Grande	SED-LBrav1	798038	9221636	3877	Laguna Brava ubicada a 470 m aproximadamente al sur de la antena de telefonía celular en el sector Pampa Grande.

¹⁷ Agencia de protección ambiental EPA: Technical Manual, Methods for Collection, Storage and Manipulation of Sediments for Chemical and Toxicological Analyses. Recuperado de <https://clu-in.org/download/contaminantfocus/sediments/methods-for-collection-epa-manual.pdf>

¹⁸ Environmental Protection Agency (EPA). Standard Operating Procedure-SOP #2016, Sediment Sampling. Recuperado de https://www.epa.gov/sites/production/files/documents/r8-src_eh-02.pdf.



N.º	Sector	Código OEFA	Coordenadas UTM		Altitud (m s.n.m.)	Descripción del punto de muestreo
			WGS84 – zona 17M			
			Este (m)	Norte (m)		
8		SED- LBrav2	798003	9221605	3875	Laguna Brava, ubicada a 470 m aproximadamente al sur de la antena de telefonía celular en el sector Pampa Grande.

7.1.2.4. Parámetros considerados para la evaluación

Los parámetros considerados para la evaluación de la calidad de sedimento están en relación con la actividad desarrollada en el entorno de las lagunas, y que puede afectar a los cuerpos de agua y la vida acuática evaluada. El parámetro se detalla en la Tabla 7-8.

Tabla 7-8. Parámetros y cantidad de puntos de muestreo de sedimento considerados para la evaluación

N.º	Parámetro	Cantidad de puntos de muestreo	Observaciones
1	Metales totales (incluido mercurio)	9	Evaluados solamente en las lagunas Incluye un duplicado
2	Carbono orgánico total (COT)	8	Evaluados solamente en las lagunas
3	Textura	8	

7.1.2.5. Criterios de evaluación

La evaluación de la calidad de los sedimentos se realizará mediante el análisis comparativo entre las temporadas seca y húmeda.

Asimismo, debido a que no se cuenta con normativa nacional, se tomará de manera referencial los Estándares de la Guía de Calidad Ambiental de Canadá–CEQG (Canadian Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life, 2012) para sedimentos de agua dulce, que tienen valores para siete (7) metales: arsénico total, cadmio total, cobre total, cromo total, mercurio total, plomo total y zinc total.

Estos estándares establecen los valores ISQG (Interim Sediment Quality Guideline), que debajo de estos no se espera efectos biológicos adversos, y los valores PEL (Probable Effect Level), que sobre las cuales se esperan efectos biológicos adversos con frecuencia.

7.1.2.6. Análisis de datos

Los resultados serán digitalizados y ordenados en una base de datos (hojas de cálculo), para luego ser comparados referencialmente, mediante el uso de gráficos de líneas o barras, según los criterios de evaluación presentados en el punto anterior.

a. Análisis por microcuenca

Para cada microcuenca, en ambas temporadas (húmeda y seca), se comparará con los Estándares de la Guía de Calidad Ambiental de Canadá–CEQG referenciales, mediante gráficos de barras y líneas.



b. Evaluación en toda el área evaluada

Se realizará un análisis temporal en toda el área, pero solo en los puntos de las lagunas muestreados en ambas temporadas; para ello, se elaborarán gráficos de barras para aquellos metales que superan de manera referencial los estándares de la Guía de Calidad Ambiental de Canadá—CEQG (Canadian Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life, 2012); y para determinar las diferencias o semejanzas, gráficos de cajas y bigotes.

La evaluación multivariada se realizará mediante el Análisis de Factor (AF) con la matriz de datos correspondientes a los metales (variables) y puntos de muestreo de lagunas comunes (observaciones), para extraer la información de los puntos de muestreo con similares concentraciones, y, por ende, identificar patrones (grupos semejantes) en relación a su origen y comportamiento fisicoquímico.

Los pasos y criterios para realizar el AF son los mismos que se emplearon en los diferentes tipos de agua: afloramientos, ríos, quebradas y lagunas.



7.1.3. Objetivo específico N.º 3: Evaluar las comunidades hidrobiológicas (macroinvertebrados bentónicos, fitoplancton, zooplancton, perifiton y peces) en el área de influencia del proyecto Michiquillay

En los apartados siguientes se presenta información sobre la guía de muestreo para la colecta de muestras hidrobiológicas (macroinvertebrados bentónicos, fitoplancton, zooplancton, perifiton y peces) en ambientes lóticos (ríos y quebradas) y lénticos (lagunas), los puntos de muestreo hidrobiológicos y los criterios para la evaluación de los resultados.

7.1.3.1. Área de estudio

El área para la evaluación de las comunidades hidrobiológicas está delimitada por los cuerpos de agua lóticos (ríos y quebradas) y lénticos (lagunas) ubicados en las áreas de concesión y áreas de influencia ambiental directa e indirecta del proyecto Michiquillay, que están ubicadas en la cabecera de la microcuenca del río La Encañada, que comprenden las unidades hidrográficas menores conformado por los ríos Seco, Michiquillay, Challhuamayo, y las quebradas Quishuar-Quinuayoc, Las Nellas, Jatunsacha y La Toma (las tres últimas quebradas confluyen con la margen derecha del río Quinuamayo) (Anexo 2).

7.1.3.2. Protocolos de muestreo

La metodología aplicada para la evaluación del componente hidrobiológico en los ambientes continentales tuvo como base la guía: "Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados bentónicos) y necton (peces) en aguas continentales del Perú", publicada por el Minam y el Museo de Historia Natural de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (2014)¹⁹.

¹⁹ Unidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM) – Museo de Historia Natural (MHN). 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.



La guía señala los criterios técnicos y lineamientos generales que se aplicarán en la evaluación del componente hidrobiológico, el establecimiento de los puntos de muestreo, los materiales y equipos requeridos para la evaluación, los equipos de protección personal y la preservación de muestras (ver Tabla 7-9).

Tabla 7-9. Protocolo de muestreo para comunidades hidrobiológicas en el área de influencia del proyecto Michiquillay

Componente ambiental	Protocolo	Sección	País	Institución	Dispositivo legal	Año
Plancton	Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú	3	Perú	Minam y Universidad Nacional Mayor de San Marcos	-	2014
Perifiton		4				
Macroinvertebrados bentónicos		5				
Peces		6				



7.1.3.3. Ubicación de los puntos de muestreo

La ubicación de los puntos de muestreo de las comunidades hidrobiológicas será la misma que los puntos de agua superficial, en donde están incluidos los puntos adicionales validados en la visita de reconocimiento, que se consideraron tomando en cuenta la línea base del IGA. Asimismo, se adicionará el prefijo "HIB" a la codificación de los puntos de muestreo de agua superficial para codificar los puntos de las comunidades hidrobiológicas. Estos puntos se presentan en la Tabla 7-10 (Anexo 6).

Tabla 7-10. Ubicación de los puntos de muestreo de las comunidades hidrobiológicas

N.º	Sector	Código OEFA	Coordenadas UTM		Altitud (m s.n.m.)	Descripción del punto de muestreo
			WGS84 – zona 17M			
			Este (m)	Norte (m)		
1	Tuyupampa	HBI-LCoch1	798426	9221347	3784	Punto ubicado en la laguna Cocheccorral, naciente de la quebrada del mismo nombre, parte alta del sector Tuyupampa.
2		HIB-QCoch1	798341	9221127	3778	Punto ubicado en la quebrada Cocheccorral, naciente de la quebrada principal Las Nellas, parte alta del sector Tuyupampa.
3		HIB-QLAgu1	798174	9220922	3751	Punto ubicado en la quebrada Los Agujeros, aproximadamente 250 metros aguas debajo de QCoch1.
4		HIB-Q.Tr.LAgu1	798043	9220714	3728	Punto ubicado en el tributario de la quebrada Los Agujeros, 150 metros aguas arriba de la confluencia con la quebrada Las Nellas.
5		HIB-QLAgu2	798015	9220741	3730	Punto ubicado en la quebrada Los Agujeros, 150 metros antes de la afluencia del tributario Q.Tr.Lagu2.
6		HIB-Q.Tr.LAgu2	798002	9220636	3710	Punto ubicado en la quebrada Los Agujeros antes de la afluencia por el margen izquierdo con la quebrada Las Nellas.
7		HIB-QNel2	796957	9219777	3445	Punto ubicado en la quebrada Las Nellas, aproximadamente a



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

N.º	Sector	Código OEFA	Coordenadas UTM		Altitud (m s.n.m.)	Descripción del punto de muestreo
			WGS84 – zona 17M			
			Este (m)	Norte (m)		
						330 m antes de la confluencia con el río Quinuamayo.
8		HIB-RQuin6	796802	9219551	3413	Punto ubicado en el río Quinuamayo, aproximadamente a 55 m antes de la confluencia quebrada Las Nellas.
9	Rodacochoa	HIB-QCash	794978	9224138	3669	Punto ubicado en la quebrada Cashaquero, aproximadamente a 520 m antes de la confluencia con la quebrada Yanacocha y 3 metros aguas arriba del punto de captación para consumo.
10		HIB-QOxas1	796150	9223675	3796	Punto ubicado en la quebrada Oxa Segana, parte alta del caserío Rodacochoa.
11		HIB-RSeco1	795855	9223402	3771	Punto ubicado en el río Seco, parte alta del caserío Rodacochoa.
12		HIB-RSeco2	795656	9223205	3734	Punto ubicado en el río Seco, aproximadamente a 1,5 km al noreste de la casa comunal del sector Quinuayoc.
13		HIB-RSeco3	794471	9222691	3569	Punto ubicado en el río Seco a 400 m, aproximadamente al norte del local comunal del sector Quinuayoc.
14		HIB-RSeco4	793842	9222134	3485	Punto ubicado en el río Seco, aproximadamente a 50 m aguas arriba de la intersección con la trocha que une los sectores Quinuayoc y Rodacochoa (parte baja).
15		Michiquillay	HIB-RMichi1	798428	9222743	3743
16	HIB-RMichi2		797728	9222447	3709	Punto ubicado en el río Michiquillay, aproximadamente a 512 m al noreste de la antena de telefonía celular, parte alta del sector Michiquillay.
17	HIB-RMichi3		796965	9221825	3703	Punto ubicado en el río Michiquillay, aproximadamente a 5 m aguas arriba de la trocha que une los sectores Michiquillay y Pampa Grande.
18	HIB-RMichi4		795809	9221543	3535	Punto ubicado en el río Michiquillay, aproximadamente a 600 m aguas arriba del Túnel Michiquillay (socavón).
19	HIB-RMichi5		795140	9220359	3385	Punto ubicado en el río Michiquillay a 800 m aguas abajo del Túnel Michiquillay (socavón).
20	HIB-RMichi6		794976	9219905	3328	Punto ubicado en el río Michiquillay, aproximadamente a 340 m antes de la confluencia con el río Quinuamayo.
21		HIB-RQuin7	795020	9219624	3299	Punto ubicado en el río Quinuamayo, aproximadamente a 110 m antes de la confluencia con el río Michiquillay.





PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

N.º	Sector	Código OEFA	Coordenadas UTM		Altitud (m s.n.m.)	Descripción del punto de muestreo
			WGS84 – zona 17M			
			Este (m)	Norte (m)		
22		HIB-RQuin8	794638	9219493	3285	Punto ubicado en el río Quinuamayo, aproximadamente a 300 m después de la confluencia con el río Michiquillay.
23		HIB-RChal2	794471	9219580	3288	Punto ubicado en la quebrada Challhuamayo aproximadamente a 140 m antes de la confluencia con el río La Encañada.
24		HIB-Boom1	795632	9220971	3494	Drenaje del Túnel Michiquillay ubicado en el margen izquierdo del río Michiquillay aproximadamente a 1,030 km al este de la casa comunal del sector Michiquillay.
25	Progreso La Toma	HIB-Q.Tr.QQuin1	799771	9218877	3593	Punto ubicado en el tributario de la quebrada Quinuamayo, aproximadamente a 260 m al suroeste del cementerio del sector Progreso La Toma y a 2 m aguas arriba de la vía afirmada Cajamarca – Celendín.
26		HIB-Q.Tr.QQuin2	799344	9218578	3555	Punto ubicado en la quebrada Quinuamayo, aproximadamente a 510 m al oeste de la I.E N.º 821028 del sector Progreso La Toma y a 2 m arriba de la vía afirmada de Cajamarca - Celendín.
27	Quinuayoc	HIB-LHuach	796850	9223727	3899	Punto ubicado en la laguna Huchiracocha en la parte alta del sector Quinuayoc.
28		HIB-LCaba	796597	9223438	3874	Punto ubicado en la laguna Caballero, parte alta del sector Quinuayoc.
29		HIB-LLAren	796846	9223193	3881	Punto ubicado en la laguna Las Arenas, aguas arriba de la laguna Señoracocha, parte alta del sector Quinuayoc.
30		HIB-LSCoch1	796431	9222819	3790	Punto ubicado en el lado norte de la laguna Señoracocha, parte alta del sector Quinuayoc.
31		HIB-LSCoch2	796425	9222810	3791	Punto ubicado en el lado sur de laguna Señoracocha, parte alta del sector Quinuayoc.
32		HIB-QSCoch1	796342	9222744	3790	Punto ubicado en la quebrada Seca o Señoracocha, aproximadamente a 90 m aguas abajo de la descarga de la laguna Señoracocha.
33		HIB-RChal1	794002	9221037	3394	Punto ubicado en la quebrada Challhuamayo, aproximadamente a 10 m después de la confluencia de las quebradas Quinuayoc y Seca.
34		HIB-QQuish1	796230	9222676	3770	Punto ubicado en la quebrada Quishque, aproximadamente a 210 m aguas abajo de la laguna Señoracocha.
35		HIB-QPer1	795906	9222289	3725	Punto ubicado en la quebrada Las Perlas, aproximadamente a



Handwritten signature and initials in blue ink.



«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

N.º	Sector	Código OEFA	Coordenadas UTM		Altitud (m s.n.m.)	Descripción del punto de muestreo
			WGS84 – zona 17M			
			Este (m)	Norte (m)		
						330 m antes de la confluencia con la quebrada Quishque.
36		HIB-QQuish2	795557	9222362	3652	Punto ubicado en la quebrada Quishque, aproximadamente a 35 m después de la confluencia con la quebrada Las Perlas.
37		HIB-QQuish3	794805	9221939	3573	Punto ubicado en la quebrada Quishque, aproximadamente a 860 m después de la confluencia con la quebrada Las Perlas.
38		HIB-QQuin1	794195	9221387	3457	Punto ubicado en la quebrada Quinuayoc, aproximadamente a 4 m aguas arriba de la trocha que une los sectores.
39	Quinuamayo Alto	HIB-QQuin4	798606	9218577	3520	Punto ubicado en la quebrada La Toma, aproximadamente a 35 m antes de confluir con la quebrada Quinuamayo.
40		HIB-Q.Tr.QQuin3	798572	9218560	3520	Punto ubicado en la quebrada Quinuamayo, antes de confluir con la quebrada La Toma.
41	Quinuamayo Bajo	HIB-QJatun3	798160	9219209	3510	Punto ubicado en la quebrada Jatunsacha, aproximadamente a 360 m antes de la confluencia con la quebrada Quinuamayo.
42		HIB-QQuin5	798169	9218841	3494	Punto ubicado en la quebrada Quinuamayo, aproximadamente a 300 m antes de la confluencia con la quebrada Jatunsacha.
43	Palpata	HIB-RLEnc1	794394	9219433	3277	Punto ubicado en el río La Encañada, aproximadamente a 60 después de la afluencia de la quebrada Challhuamayo.
44		HIB-RLEnc2	794092	9217364	3158	Río la Encañada, aguas arriba del poblado La Encañada, antes de cruce con carretera
45	Pampa Grande	HIB-LBrav1	798038	9221636	3877	Laguna Brava ubicada a 470 m, aproximadamente al sur de la antena de telefonía celular en el sector Pampa Grande.
46		HIB-LBrav2	798003	9221605	3875	Laguna Brava, ubicada a 470 m, aproximadamente al sur de la antena de telefonía celular en el sector Pampa Grande.



7.1.3.4. Parámetros considerados para la evaluación

Los parámetros considerados para la evaluación de las comunidades hidrobiológicas fueron determinados de acuerdo con la revisión de los IGA y la estimación de los especialistas del OEFA.

El análisis será cuantitativo y cualitativo; no obstante, en el caso de los peces, se ha previsto realizar el análisis de metales en tejido muscular. Los parámetros que se evaluarán y la cantidad de puntos de muestreo por cada tipo de ambiente acuático se presentan en la Tabla 7-11.



«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

evaluarán y la cantidad de puntos de muestreo por cada tipo de ambiente acuático se presentan en la Tabla 7-11.

Tabla 7-11. Parámetros y cantidad de puntos de muestreo de comunidades hidrobiológicas considerados para la evaluación

N.º	Parámetros	Cantidad de puntos de muestreo	Observaciones
1	Plancton (fitoplancton y zooplancton)	8	Evaluados en lagunas
2	Perifiton (microalgas y microorganismos)	8	
3	Macroinvertebrados bentónicos	48	Evaluado en todos los cuerpos de agua superficial
4	Peces	48	
5	Metales totales en tejidos de peces (incluido mercurio)	6	Perecible de 48 horas Se evaluarán en las lagunas y ríos



7.1.3.5. Criterios de evaluación

Los resultados de la evaluación de comunidades hidrobiológicas serán comparados con los resultados de los IGA del administrado.

Por otro lado, los metales detectados en músculo se compararán con los límites máximos permisibles (LMP) señalados en el manual "Indicadores o criterios de seguridad alimentaria e higiene para alimentos y piensos de origen pesquero y acuícola" del Organismo Nacional de Sanidad Pesquera (Sanipes)²⁰. El cual referencia a los metales pesados de interés para alimentos en la salud humana como cadmio, mercurio y plomo. Adicionalmente, se compararán los resultados para arsénico con la "Norma general para los contaminantes y las toxinas presentes en los alimentos y piensos (CODEX STAN 193-1995)" del programa conjunto FAO/OMS (2015)²¹, tal como se detalla en la Tabla 7-12.

Tabla 7-12. Rangos de detección y LMP para metales totales en peces

Parámetro	Rangos de detección del laboratorio acreditado por el Inacal	LMP (Sanipes, 2010; Programa conjunto FAO/OMS, 2015)
	mg/kg	
Arsénico	0,005 – 100	0,5*
Cadmio	0,01 – 100	0,05**
Mercurio	0,005 – 100	0,5**
Plomo	0,05 – 100	0,3**

(*) Según el Codex Alimentario Standar 193 (General Standard For Contaminants And Toxins In Food And Feed Adopted In 1995. Revised In 1997, 2006, 2008, 2009. Enmendada en 2010, 2012, 2013, 2014, 2015) (Programa conjunto FAO/OMS, 2015).

(**) Según Manual de Indicadores o Criterios Microbiológicos de Seguridad Alimentaria e Higiene para Alimentos y Piensos de Origen Pesquero y Acuícola (Sanipes, 2010).

Fuente: Elaboración propia

²⁰ Manual de Indicadores o Criterios Microbiológicos de Seguridad Alimentaria e Higiene para Alimentos y Piensos de Origen Pesquero y Acuícola (Sanipes, 2010).

²¹ Codex Alimentario Standar 193 (General Standard for Contaminants and Toxins in Food and Feed Adopted In 1995. Revised In 1997, 2006, 2008, 2009. Enmendada en 2010, 2012, 2013, 2014, 2015) (Programa conjunto FAO/OMS, 2015).



7.1.3.6. Análisis de datos

La evaluación de las comunidades hidrobiológicas consistirá en la caracterización de las estructuras comunitarias del plancton, perifiton, macroinvertebrados bentónicos y peces, la cual incluirá la composición y riqueza de especies, las especies más frecuentes, abundantes y la composición por taxones mayores.

Además, se representará la clasificación taxonómica (división, clase, orden, familia y especie) de todas las comunidades hidrobiológicas. Se evaluará el comportamiento de la distribución de cada comunidad hidrobiológica en términos de riqueza y abundancia, considerándose la categoría taxonómica *phylum* para plancton (fitoplancton y zooplancton) y perifiton (microalgas y microorganismos), y la categoría taxonómica orden para macroinvertebrados bentónicos y peces.

Es necesario indicar que los resultados de abundancia se analizarán basándose en la densidad de la muestra. Para plancton en organismos/L, perifiton en organismos/cm², macroinvertebrados bentónicos en número de organismos por el área evaluada y en peces en base al número de individuos.

Para ello, se utilizará el programa Microsoft Office Excel, donde se sistematizará los nombres y números de cada especie por cada punto de muestreo reportado por los laboratorios, en seguida se elaborarán las representaciones mediante gráficas acumuladas.

a. Análisis por microcuenca

Para cada microcuenca se determinarán los índices comunitarios de diversidad alfa (números de Hill e índice de la equidad de Pielou) y diversidad beta (coeficiente de similitud de Bray Curtis).

a.1. Diversidad alfa

Para la evaluación de diversidad de especies (diversidad alfa) se utilizarán los índices de diversidad verdadera (Números de Hill) en base al número de especies de cada punto de muestreo para cada comunidad hidrobiológica. Para ello, se usará la variable N1 como la modificación del índice Shannon - Winner (H') (Jost, 2006) que tiene como fórmula:

$$N1 = exp(H') \tag{7.6}$$

Donde: H es el índice de Shannon - Winner

Luego, se utilizará la variable N2 como la modificación del índice de Simpson (D) (Jost, 2006) que tiene como fórmula:

$$N2 = \frac{1}{\text{Índice de Simpson}} \tag{7.7}$$

Por otro lado, se desarrollará el índice de equidad de Pielou, el cual mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor varía de 0 a 1, de forma que 1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes (Pielou, 1975)



Handwritten signature and initials 'J.M.' in blue ink.



$$J' = \frac{H'}{H'_{max}} \quad (7.8)$$

Donde: J' es el índice de equidad de Pielou,
H' = índice de diversidad de Shannon-Wiener
H' max = Ln(S)
S = número de especies

a.2. Diversidad beta

Para la evaluación de diversidad beta se utilizará el coeficiente de similitud de Bray Curtis en base a la similitud de especies entre puntos de muestreo para cada comunidad hidrobiológica. Para determinar el índice de Bray Curtis se empleará la fórmula:

$$IBC = 1 - \frac{(\sum xi - yi)}{(\sum xi + yi)} \quad (7.9)$$

Donde: IBC es el índice de Bray Curtis
xi = abundancia o densidad de especies i en un conjunto 1
yi = abundancia de las especies en el otro

Para facilitar el análisis de los valores de similitud de manera visual, se elaborarán dendogramas mediante la unión de pares promedio (Sokal y Michener, 1958; Crisci y López, 1983) utilizando el programa estadístico PAST (Hammer et al. 2001). Esta gráfica resumirá la similitud de las especies entre dos puntos de muestreo.

b. Análisis en toda el área evaluada

Para toda el área de evaluación se determinó la calidad ecológica del agua en las quebradas, el estado trófico de las lagunas evaluadas y la relación entre las variables ambientales y la distribución de las comunidades acuáticas a través del análisis de correspondencia canónica.

b.1. Análisis de correspondencia canónica

Para determinar la relación entre las variables ambientales (físicoquímicas del agua) y la abundancia relativa de macroinvertebrados bentónicos se realizó el análisis de correspondencia canónica (ACC) utilizando el programa estadístico PAST (Hammer et al. 2001). Dicho análisis aportará información importante sobre el porcentaje de variabilidad de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos que puede ser explicado por el efecto de las variables ambientales.

Los datos de abundancia de organismos serán transformados a Log (X+1) para disminuir los efectos de los taxa dominantes; del mismo modo, los datos ambientales, a excepción del pH, también serán transformados a Log (X+1).

b.2. Análisis de bioacumulación de metales en tejido muscular de peces

La bioacumulación es la capacidad de una sustancia de ser concentrada en los organismos a niveles más elevados que los niveles medioambientales existentes, en función del tiempo (Dallinger et al. 1987; Viana, 2001). Por lo tanto, en los peces los mayores niveles de bioacumulación son encontrados en los individuos más longevos,



y por ende de mayor talla. Se realizará hasta ocho colectas de muestras de peces con el objetivo de extraer tejido muscular para analizar el contenido de metales.

b.3. Evaluación de la calidad ecológica en las quebradas

b.3.1. Bioindicadores de calidad de agua

Roldán (2003) define un organismo indicador cuando este se encuentra invariablemente en un ecosistema de características definidas y cuando su población es porcentualmente superior o ligeramente similar al resto de los organismos con los que comparte el mismo hábitat. A continuación, se detalla el índice ecológico que se empleará para el análisis, sobre la base de la evaluación del estado de las comunidades hidrobiológicas.

❖ **Índice de calidad ecológica**

La evaluación de calidad ecológica de las quebradas se realizará tomando como base metodológica el "Protocolo simplificado y guía de evaluación de la calidad ecológica de los ríos andinos (CERA-S)" (Encalada et al. 2011). Para su aplicación, se elegirá en el sitio de muestreo un tramo que mida entre 50 y 100 m de longitud, en el cual se observarán y valorarán dos grupos de variables:

- Las características hidromorfológicas incluye las observaciones de vegetación de ribera, paisaje próximo al río y algunos elementos del canal como su forma y sustrato que permitirán estimar la calidad hidromorfológica.
- La composición de los macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo y el respectivo valor de tolerancia de cada orden taxonómico por el que se estimará la calidad biológica.

La calidad hidromorfológica se estimará a partir de la observación de ocho características hidromorfológicas, las cuales son listadas a continuación.

- i. Estructura y naturalidad de la vegetación de ribera
- ii. Continuidad de la ribera
- iii. Conectividad de la vegetación de ribera con otros elementos del paisaje
- iv. Presencia de basuras y escombros
- v. Naturalidad del canal fluvial
- vi. Composición del sustrato
- vii. Regímenes de velocidad y profundidad del río
- viii. Elementos de heterogeneidad

Una vez obtenidas las puntuaciones para cada característica hidromorfológica, se procederá a obtener una sumatoria de todas ellas, con la finalidad de tener un solo valor por punto de muestreo. Finalmente, para obtener el respectivo valor de calidad hidromorfológica, estos valores serán comparados con la escala de la Tabla 7-13.



Handwritten signature and initials.



«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

Tabla 7-13. Calidad hidromorfológica del río

Clase	Puntuación	Calidad Hidromorfológica
1	> 35	Excelente
2	28 - 35	Buena
3	20 - 28	Moderada
4	10 - 20	Mala
5	0 - 10	Pésima

Fuente: Ríos-Touma et al. 2014

La calidad biológica del agua se estimará a través del índice biótico *Andean Biotic Index* (Ríos-Touma et al. 2014), el cual fue desarrollado para evaluar la calidad de agua de ríos alto andinos ubicados a más de 2000 m de altitud. Este índice estima la calidad del agua atribuyendo a cada familia taxonómica presente en una muestra un valor de intolerancia que varía de 0 a 10 (Acosta et al. 2009), como se observa en la Tabla 7-14.

Tabla 7-14. Puntuación por familia de macroinvertebrados bentónicos de acuerdo con el índice ABI

Taxa	Puntaje	Taxa	Puntaje	Taxa	Puntaje
Helicopsychidae	10	Libellulidae	6	Baetidae	4
Calamoceratidae	10	Coenagrionidae	6	Belostomatidae	4
Odontoceridae	10	Hyaletidae	6	Dixidae	4
Anomalopsychidae	10	Turbellaria	5	Dolichopodidae	4
Leptophlebiidae	10	Ptilodactylidae	5	Stratiomyidae	4
Oligoneuridae	10	Lampyridae	5	Empididae	4
Polythoridae	10	Psephenidae	5	Hirudinea	3
Perlidae	10	Scirtidae	5	Physidae	3
Gripopterygidae	10	Elmidae	5	Hydrobiidae	3
Blepharoceridae	10	Dryopidae	5	Limnæidae	3
Athericidae	10	Hydraenidae	5	Planorbidae	3
Leptoceridae	8	Simuliidae	5	Sphaeriidae	3
Polycentropodidae	8	Tipulidae	5	Ostracoda	3
Hydroptilidae	6	Veliidae	5	Staphylinidae	3
Xiphocentronidae	8	Gerridae	5	Gyrinidae	3
Hydrobiosidae	8	Corixidae	5	Dytiscidae	3
Gomphidae	8	Notonectidae	5	Hydrophilidae	3
Calopterygidae	8	Hydropsychidae	5	Psychodidae	3
Philopotamidae	8	Naucoridae	5	Chironomidae	2
Glossosomatidae	7	Pyrallidae	4	Culicidae	2
Leptohyphidae	7	Tabanidae	4	Muscidae	2
Limnephilidae	7	Limoniidae	4	Ephydriidae	2
Ancylidae	6	Ceratopogonidae	4	Oligochaeta	1
Aeshnidae	6	Hydracarina	4	Syrphidae	1

Fuente: Acosta et al. 2009.

Luego, los valores de intolerancia hallados por todas las familias presentes en la muestra son sumados, obteniéndose un valor final que es comparado con las puntuaciones de la Tabla 7-15.

Tabla 7-15. Valoración de la calidad biológica con el índice ABI

Clase	Puntuaciones	Calidad Biológica
1	> 74	Excelente
2	45 - 74	Buena
3	27 - 44	Moderada
4	11 - 26	Mala
5	< 11	Pésima

Fuente: Ríos-Touma et al. 2014



La calidad ecológica se obtendrá combinando las valoraciones de calidad hidromorfológica y de calidad biológica. Por ejemplo: si el resultado de combinar las dos evaluaciones es azul, entonces la calidad ecológica del río es excelente; si es verde, es buena; si es amarilla, es moderada; si es naranja, es mala; y, por último, si es roja, es pésima. Otras combinaciones también son posibles (Tabla 7-16).

Tabla 7-16. Escala de calidad ecológica de un río

Indicador		Calidad biológica				
		Excelente	Buena	Moderada	Mala	Pésima
Calidad hidromorfológica	Excelente	Excelente	Buena	Moderada	Mala	Pésima
	Buena	Buena	Buena	Moderada	Mala	Pésima
	Moderada	Buena	Moderada	Moderada	Mala	Pésima
	Mala	Mala	Moderada	Moderada	Mala	Pésima
	Pésima	Moderada	Mala	Mala	Pésima	Pésima

Fuente: Ríos-Touma et al. 2014

c. Evaluación del estado trófico de las lagunas

El estado trófico es un concepto fundamental en la gestión de los cuerpos de agua lénticos (lagos, lagunas y embalses), pues describe la relación entre la cantidad de nutrientes y el crecimiento de la materia orgánica en estos. La eutrofización es el proceso de cambio de un estado trófico a otro de nivel superior por adición de nutrientes, si bien se produce en forma natural, puede estar asociada a fuentes antropogénicas de nutrientes o actividades ganaderas (Moreno et al. 2010).

La eutrofización como proceso de origen antrópico va deteriorando su calidad, añadiendo mayores cantidades de nutrientes que son elementos esenciales para el crecimiento de organismos, principalmente nitrógeno (N), fósforo (P) y materia orgánica (MO); lo cual enriquece en nutrientes a los sistemas acuáticos, pero limita el oxígeno (Moreno et al. 2010).

Con el objetivo de conocer el estado trófico de las lagunas evaluadas, se usará un índice propuesto por Carlson (1977), el cual varía entre 0 y 100; es decir, de oligotrófico a hipereutrófico (Tabla 7-17). Este índice puede determinarse a partir de parámetros como la concentración de clorofila *a* (Clorf *a*), fósforo total (Pt) y transparencia. Las fórmulas para estimar el grado de eutrofización se muestran en la Tabla 7-18.

Tabla 7-17. Escala de valores del estado trófico en los cuerpos de agua

Estado de eutrofia	TSI	D _s (m)	P _t (mg/m ³)	Clorf <i>a</i> (mg/m ³)
Oligotrófico (TSI < 30)	0	64	0.75	0.04
	10	32	1.5	0.12
	20	16	3	0.34
	30	8	6	0.94
Mesotrófico (30 < TSI < 60)	40	4	12	2.6
	50	2	24	6.4
	60	1	48	20
Eutrófico (60 < TSI < 90)	70	0.5	96	56
	80	0.25	192	154
	90	0.12	384	427
Hipereutrófico (90 < TSI < 100)	100	0.06	768	1183
Relación de los parámetros de eutrofización.		$\frac{TSI_{D_s}}{2}$	$2 \times TSI_{P_t}$	$\sqrt{7.8 TSI_{Clorf a}}$

Fuente: Moreno et al. 2010

**Tabla 7-18.** Fórmulas para estimar el estado trófico aplicando los indicadores de eutrofia

Parámetro de eutrofización	Carlson (1977; 1980)	Aizaki <i>et al.</i> (1981)
Claridad del agua (D_s) (m)	$TSI_{D_s} = 60 - 14,41Ln(D_s)$	$TSI_{D_s} = 10 \times (2,46 + \frac{3,76 - 1,57Ln(D_s)}{Ln2,5})$
Fosforo total (P_t) (mg/l)	$TSI_{P_t} = 14,42Ln(P_t) + 4,15$	$TSI_{P_t} = 10 \times (2,46 + \frac{6,68 - 1,15Ln(P_t)}{Ln2,5})$
Clorofila a (Clorof a) (mg/m ³)	$TSI_{Clorofa} = 9,81Ln(Clorofa) + 30,6$	$TSI_{Clorofa} = 10 \times (2,46 + \frac{Ln(Clorofa)}{Ln2,5})$

Fuente: Moreno et al. 2010

d. Efecto de la temporalidad

Para determinar el efecto de la temporalidad sobre la riqueza y abundancia de cada comunidad hidrobiológica se realizará análisis exploratorios a través de diagramas de cajas para verificar parámetros sin/con superposición de los cuartiles, donde los parámetros que presentaron ninguna o una mínima superposición reflejaron los cambios de este parámetro en las temporadas evaluadas, a diferencia de los parámetros que presentaron superposición de cuartiles, los que no reflejaron ningún cambio.

Para confirmar si los análisis gráficos fueron estadísticamente diferentes, será realizado un análisis Test t-Student ($p < 0,05$), luego de probar los presupuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas (Test de Levene). Cuando los presupuestos no fueron cumplidos, será realizado un Test t-Student para varianzas separadas ($p < 0,05$). Todos los análisis descritos serán realizados en el programa STATISTICA 12 (StatSoft, Tulsa, OK 74104), 2014.

Para visualizar la existencia de patrones que denoten diferencias entre la temporada seca y lluviosa, se realizará un análisis de componentes principales (ACP) en el programa PC-Ord 5 (Grandin, 2006) con los valores de riqueza y abundancia obtenidos en cada uno de los puntos de muestreo en lagunas y quebradas.

Para determinar los componentes principales retenidos por el análisis, será utilizada la aleatoriedad obtenida por el modelo del paloquebrado (broken-stick model) con corte 0,7. Posteriormente, para verificar si la diferencia observada en el PCA fue significativa ($p < 0,05$), se realizará un análisis multivariado de permutación de varianzas (PERMANOVA) con 9999 replicaciones, usando el programa PRIMER 6 con PERMANOVA+ (Clarke & Gorley, 2006).

7.1.4. Objetivo específico N.º 4: Determinar la calidad del suelo en el área de influencia del proyecto Michiquillay

Para el cumplimiento de este objetivo, se realizará el análisis de parámetros de calidad de suelo en el área de influencia del proyecto Michiquillay, según se describe a continuación:

7.1.4.1. Área de estudio

El área para la evaluación de suelos está delimitada por las áreas de concesión y áreas de influencia ambiental directa e indirecta del proyecto Michiquillay, las que están ubicadas en la cabecera de la microcuenca del río La Encañada. La evaluación se enfocará en la unidad hidrográfica menor Michiquillay en el sector del mismo nombre, en donde se encuentran los pasivos mineros. Mientras que en las demás



áreas se determinará un mínimo de puntos en función de la geología y el uso de suelos (Anexo 2).

7.1.4.2. Protocolos de muestreo

El muestreo de calidad de suelos considerará lo establecido en las guías y los protocolos de muestreo que se detallan en la Tabla 7-19.

Tabla 7-19. Guías y protocolos de muestreo que se usarán para evaluar la calidad de suelo en el área de influencia del proyecto Michiquillay

Componente Ambiental	Protocolo	Sección	País	Institución	Dispositivo legal	Año
Suelo	Guía para Muestreo de Suelos	Sección 1.3. Tipos de muestre, sección 5. Determinación de puntos de muestreo y anexo N.º 2 del documento	Perú	Ministerio del Ambiente - Minam	Resolución Ministerial N.º 085-2014-MINAM	2014
	Guía para la Elaboración de Planes de Descontaminación de Suelos	Sección 1. Fase de Identificación		Ministerio del Ambiente - Minam	Resolución Ministerial N.º 085-2014-MINAM	2014
	Manual de Lineamientos y Procedimientos para la elaboración y evaluación de Informes de Identificación de Sitios Contaminados	Parte A del manual		Ministerio del Ambiente - Minam	Portal del MINAM www.minam.gob.pe	2015

7.1.4.3. Ubicación de los puntos de muestreo

Con base en la guía y manual descritos en el ítem anterior, se determinaron las zonas y puntos de muestro de calidad de suelo (Tabla 7-20) para la determinación de zonas con mayor potencial de afectación por los futuros componentes mineros (tajo, depósito de desmonte) (Anexo 7).

Tabla 7-20. Ubicación de las zonas de evaluación del componente suelo en el área de influencia del proyecto Michiquillay

N.º	Código	Coordenadas UTM WGS 84*			Sector	Área (hectárea)*	Mínima cantidad de puntos
		Zona 17M					
		Este (m)	Norte (m)	Altitud (m s.n.m.)			
1	Zona I	794072	9222698	3560	Rodacocha	---	10
2	Zona II	794690	9220761	3440	Michiquillay	---	40
3	Zona III	798628	9218424	3543	Quinuamayo Alto	---	10
4	Zona IV	798068	9218793	3502	Quinuamayo Bajo	---	10
5	Zona V	796753	9220389	3593	Pampa Grande	---	10
6	Zona VI	797527	9219681	3521	Tuyupampa	---	10
7	Zona VII	799891	9218647	3603	Progreso La Toma	---	10



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

N.º	Código	Coordenadas UTM WGS 84* Zona 17M			Sector	Área (hectárea)*	Mínima cantidad de puntos
		Este (m)	Norte (m)	Altitud (m s.n.m.)			
8	Zona VIII	796055	9217579	3437	Usnio	---	10
9	Zona IX	795264	9221971	3654	Quinuayoc	---	10
10	Zona X	792486	9219996	3604	Sogorón Alto	---	10

* A determinar en campo.

7.1.4.4. Parámetros considerados para la evaluación

Para la selección de los parámetros correspondientes a la evaluación de suelos, se priorizaron los relacionados con las actividades de explotación y beneficio de yacimientos mineros polimetálicos, así como parámetros adicionales que permitan la interpretación de los resultados (ver Tabla 7-21).

Tabla 7-21. Número de puntos y parámetros de calidad de suelos que serán evaluados en el área de influencia del proyecto Michiquillay

N.º	Parámetros	N.º de puntos de muestreo	Observaciones
1	Metales totales por ICP (incluido Hg)	130	-
2	Textura	130	-
3	Materia orgánica	130	-
4	pH	130	-

7.1.4.5. Criterios de evaluación

Los resultados del muestreo de suelos serán comparados —según su uso²²— con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Suelos (en adelante, ECA para Suelos). Mientras que los resultados que no cuentan con estándar nacional, serán comparados con los valores²³ de la Norma Canadiense de Calidad del Suelo para la Protección de la Salud del Medio Ambiente y los Humanos («Canadian Soil Quality Guidelines for the Protection of Environmental and Human Health, 2007»).

7.1.4.6. Análisis de datos

El análisis de datos se realizará de la siguiente manera:

Primero, los resultados de laboratorio se sistematizarán por metal. Posteriormente se identificarán los valores que estén por debajo del límite inferior de cuantificación (valores censurados) y los valores perdidos, los cuales serán remplazados por valores estimados mediante el uso del programa R-Studio.

Segundo, los datos que estuvieron por debajo del límite de cuantificación se procesarán mediante un método estadístico robusto (Kaplan-Meier, 1958), que sustituya los valores no detectados con valores que coincidieron con la distribución del conjunto de datos.

Finalmente, se determinará el comportamiento de cada variable (metal) mediante el tratamiento estadístico univariante²⁴ del conjunto de datos por tipo de suelo y por tipo de metal, todo ello con el uso del software ProUCL 5.0, de la Agencia de Protección

²² Minam - Ministerio del Ambiente, publica el Decreto Supremo 011-2017-MINAM, donde se aprueba los Estándares de Calidad Ambiental para Suelo, donde define los términos referentes al término suelo.

²³ Elementos potencialmente tóxicos (EPT), según el Canadian Council of Ministers of the Environment, 2007.

²⁴ El tratamiento estadístico univariante consiste en un análisis descriptivo de cada una de las variables, mediante la estimación de estadísticos de tendencia central, distribución de frecuencias y estadísticos de dispersión.



Ambiental de los Estados Unidos (USEPA), con la finalidad de obtener los valores de nivel de fondo y referencia.

Las variables analizadas serán: aluminio (Al), antimonio (Sb), arsénico (As), bario (Ba), berilio (Be), bismuto (Bi), boro (B), cadmio (Cd), calcio (Ca), cobalto (Co), cobre (Cu), cromo (Cr), estaño (Sn), estroncio (Sr), fósforo (P), hierro (Fe), litio (Li), magnesio (Mg), manganeso (Mn), mercurio (Hg), molibdeno (Mo), níquel (Ni), plata (Ag), plomo (Pb), potasio (K), selenio (Se), silicio (Si), sodio (Na), talio (Tl), titanio (Ti), vanadio (V) y zinc (Zn).

7.1.5. Objetivo específico N.º 5: Determinar el contexto geológico en el área de influencia del proyecto Michiquillay

La caracterización geológica en el área de influencia del proyecto Michiquillay consistirá en la descripción litológica, estructural, de alteraciones y de la mineralización en zonas aledañas a los futuros componentes mineros y los pasivos mineros.

7.1.5.1. Área de estudio

El área para la evaluación del contexto geológico está delimitada por las áreas de concesión y áreas de influencia ambiental directa e indirecta del proyecto Michiquillay, las que están ubicadas en la cabecera de la microcuenca del río La Encañada. La evaluación se enfocará en la unidad hidrográfica menor Michiquillay en el sector del mismo nombre, en donde se encuentran los pasivos mineros. Mientras que en las demás áreas se determinará un mínimo de puntos en función de la geología y el uso de suelos (Anexo 2).

7.1.5.2. Guías utilizadas para la evaluación

Los estándares o protocolos empleados para la caracterización geológica pertenecen a los servicios geológicos de Perú, Colombia y los Estados Unidos; además se siguieron las recomendaciones de otras guías y manuales. Todos estos procedimientos están listados en la Tabla 7-22.

Tabla 7-22. Referencias para la caracterización geológica

Referencia	Sección	País	Institución o autor	Año
Manual de estándares de cartografía para la digitalización de los mapas geológicos CGN a escala 1:100 000	Todas	Perú	Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (Ingemmet)	2016
Basic Geological Mapping	Todas	Reino Unido	Richard J. Lisle, Peter Brabham, y John Barnes	2011
Geological field techniques	Todas	Reino Unido	Angela L. Coe, Tom W. Argles, David A. Rothery y Robert A. Spicer	2010
FGDC Digital Cartographic Standard for Geological Map Symbolization	Todas	EE. UU.	Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS, en inglés <i>United States Geological Survey</i>)	2006
Geological Structures and Maps	Todas	Reino Unido	Richard J. Lisle	2004
Estándares cartográficos y de manejo de información gráfica para mapas geológicos	Todas	Colombia	Servicio Geológico Colombiano (Ingeominas)	2001



7.1.5.3. Ubicación de puntos

La caracterización geológica se realizará en el área de influencia ambiental del proyecto Michiquillay. Los puntos de observación geológica (POG) se ubicaron en zonas asociadas a los componentes mineros proyectados (tajo, depósito de desmonte, poza de relaves, planta y depósitos de material orgánico y excedente), y a los componentes ambientales (puntos de agua superficial, agua subterránea, suelos en áreas de potencial afectación —APA—).

7.1.5.4. Parámetros y método de análisis

Las mediciones y descripciones macroscópicas de los afloramientos rocosos se realizarán *in situ*, en donde se tomarán datos de rumbo/azimut, buzamiento y dirección de buzamiento de estratos (EN), fallas geológicas (FA), diaclasas (DI), fracturas (FR), estructuras geológicas (EG: diques y venillas). La descripción macroscópica consistirá en determinar la litología, los minerales de alteración, y los minerales primarios, secundarios y accesorios.

7.1.5.5. Análisis de datos

Mapa geológico local

Los datos que se obtendrán en el cartografiado de campo serán interpretados y plasmados en un mapa geológico local en el programa ArcGIS 10.3. Además, se generará secciones geológicas a escala 1:10 000 usando la litología de perforaciones de los IGA, con la intención de conocer la disposición estratigráfica de las rocas en profundidad.

Relación con los puntos de muestreo de agua subterránea

La caracterización geológica permitirá entender la asociación entre la mineralogía de las rocas y los parámetros físicos (pH, CE y OD) y químicos de las aguas subterráneas, además de conocer las características hidroquímicas y el contexto hidrogeológico en función a las estructuras y la litopermeabilidad.

7.1.6. Objetivo específico N.º 6: Evaluar la flora silvestre asociada a los ecosistemas frágiles (bofedales y lagunas) en el área de influencia del proyecto Michiquillay

Para el cumplimiento de este objetivo específico, se realizará la caracterización y evaluación de la flora silvestre asociada a las lagunas y bofedales en el área de influencia del proyecto Michiquillay.

7.1.6.1. Área de estudio

El área de estudio comprende los ecosistemas frágiles (bosques relictos) y zonas de cultivo identificados en el área de influencia del proyecto Michiquillay.

Los ecosistemas frágiles en los que se realizará la evaluación de flora silvestre serán determinados de acuerdo con la información establecida en los IGA del proyecto y en las imágenes satelitales de libre acceso de Google Earth, para luego ser validados y seleccionados durante la visita de reconocimiento de flora y fauna silvestre (Anexo 2).

**7.1.6.2. Protocolos de muestreo**

Las guías y protocolos que se utilizarán para la evaluación de flora silvestre se detallan en la Tabla 7-23.

Tabla 7-23. Protocolos para la evaluación de flora silvestre en el área de influencia del proyecto Michiquillay

Componente ambiental	Protocolo	Sección	País	Institución	Dispositivo legal	Año
Flora silvestre	Guía de Inventario de la Flora y Vegetación	Todas	Perú	Minam	R.M. N° 059-2015-MINAM	2015
	Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal.	Todas	Bolivia	Bolfor	Mostacedo y Fredericksen	2000

7.1.6.3. Ubicación de las zonas de evaluación

En la Tabla 7-24 se detallan las zonas de evaluación para el componente flora silvestre. Cabe precisar que las coordenadas finales de los transectos se definirán durante la evaluación en campo (Anexo 8).

Tabla 7-24. Ubicación de las zonas de evaluación de flora silvestre

N.º	Código	Coordenadas UTM WGS 84*			Sector
		Zona 17M			
		Este (m)	Norte (m)	Altitud (m s.n.m.)	
1	Zona I	794072	9222698	3560	Rodacocha
2	Zona II	794690	9220761	3440	Michiquillay
3	Zona III	798628	9218424	3543	Quinuamayo Alto
4	Zona IV	798068	9218793	3502	Quinuamayo Bajo
5	Zona V	796753	9220389	3593	Pampa Grande
6	Zona VI	797527	9219681	3521	Tuyupampa
7	Zona VII	799891	9218647	3603	Progreso La Toma
8	Zona VIII	796055	9217579	3437	Usnio
9	Zona IX	795264	9221971	3654	Quinuayoc
10	Zona X	792486	9219996	3604	Sogorón Alto

7.1.6.4. Parámetros considerados para la evaluación

Posterior a la visita de reconocimiento de flora y fauna silvestre (luego de la validación y selección) se caracterizará la flora silvestre, según se detalla en la Tabla 7-25.

Tabla 7-25. Parámetros y cantidad de zonas de evaluación para flora silvestre considerados para la evaluación

N.º	Parámetros	Cantidad de zonas de evaluación	Observaciones
1	Diversidad	10	El número de sectores donde se establecerán las parcelas o transectos dependerá de las dimensiones del bosque, bofedal o laguna evaluados
2	Composición florística		
3	Riqueza de especies		
4	Abundancia		
5	Densidad		
6	Similitud florística		



7.1.6.5. Criterios de evaluación

Los resultados de la evaluación de la flora silvestre serán comparados con los resultados de los IGA del administrado.

Además, se realizará la identificación de especies protegidas sobre la base de la última recategorización de flora silvestre para el Perú, realizada por el Instituto Nacional de Recursos Naturales (Decreto Supremo N.º 043-2006-AG). Adicionalmente, se tomará en cuenta la Resolución Ministerial N.º 505-2016-MINAGRI, que aprueba la "Lista de clasificación oficial de especies de flora silvestre categorizadas como amenazadas"; se debe tomar en cuenta que esta clasificación incrementa la cantidad de especies protegidas y presenta modificaciones en las categorías para ciertas especies.

Además, se tomará en cuenta las categorías determinadas por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN, 2017) para la clasificación de especies, sobre la base de criterios que determinan su estatus de conservación. Estas categorías son extinto (EX), extinto en estado silvestre (EW), en peligro crítico (CR), en peligro (EN), vulnerable (VU), casi amenazado (NT), preocupación menor (LC), menor riesgo o casi amenazado (LR), datos insuficientes (DD) y no evaluado (NE). Las especies listadas en las categorías CR, EN y VU se consideran "amenazadas".

Finalmente, el registro de especies identificadas se comparará con la lista de especies incluida en los apéndices de la convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestres (CITES, 2017).

7.1.6.6. Análisis de datos

Los especímenes colectados serán determinados siguiendo el sistema de clasificación del Grupo Filogenético de las Angiospermas - APG IV (The Linnean Society of London, Botanical Journal of the Linnean Society, 2016) y determinados siguiendo el sistema de clasificación según el sistema del Grupo Filogenético de las Angiospermas - APG III. (Judd et al. 1999).

Se utilizarán las claves taxonómicas de Gentry (1993), Vásquez y Rojas 2004; luego se procederá a comparar con las excicatas del Herbario Vargas CUZ; además, se revisará virtualmente en la página del Missouri Botanical Garden y el Field Museum of Chicago, para constatar las recientes actualizaciones taxonómicas. Finalmente, se depositarán en el Herbario Vargas CUZ de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.

7.1.7. Objetivo específico N.º 7: Evaluar la fauna silvestre (anfibios, reptiles, aves y mamíferos) asociada a los ecosistemas frágiles (bofedales y lagunas) y otros habitats en el área de influencia del proyecto Michiquillay

Para el cumplimiento de este objetivo específico, se realizará la caracterización y evaluación de la fauna silvestre (anfibios, reptiles, aves y mamíferos) asociada a las lagunas y bofedales, y otros hábitats en el área de influencia del proyecto Michiquillay.

**7.1.7.1. Área de estudio**

El área de estudio comprende a los ecosistemas frágiles (bofedales, lagunas y bosques relictos), pajonales y zonas de cultivo identificados en el área de influencia del proyecto Michiquillay (Anexo 2).

Los ecosistemas frágiles en los que se realizará la evaluación de fauna silvestre serán determinados de acuerdo con la información establecida en los IGA del proyecto y en las imágenes satelitales de libre acceso de Google Earth, para luego ser validados y seleccionados en la visita de reconocimiento de flora y fauna.

7.1.7.2. Protocolos de muestreo

Para la evaluación de la fauna silvestre se utilizan los lineamientos establecidos en la Guía de inventario de la fauna silvestre, publicada y aprobada por el Ministerio del Ambiente (Minam, 2015)²⁵, así como guías o manuales nacionales e internacionales para cada componente evaluado.

La Tabla 7-26 presenta los detalles del procedimiento estandarizado para la evaluación de fauna silvestre.

Tabla 7-26. Manuales referenciales para la evaluación de fauna silvestre

Componente ambiental	Protocolo	Sección	País	Institución	Dispositivo legal	Año
Anfibios y reptiles	Guía de inventario de la fauna silvestre	Capítulo 5	Perú	Minam	R.M. N° 057-2015-MINAM	2015
	Phylogeny and biogeography of a large radiation of Andean lizards (Iguania, Stenocercus)	Todas (311-326 p)	Sudamérica	Zoológica Scripta, 36(4)	Torres-Carvajal, O	2007
	Lista preliminar de los anfibios del Perú.	Todas (1-22 p)	Perú	Museo de Historia Natural. UNMSM	Rodríguez, L. B.; Córdova, J. H. E Icochea, J.	1993
	Terrestrial breeding frogs (Strabomantidae) in Peru	Todas (382 p)	Perú	NTV Science. Germany	Duellman W. E. y Lehr, E.	2009
Aves	Guía de inventario de la fauna silvestre	Capítulo 6	Perú	Minam	R.M. N° 057-2015-MINAM	2015
	Field Guide Bird of Peru, Revised and Updated Edition	Todas	Perú	Princeton University Press	Thomas S. Schulenberg, Douglas F. Stotz, Daniel F. Lane, John P. O'Neill & Theodore A. Parker III	2010
Mamíferos	Guía de inventario de la fauna silvestre	Capítulo 4	Perú	Minam	R.M. N° 057-2015-MINAM	2015

²⁵

Aprobada con Resolución Ministerial N.° 057-2015-MINAM por la Dirección General de Evaluación, Valoración y Financiamiento del Patrimonio Natural del Ministerio del Ambiente – MINAM. 2015.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

Componente ambiental	Protocolo	Sección	País	Institución	Dispositivo legal	Año
	Manual de fototrampeo	Todo	Colombia	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	-	2012

7.1.7.3. Ubicación de las zonas de evaluación

En la Tabla 7-27 se detallan las zonas de evaluación para el componente fauna silvestre, donde se realizará la evaluación de anfibios, reptiles, aves y mamíferos (Anexo 8). Cabe precisar que las coordenadas finales se definirán durante la evaluación en campo.



Tabla 7-27. Ubicación de las zonas de evaluación de fauna silvestre

N.º	Código	Coordenadas UTM WGS 84*			Sector
		Zona 17M			
		Este (m)	Norte (m)	Altitud (m s.n.m.)	
1	Zona I	794072	9222698	3560	Rodacocha
2	Zona II	794690	9220761	3440	Michiquillay
3	Zona III	798628	9218424	3543	Quinuamayo Alto
4	Zona IV	798068	9218793	3502	Quinuamayo Bajo
5	Zona V	796753	9220389	3593	Pampa Grande
6	Zona VI	797527	9219681	3521	Tuyupampa
7	Zona VII	799891	9218647	3603	Progreso La Toma
8	Zona VIII	796055	9217579	3437	Usnio
9	Zona IX	795264	9221971	3654	Quinuayoc
10	Zona X	792486	9219996	3604	Sogorón Alto

7.1.7.4. Parámetros considerados para la evaluación

Los parámetros que se evaluarán en las comunidades de fauna silvestre (anfibios, reptiles, aves y mamíferos) serán composición taxonómica (especies), riqueza de especies, abundancia (número de individuos), diversidad alfa y diversidad beta. Estos parámetros se obtendrán de una evaluación cuantitativa y cualitativa (Tabla 7-28).

Tabla 7-28. Parámetros y cantidad de zonas de evaluación para fauna silvestre considerados para la evaluación

N.º	Parámetros		Cantidad de zonas de evaluación	Observación		
				Anfibios y reptiles	Aves	Mamíferos
1	Composición de especies		10	x	x	x
2	Riqueza de especies		10	x	x	x
3	Abundancia		10	x	x	x
4	Índices de diversidad (alfa y beta)	Índice de Shannon - Winnner (H')	10	x	x	x
5		Índice de Simpson (1-D)	10	x	x	x
6		Índice de Morisita	10	-	x	-

7.1.7.5. Criterios de evaluación

Los resultados de la evaluación de la fauna silvestre serán comparados con los resultados de los IGA del administrado.

En cuanto a los anfibios y reptiles, las especies endémicas de Perú se determinarán mediante la revisión de bibliografía especializada, como las descripciones originales



«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

de especies o aquellas que indiquen la ampliación de rango. Adicionalmente, se consultarán bases de datos en línea como *Reptile Database* (Uetz & Hošek, 2017), *Amphibian species of the world* (Frost, 2017), *Amphibiaweb* (2018) y la página de la Lista Roja de especies amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN, 2017).

Para aves, las especies endémicas y migratorias del Perú se determinarán según Schulenberg et al. (2010) y Plenge (2014), y las especies endémicas de los Biomas se determinarán según Stolz, Fitzpatrick, Parker III & Moskovits (1996).

Para determinar las especies endémicas de mamíferos, se utilizará la publicación de Pacheco et al. (2009), sobre diversidad y endemismo de los mamíferos del Perú.

Para determinar las especies amenazadas de fauna silvestre (anfibios, reptiles, aves y mamíferos), se contrastará con la categorización de especies amenazadas del Estado peruano (D. S. N.º 004-2014-MINAGRI) y con la clasificación internacional según IUCN (2017). Asimismo, se listará las especies incluidas en los apéndices de la Convención Internacional sobre el Comercio de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre (CITES, 2017) y las especies incluidas en los apéndices de la Convención sobre la conservación de las especies migratorias (CMS, 2015).



7.1.7.6. Análisis de datos

La información obtenida de los muestreos de campo será analizada de acuerdo a los métodos cuantitativos o cualitativos estándares para las evaluaciones ecológicas. Para la fauna silvestre se realizarán los siguientes análisis de datos:

Tabla 7-29. Cálculos para el análisis de fauna

N.º	Cálculo	Observaciones
1	Composición de especies	Determinación taxonómica: Anfibios y reptiles:
2	Riqueza de especies	- Peters y Donoso-Barros, 1979; Rodríguez et al., 1993; Colecciones científicas de referencia (Departamento de Herpetología del Museo de Historia Nacional de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos y del Museo de Historia Nacional de San Antonio de Abad del Cusco).
		Aves: - Guía de campo para aves (Schulenberg et al., 2010) y Listado de aves según la clasificación de Plenge, 2017). Mamíferos: - Wilson et al., 1996; Krebs et al., 2008. - Descripciones científicas y bases de datos internacionales; otros.
3	Abundancia	-
4	Índices de diversidad	- Índice de Shannon Wiener (H') - Índice de Simpson (1-D) - Índice de Morisita
5	Evaluación de las cámaras trampa	- Programa Camera Base en el programa Access (Tobler, 2013)



8. ASPECTOS ADMINISTRATIVOS

La evaluación de campo se ejecutará para tres salidas, para lo cual se listan los siguientes requerimientos:



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

8.1. Equipo evaluador

Para el cumplimiento de las actividades establecidas en el presente plan de evaluación ambiental, se requerirá un equipo multidisciplinario compuesto por profesionales especializados, los cuales se detallan en la Tabla 8-1.

Tabla 8-1. Profesionales requeridos para el cumplimiento del Plan de Evaluación Ambiental

N.º	Etapa de la evaluación ambiental	Profesional	Cantidad de personal	Labor
1	Ejecución de muestreo de agua superficial, agua subterránea y comunidades hidrobiológicas	Ing. Ambiental, Químico o Afin	4	Muestréos de agua superficial, subterránea y sedimentos
		Biólogo o afin	2	Muestréos hidrobiológicos
2	Ejecución de evaluación de flora y fauna silvestre	Biólogo o afin	1	Evaluación de mamíferos
			1	Evaluación de aves
			1	Evaluación de anfibios y reptiles
			2	Evaluación de flora
3	Ejecución de evaluación de suelos	Ing. Ambiental, Agrónomo o afin	2	Evaluación de suelos
4	Ejecución de contexto geológico	Ing. geólogo o afin	1	Mapeo Geológico
5	Análisis y elaboración del informe	Todas las profesiones encargados	10	Redacción del informe final

8.2. Unidades de transporte

Se requerirá el servicio de unidades de transporte, los cuales se detallan en la Tabla 8-2.

Tabla 8-2. Requerimiento de servicio de alquiler de unidades de transporte

N.º	Etapa de la evaluación ambiental	Itinerario	Fecha de inicio	Fecha de fin	Unidades
1	Primer monitoreo de agua, sedimentos e hidrobiología	Cajamarca-La Encañada-Cajamarca	6/03/2019	31/03/2019	2
2	Segundo monitoreo de agua, sedimentos e hidrobiología	Cajamarca-La Encañada-Cajamarca	11/07/2019	28/07/2019	2
3	Evaluación de flora y fauna	Cajamarca-La Encañada-Cajamarca	8/05/2019	25/05/2019	2
4	Evaluación de suelos y contexto geológico	Cajamarca-La Encañada-Cajamarca	11/07/2019	28/07/2019	1

8.3. Equipos y materiales para la toma de muestras

Se requerirán los equipos y materiales detallados en las Tablas 8-3 y 8-4.

Tabla 8-3. Equipos ambientales y materiales (por cada salida a campo)

N.º	Descripción del equipo	Especificaciones técnicas adicionales	Unidades
1	Multiparámetro Hach HQ 40d	Sondas de oxígeno disuelto, ORP, pH, temperatura, conductividad eléctrica	4
2	Correntómetro	De hélice de rango de lectura de 0,1 a 10 m/s	2



PERÚ

Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

N.º	Descripción del equipo	Especificaciones técnicas adicionales	Unidades
3	Brazo extensor	Varilla de acero inoxidable con dos extensiones; provista de una canasta metálica de capacidad máxima de 1 L	2
4	Red Surber	Marco metálico de 30 x 30 cm, sujeto de una red de aproximadamente 80 cm y con abertura de llama de 500 micras	2
5	Draga Eckman	Consta de dos estructuras de acero inoxidable en forma de pala que se cierran mediante el envío de un plomo a través de una cuerda de aproximadamente 20 m	1
6	Red de arrastre	10 x 2 m, con paños de media pulgada	2
7	Red agallera (red de espera)	Red de nylon de 40 x 3 m, de 3 pulgadas de abertura de malla	2
8	Red D-net	Marco de acero inoxidable en forma triangular o en D de 30 cm de base y 25 cm de Altitud, sujeto de una red de aproximadamente 1 m, con abertura de malla de 500 micras y por un mango de madera de aproximadamente 65 cm de largo	2
9	Red planctónica de 20 µm	Boca metálica de 15 cm de diámetro sujeta a una malla de 20 micras de aproximadamente 45 cm de largo, que al final tiene un frasco colector de 175 ml	2
10	Fishing waders	Trajes de pesca tallas 35, 41, 40, 41, 42 y 42	6
11	Ictiómetro	De 0-50cm con divisiones de 1 mm y cada 0.5 cm	2
12	Cámaras trampa	Bushnell	10
13	Balanza digital	De 0,01 g a 300 g	2
13	Cámara fotográfica profesional	Canon EOS-7D	2
14	Cámaras fotográficas digitales	POWERSHOT D30BL	10
15	Radios Handy	Con rango de alcance de 5 km	2
16	Bolsa nylal	Bolsa en forma de J con malla nylal de 500 micras	2
17	Equipo de posicionamiento GPS digital	Con baterías recargables	10
18	Lente teleobjetivo	-	2
19	Lente 50 mm 8F	-	1
20	Tubo de extensión para lente Canon	-	1
21	Binoculares	-	2
22	Redes de neblina	12 m x 5 m	6
23	Bolsas de tela	20 cm	2
24	Tijera de podar manual marca Felco 2	-	1
25	Brújulas	-	2
26	Prensas de tornillo o correas para plantas	-	1
27	Pinzas y tijeras finas de disección	-	2
28	Barreno para muestras de suelo	Con diámetro de 4 pulgadas, peso de 2,7 lb, cilindro de acero inoxidable, que presente un tratamiento altamente térmico, con trozos de acero con carburo de tungsteno de superficie dura de sus bordes, con vacío mínimo de 15" Hg (pulgadas de mercurio) o su equivalente	2
29	Barreno tipo espada	-	2

L
D.M

«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

Tabla 8-4. Materiales para la toma y conservación de las muestras (por cada salida a campo)

N.º	Matriz ambiental	Materiales	Unidades
1	Registro de datos de campo	Libretas de campo a prueba de agua (pasta dura x 80 hojas aprox.) <i>Rite in the rain</i>	4
2		Pizarra acrílica de 40 x 60 cm (color blanco)	5
3		Lapiceros	5
4		Folder plastificado (porta documentos)	2
5		Micas de plástico (A4)	30
6		Plumones indelebles Sharpie (delgado)	5
7		Plumones indelebles Sharpie (grueso)	5
8		Plumón acrílico (grueso)	4
9	Envío de muestras	Cinta de embalaje transparente 2" x 80 Yd	12
10		Cinta adhesiva ploma de tela (ducttape) 2" x 55 yd	6
11		Cinta masking tape	5
12		Papel aluminio 30 cm x 16 m (rollo)	1
13		Caja de tecnopor 30 x 40 x 35 cm	7
14		Rollos de plástico film (embalaje) de 15" x 300 m	4
15		Etiquetas	150
16	Agua superficial y sedimentos	Bolsas ziploc (de kg)	40
17		Wincha (cinta métrica) de fibra de vidrio de 50 metros	2
18		Espátula de acero inoxidable; peso de carga aprox. ½ kg. Con mango de madera de 20,5 cm aprox.	4
19		Bolsas de polietileno transparente de cierre hermético de 26,8 x 27,3 cm (ziploc)	30
20		Soga driza blanca 1/4 (rollo 10 metros)	1
21		Agua destilada (1 L)	20
22	Agua superficial, sedimentos e hidrobiología	Guantes de hilo con puntos reforzados de PVC	6
23		Rollo de papel toalla de 21,5 x 25 cm de largo x 200 hojas aprox.	10
24		Trapo industrial (presentación de 6 unidades)	2
25		Paño absorbente multiusos (presentación de 5 unidades)	4
26		Papel tissue (presentación de 6 unidades)	3
27		Cutter de oficina	2
28		Tijera de escritorio grande	2
29		Guantes de nitrilo (caja x 100) talla M	2
30		Piseta de plástico de 250 ml o 500 ml	4
31		Cinta teflón 1/2 in x 10 m	10
32		Mascarilla descartable (para boca) (caja)	1
33	Hidrobiología	Regla de 30 cm (aluminio)	1
34		Cepillo dental para adulto	4
35		Guantes de jebe hasta el hombro	2
36		Fascos de plástico de boca ancha con contratapa de 0,5 L (macrobenetos)	60
37		Fascos de plástico de boca ancha con contratapa de 0,25 L (perifiton + plancton)	90
38		Táper plástico rectangular (30 x 20 x 15 cm)	6
39		Jeringa de tuberculina de 5 o 10 mL	4
40		Bandeja de plástico con divisiones (30 x 30 cm)	4
41		Cooler de 20 L con asa (para frascos de agua, macrobenetos, plancton y perifiton)	5
42		Bolsa poliburbujas (rollo)	1
43		Jarra de plástico (1 L)	4
44		Balde de 8 litros con tapa	2
45		Balde de 20 litros con tapa	2
46		Bisturí N.º 11	4
47		Bisturí N.º 22	4
		Pinza de relojero	2



Handwritten signatures and initials in blue ink, including an arrow pointing upwards.



«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

N.º	Matriz ambiental	Materiales	Unidades
48	Flora y fauna	Alcohol al 96 %, botella 1 L	20
49		Formol 40 %, botella 1 L	3
50		Gaza en rollo de 1 m	2
51		Bolsas plásticas para colecta	30
52		Bolsas plásticas para traslado	30
53		Bolsas ziploc	30
54		Bolsas de rafia con cierre	5
55		Wincha de 50 m	2
56		Periódicos	10
57		Alcohol 96°	10
58		Libreta de campo	3
59		Tijeras	2
60		Material de escritorio (lápiz, borrador, etc.)	5 c/u
61		Tijeras	2
62		Frascos 100 ml	20
63		Taper hermético	4
64		Pizarra acrílica	2
65		Cuaderno	4
66		Cinta de embalaje	5
67		Cinta making tape	5
68	Pabito	2	
69	Mapeo Geológico	Bolsas de polietileno gruesas de 18 x 26 cm (no herméticas)	50
70		Picota de geólogo	2

8.4. Equipo de protección personal

Se requerirán los equipos de protección personal detallados en la Tabla 8-5.

Tabla 8-5. Equipos de protección personal

N.º	Indumentaria	Unidades
1	Cascos de seguridad 3M	14
2	Lentes de seguridad 3M	14
3	Camisas manga larga con logo institucional	14
4	Pantalón jean color azul con cinta reflectaria	14
5	Zapatos de seguridad	14
6	Guantes punta de goma para trabajos en zona montañosa	14
7	Casacas impermeables	14
8	Ponchos de agua	14
9	Mochilas ergonómicas	14

8.5. Otros requerimientos

Los otros requerimientos se detallan en la Tabla 8-6.

Tabla 8-6. Otros requerimientos (por cada salida a campo)

N.º	Etapas de la evaluación ambiental	Otros requerimientos	Unidades
1	Primer Monitoreo ambiental en marzo (Equipo: agua, hidrobiología y sedimentos)	Pasajes ida y vuelta (Cajamarca – Lima)	6
2		Seguro Complementario de Trabajo de Riesgo (SCTR)	
3	Segundo Monitoreo ambiental en julio	Pasajes ida y vuelta (Cajamarca – Lima)	6
4		Seguro Complementario de Trabajo de Riesgo (SCTR)	



«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

N.º	Etapa de la evaluación ambiental	Otros requerimientos	Unidades
	(Equipo: agua, hidrobiología y sedimentos)		
5	Monitoreo ambiental en junio (Equipo: suelo y geología)	Pasajes ida y vuelta (Cajamarca – Lima)	3
6		Seguro Complementario de Trabajo de Riesgo (SCTR)	3
7	Monitoreo ambiental en junio (Equipo: flora y fauna silvestre)	Pasajes ida y vuelta (Cajamarca – Lima)	5
8		Seguro Complementario de Trabajo de Riesgo (SCTR)	5

8.6. Cronograma de actividades

En la Tabla 8-7 se detalla el cronograma de actividades para el desarrollo de los objetivos planteados en la EAT en el área de influencia del proyecto Michiquillay.



Handwritten signatures and initials in blue ink



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

Tabla 8-7. Cronograma de actividades

Actividades	Mes (2019)											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Etapas de Planificación												
Revisión Bibliográfica												
Establecer los aspectos administrativos y logísticos previos a la evaluación ambiental.												
Etapas de Ejecución												
Objetivo General: Evaluar la calidad ambiental en el área de influencia del proyecto Michiquillay, de Southern Perú Copper Corporation, Sucursal del Perú, en el distrito de La Encañada, provincia y departamento de Cajamarca	1. Objetivo específico N.º 1: Determinar la calidad del agua superficial (ríos, quebradas y lagunas) y agua subterránea (afloramientos) en el área de influencia del proyecto Michiquillay	Ejecución del muestreo y sistematización de resultados										
	2. Objetivo específico N.º 2: Determinar la calidad de los sedimentos en el área de influencia del proyecto Michiquillay	Ejecución del muestreo y sistematización de resultados										
	3. Objetivo específico N.º 3: Evaluar las comunidades hidrobiológicas (macroinvertebrados bentónicos, fitoplancton, zooplancton, perifiton y peces) en el área de influencia del proyecto Michiquillay	Ejecución del muestreo y sistematización de resultados										
	4. Objetivo específico N.º 4: Determinar la calidad del suelo en el área de influencia del proyecto Michiquillay	Ejecución del muestreo y sistematización de resultados										
	5. Objetivo específico N.º 5: Determinar el contexto geológico en el área de influencia del proyecto Michiquillay.	Ejecución del muestreo y sistematización de resultados										
	6. Objetivo específico N.º 6: Evaluar la flora silvestre asociada a los ecosistemas frágiles (bofedales y lagunas) en el área de influencia del proyecto Michiquillay	Ejecución del muestreo y sistematización de resultados										
	7. Objetivo específico N.º 7: Evaluar la fauna silvestre (anfibios, reptiles, aves y mamíferos,) en el área de influencia del proyecto Michiquillay.	Ejecución del muestreo y sistematización de resultados										
Etapas de evaluación de los resultados												
Elaboración de reporte de campo de la primera salida												
Elaboración de reportes de campo de la segunda salida												
Elaboración de reportes de campo de la tercera salida												
Análisis de laboratorio y elaboración de reportes												
Elaboración del proyecto de informe final												
Elaboración del informe final												
Aprobación del informe final y elaboración de resumen												
Presentaciones de resultados de la evaluación ambiental												





PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agua y Sedimentos

- ANA-A. (2016). *Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos*. Resolución Jefatural N.º 010-2016-ANA, Autoridad Nacional del Agua (ANA), Lima-Perú.
- ANA-B. (2017). *Estándares de Calidad Ambiental*. Resolución Jefatural N.º 004-2017-MINAM, Autoridad Nacional del Agua (ANA), Lima-Perú.
- ANA-C. (2018). *Clasificación de los Cuerpos de Aguas Continentales Superficiales*. Resolución Jefatural N.º 056-2018-ANA, Autoridad Nacional del Agua (ANA), Lima-Perú.
- American Public Health Association, A. W. (2012). 1030 E. Checking Analyses' Correctness. En R. B. Eugene W. Rice (Ed.), *Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater* (22 nd ed., pág. 1-24). United States of America.
- Berthouex, P. M., & Brown, L. C. (2002). *Statistics for Environmental Engineers*. Boca Ratón, Florida, United States of America: CRC Press Company.
- Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME). Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life for Fresh Water (CEQG-SQG) - Summary tables, update 2002. Quebec: Canada. Dicha guía fue actualizada en el 2014, según la siguiente web: <http://st-ts.ccme.ca/en/index.html?lang=en>.
- Cieszynska M., W. M. (2012). Application of physicochemical data for water-quality assessment of watercourses in the Gdansk Municipality (South Baltic coast). *Environ. Monit. Assess*, 184(4), 2017-2029. doi:10.1007/s10661-011-2096-5.
- Custodio, E., & Manuel, L. (1976). *Hidrología Subterránea*. Barcelona, España: Omega.
- Ficklin, W., Plumlee, G., Smith, K., & McHugh, J. (1992). Geochemical classification of mine drainages and natural drainages in mineralized areas. (Y. Kharaka, & A. Maes, Edits.) *Proceedings of water-rock interaction no 7, Vol I. Balkema, Rotterdam*, 381-394.
- Hernández, J. (2012). Diagrama de Pourbaix: Herramienta termodinámica aplicada a los problemas de corrosión. EDIP. UNEXPO. VRB, 2(5).
- Lottermoser, B. G. (2010). *Mine Wastes: Characterization, Treatment and Environmental Impacts*. Queensland: Springer.
- Pérez Moreno, F. (2004). *Dinámica del Arsénico en aguas subterráneas de pozos y sedimentos del distribuidor General de agua potable de Zimapán, Hidalgo*. Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería, Centro de Investigaciones Químicas - Universidad Autónoma del Estado Hidalgo, Pachuca.





- Prakash Raj Kannel, S. L. (2007). Chemometric application in classification and assessment of monitoring locations of an urban river system. *Analytica Chimica Acta*, 582(2), 390-399. doi:10.1016/j.aca.2006.09.006.
- Shrestha S., Kazama F. (2007). Assessment of surface water quality using multivariate statistical techniques: A case study of the Fuji river basin, Japan. *Environmental Modelling & Software*, 22(4), 464-475. doi:10.1016/j.envsoft.2006.02.001.
- StafSoft. (2011). *STATISTICA (data analysis software system)*. Recuperado el Agosto de 2017, de www.statsoft.com.



- U.S Geological Survey (USGS). (2015). Protocolo National Field Manual for the Collection of Water-Quality.
- Wang YB, L. C. (2015). Characterization and risk assessment of PAH-contaminated river sediment by using advanced multivariate methods. *Science of the Total Environment*, 524-525, 63-73. doi:10.1016/j.scitotenv.2015.04.019.

Hidrobiología

- Acosta, R., Ríos, B., Rieradevall, M., & Prat, N. (2009). Propuesta de un protocolo de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CERA) y su aplicación a dos cuencas en Ecuador y Perú. *Limnetica*, 28(1), 035-64.
- Carlson, R. E. (1977). A trophic state index for lakes. *Limnol. Oceanogr.* 22: 361-369.
- Clarke, K. R. & Gorley, R. N. (2006). Primer v6 Permanova+. Primer-E Ltd., Plymouth, UK.
- Crisci, J.V.; López Armengol, M.F. (1983). Introducción a la teoría y práctica de la taxonomía numérica. Washington, DC: Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos, OEA, Serie de Biología.
- Dallinger, R.; Prosi, F.; Segner, H. y Back, H. (1987). Contaminated food and uptake of heavy metals by fish: a review and a proposal for further research. *Oecologia*, 73: 91-98.
- Encalada A.C., Rieradevall M., Ríos Touma B., García, N. y N. Prat. (2011). Protocolo simplificado y guía de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CERAS-S). Quito: USFQ, UB, AECID, FONAG.
- Grandin, U. 2006. PC-ORD version 5: a user-friendly toolbox for ecologists. *Journal of Vegetation Science*, 17(6), 843-844.
- Hammer, Ø., Harper, D.A.T., Ryan, P.D. (2001). PAST: Paleontological statistics Software (Version 3.15) [Software]. Disponible desde: <http://folk.uio.no/ohammer/past/>
- Jost, L. (2006). Entropy and diversity. *Oikos* 113, 363-375.
- Moreno, D. P. F., Manzano, J. Q., & Cuevas, A. L. (2010). Métodos para identificar, diagnosticar y evaluar el grado de eutrofia. *ContactoS*, 78, 25-33.



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

- Pielou, E. C. (1975). Ecological diversity (No. 574.524018 P5).
- Ríos-Touma, Blanca; Acosta, Raúl; Prat, Narcís. (2014). The Andean Biotic Index (ABI): revised tolerance to pollution values for macroinvertebrate families and index performance evaluation. *Revista de Biología Tropical*, Abril, 249-273.
- Roldán, G. (2003). Bioindicación de la Calidad del Agua en Colombia. Uso del Método BMWP/Col. Medellín, Colombia: Ed Universidad de Antioquia.
- Sokal, R. R. & Michener, C. D. (1958). A statistical method for evaluating systematic relationships. *U. Kansas Sci. Bull.*, 38, 1409-1438.
- Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM) - Museo de Historia Natural (MHN) y Ministerio del Ambiente (MINAM). 2014. Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú. LIMA, PERU. / Departamento de Limnología, Departamento de Ictiología, Lima: Ministerio del Ambiente. 75 p.
- Viana, F. 2001. Metales pesados en peces de la costa de Montevideo y Piriápolis (Uruguay). Tesis de Maestría en Ciencias Biológicas, opción Zoología. Programa de Desarrollo de las Ciencias Básicas (PEDECIBA). Facultad de Ciencias, Universidad de la República (Uruguay).

Flora

- CITES. (2017). Convención Internacional sobre el Comercio de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. Apéndices I, II y III. Disponible en: <http://www.cites.org/esp/app/appendices.shtml/>.
- Gentry, A. 1993. A Field Guide to the Families and Genera of Woody Plants of Northwest South America (Colombia, Ecuador, Perú) with supplementary notes on herbaceous taxa. Conservation International, Washington, 895 p.
- Judd, W.S., C.S. Campbell, E.A. Kellogg y P.F. Stevens. 1999. *Plant Systematics. A Phylogenetic Approach*. Sinauer Associates, Inc. Massachusetts. U.S.A. 464 p.
- UICN 2017. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2017-3. <<http://www.iucnredlist.org>>. Accedido el 07 de febrero del 2018.

Fauna

- AmphibiaWeb. 2018. <<https://amphibiaweb.org>> University of California, Berkeley, CA, USA. Accedido el 07 de febrero de 2018.
- Crump, M. L. & Scott, N.J. 2001). Relevamientos por Encuentros Visuales. En: W.Heyer.; M. Donnelly; R. McDiarmid; L. Hayek & M. Foster (ed.). *Medición y Monitoreo de la Diversidad Biológica. Métodos Estandarizados para Anfibios* (pp. 80-87). Smithsonian Institution Press & Editorial Universitaria de la Patagonia. Rueda et al. 2006.



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

- CITES. (2017). Convención Internacional sobre el Comercio de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. Apéndices I, II y III. Disponible en: <http://www.cites.org/esp/app/appendices.shtml/>.
- (CMS) Convention on Migratory Species. (2015). Appendices I and II. [Internet]. Disponible en: <http://www.cms.int/en/page/appendix-i-ii-cms>.
- Frost, Darrel R. 2017. Amphibian Species of the World: an Online Reference. Version 6.0 (Date of access). Electronic Database accessible at <http://research.amnh.org/herpetology/amphibia/index.html>. American Museum of Natural History, New York, USA.
- HAMMER, Ø. Harper, D.A.T., Ryan, and P.D. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electrónica* 4(1): 9pp.http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm.
- Ministerio del Ambiente (MINAM). (2015). Guía de inventario de la fauna silvestre. Ministerio del Ambiente, Dirección General de Evaluación, Valoración y Financiamiento del Patrimonio Natural. Lima, Perú.
- Moreno, C. E. (2001). Métodos para medir la biodiversidad. M&T-Manuales y Tesis SEA, vol.1. Zaragoza.
- Pacheco V., Cadenillas R., Salas E., Tello C. & Zeballos H. (2009). Diversidad y endemismo de los mamíferos del Perú. *Revista Peruana de Biología*. 16(1): 5-32.
- Plenge, M. A. (2014). Especies y subespecies de las aves del Perú. Lima, Perú. <https://sites.google.com/site/boletinunop/subespecies>.
- Rueda, J.; Castro, F. & Cortez, C. (2006). Técnicas para el inventario y muestreo de anfibios: una compilación. En: A. Angulo; J. Rueda-Almohacid; J. Rodríguez-Mahecha & E. La Marca (ed.). *Técnicas de inventario y monitoreo para los anfibios de la región tropical andina*. Conservation Internacional. Serie Manuales de Campo n.º 2. Bogotá, Colombia: Panamericana, Formas e Impresos.
- Schulenberg, T.S.; Stotz, D.F., Lane, D.F.; O'Neill, J. P. & Parker III, T. A. (2010). *Aves de Perú*. Serie Biodiversidad Corbidi 01. Centro de Ornitología y Biodiversidad-CORBIDI. Lima, Perú.
- Stolz, D.F., Fitzpatrick, J. W., Parker, T.A. & Moskovits, D. K. (1996). *Neotropical birds: ecology and conservation*: Chicago, EE.UU. Chicago University Press.
- Uetz, P., Freed, P. & Jirí Hošek (eds.). 2017. *The Reptile Database*, <http://www.reptile-database.org>. Accedido el 07 de febrero del 2018.
- UICN 2017. *The IUCN Red List of Threatened Species*. Version 2017-3. <<http://www.iucnredlist.org>>. Accedido el 07 de febrero del 2018.



[Handwritten signatures and initials in blue ink]



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

10. ANEXOS

Anexo 1. Actas y lista de asistencia de la participación ciudadana

Anexo 2. Mapa de ubicación

Anexo 3. Mapa de puntos de muestreo de agua superficial

Anexo 4. Mapa de puntos de muestreo de agua subterránea

Anexo 5. Mapa de puntos de muestreo de sedimentos

Anexo 6. Mapa de puntos de muestreo de comunidades hidrobiológicas

Anexo 7. Mapa de puntos de muestreo de suelos

Anexo 8. Mapa de puntos de muestreo de flora y fauna silvestre

