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

Oefa
Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental

EVALUACIÓN AMBIENTAL TEMPRANA EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO MINERO CORANI DE BEAR CREEK MINING S.A.C., EN EL DISTRITO CORANI, PROVINCIA CARABAYA, DEPARTAMENTO PUNO, DURANTE EL 2017 Y 2018

SUBDIRECCIÓN TÉCNICA CIENTÍFICA

DIRECCIÓN DE EVALUACIÓN AMBIENTAL

2018

INFORME N. °297 -2018-OEFA/DEAM-STEC

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

LLOJAN CHUQUISENGO PICÓN
Especialista en Monitoreo y Vigilancia Ambiental

DARWIN ERNESTO ORÓS GUZMÁN
Especialista de Evaluaciones Ambientales

DIBER ROLANDO SALDAÑA ALFARO
Tercero Evaluador

JORGE LUIS FERNANDEZ NAJARRO
Tercero Evaluador

FRANCIS JESÚS CARI ABRIL
Tercero Evaluador

JHONY ÁNGEL RÍOS GARCÍA
Tercero Evaluador

HUBER SADY TRINIDAD PATRICIO
Tercero Evaluador

ERICKA JUDITH MORGA CASTELLANOS
Tercero Evaluador

JACKELINE AMANDA DELGADO CORNEJO
Tercero Evaluador

DANY ERNESTO CHUNGA BENAVIDES
Tercero Evaluador

ORGANISMO DE EVALUACIÓN Y FISCALIZACIÓN AMBIENTAL
DIRECCIÓN DE EVALUACIÓN AMBIENTAL
RECIBIDO
26 SEP. 2018
V°B° Hora: 12:07
Firma

ORGANISMO DE EVALUACIÓN Y FISCALIZACIÓN AMBIENTAL - OEFA - MINISTERIO DEL AMBIENTE
SUBDIRECCIÓN TÉCNICA CIENTÍFICA

ASUNTO : Evaluación ambiental temprana en el área de influencia del proyecto minero Corani de Bear Creek Mining S.A.C., en el distrito de Corani, provincia de Carabaya, departamento de Puno, durante el 2017 y 2018

REFERENCIA : Planefa 2018

FECHA : Lima, 26 SEP. 2018 2018-101-35102

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 proyecto minero Corani

a.	Ubicación general	Distrito Corani, provincia Carabaya y departamento Puno.
b.	Ámbito de influencia	Área de influencia ambiental del proyecto minero Corani de Bear Creek Mining S.A.C.
c.	Antecedente	Planefa 2017 y 2018
d.	Objetivo general	Evaluar la calidad ambiental en el área de influencia del proyecto minero Corani de Bear Creek Mining S.A.C.
e.	Tipo de evaluación	Evaluación ambiental temprana

Cantidad de puntos evaluados por matriz en el área de influencia del proyecto minero Corani de Bear Creek Mining S.A.C. durante el 2017 y 2018

a.	Fecha de comisión	Primera salida		15/02/2018 al 25/02/2018		
		Segunda salida		14/05/2018 al 25/05/2018		
b.	Puntos evaluados	Primera salida (época seca)				
		Agua superficial		73		
		Agua subterránea		10		
		Hidrobiología		Perifiton	46	
				Macroinvertebrados	59	
		Sedimento		33		
		Segunda salida (época húmeda)				
		Aire		2		
		Suelo		27		
		Geoquímica de roca		2		
		Flora		Zona I (EF3)	5 transectos	
				Zona I (EF4)	5 transectos	
				Zona II (EF6)	10 transectos	
				Zona III (EF1)	5 transectos	
				Zona III (EF2)	15 transectos	
				Zona IV (EF5)	6 transectos	
		Fauna	Anfibios y reptiles	Zona I (EF3)	Ningún transecto	3 búsquedas por registro visual
				Zona I (EF4)	2 transectos	5 búsquedas por registro visual
				Zona II (EF6)	3 transectos	6 búsquedas por registro visual
				Zona III (EF1)	2 transectos	6 búsquedas por registro visual
				Zona III (EF2)	2 transectos	10 búsquedas por registro visual
				Zona IV (EF5)	1 transecto	5 búsquedas por registro visual
			Aves	Zona I (EF3)	4 transectos	
				Zona I (EF4)	4 transectos	
				Zona II (EF6)	12 transectos	
				Zona III (EF1)	5 transectos y 1 conteo total	
				Zona III (EF2)	10 transectos	
				Zona IV (EF5)	3 transectos	
			Mamíferos	Zona I (EF3)	2 transectos	1 cámara trampa

				Zona I (EF4)	Ningún transecto	1 cámara trampa
				Zona II (EF6)	2 transectos	3 cámaras trampa
				Zona III (EF1)	3 transectos	2 cámaras trampa
				Zona III (EF2)	3 transectos	2 cámaras trampa
				Zona IV (EF5)	2 transectos	1 cámara trampa

Parámetros que incumplieron la normativa en el área de influencia del proyecto minero Corani de Bear Creek Mining S.A.C. durante el 2017 y 2018

Matriz	Parámetro	Cantidad de puntos que incumplieron la norma Norma vigente o referencial [2]
Agua superficial	pH	Época seca: Quebrada sin nombre: (QSN2) Quebrada Piruacarca: (QPiru1) Quebrada Minaspata: (QMina1, QMina2) Quebrada Supayhuasi: (QSupa2, QSupa3) Río Corani: (RCora1) Manantiales: (Mana8, Mana12) Bofedales: (BMina3) Época húmeda: Laguna: (LCoch1) Bofedales: (Cor-bof13A, BMina2, Cor-bof26, Cor-bof28, Cor-bof27, Cor-bof19, Cor-bof46, Cor-bof42, Cor-Bof13, Cor-Bof9, Cor-bof50, Cor-bof35, Cor-bof34) Manantiales: (Mana7) Quebrada Minaspata: (QMina3, QMina4, QMina1) Quebrada sin nombre: (QSN1A, QSN1B, QSN1, QSN2) Quebrada Sala Sala: (QSala1, QSala2) Quebrada Piruacarca: (QPiru2, QPiru1) Quebrada Supayhuasi: (QMina2, QSupa2, QSupa3) Quebrada Intisayana: (QInti4, QInti1A) Quebrada Pinchalli: (QPinc1, QPinc2) Quebrada Santocato: (QSant1) Quebrada Collpamayo: (QColl1, QColl2, QColl3) Quebrada Sillatoco: (QSill1) Río Chacaconiza: (RChac1, RJara2) Río Jarapampa: (RJara1) Quebrada Imaginamayu: (QImagA, QImag1, QImag2) Quebrada Pausicucho: (QPaus1) Quebrada Simiaje: (QSimi1) Quebrada Quellopujio: (QQuel1) Quebrada Maijo Aje: (QMaij1) Quebrada Chaupitera: (QChau1, QChau2)

Matriz	Parámetro	Cantidad de puntos que incumplieron la norma
		Norma vigente o referencial [2]
		Quebrada Misachancara: (QMisa1) Quebrada Sallapata: (QSall1)
	Oxígeno disuelto	Época seca: Manantiales: (Mana10) Bofedales: (BMina2) Época húmeda: Manantiales: (Mana10)
	Conductividad eléctrica	Época húmeda: Bofedales: (Cor-bof19)
	Demanda química de oxígeno	Época húmeda: Bofedales: (Cor-bof19)
	Fósforo	Época seca: Río Isivilla: (RIsiv1) Río Quelcaya: (QQuel1) Quebrada Quelcaya (QQuel1) Río Jarapampa (RJara1) Quebrada Escalera Cucho: (QEsca1) Quebrada Imaginamayu: (QImag4) Quebrada Supayhuasi: (QSupa3) Manantiales: (Mana2, Mana3, Mana4, Mana7, Mana8, Mana11) Bofedales: (BMina1, BMina2) Laguna: (LChull1) Época húmeda: Laguna: (LCoch1, LChul1) Manantiales: (Mana7, Mana8, Mana13, Mana10) Bofedales: (Cor-bof13A, BMina2, Cor-bof28, Cor-bof27, Cor-bof19, Cor-Bof13, Cor-Bof9) Quebrada Minaspata: (QMina3, QMina4, QMina1) Quebrada sin nombre: (QSN1, QSN3) Quebrada Piruacarca: (QPiru1) Quebrada Supayhuasi: (QMina2, QSupa2, QSupa3) Quebrada Intisayana: (QInti4, QInti2, QInti3, QInti1A, QInti1) Quebrada Pinchalli: (QPinc1, QPinc2) Quebrada Santocato: (QSant1) Quebrada Escalera Cucho Pugio: (QEsca1) Quebrada Collpamayo: (QColl2, QColl3, QColc1) Quebrada Minacucho: (QMinac1) Quebrada Sillatoco: (QSill1) Río Chacaconiza: (RChac1, RJara2) Río Jarapampa: (RJara1) Quebrada Imaginamayu: (QImag1, QImag2, QImag4)

Matriz	Parámetro	Cantidad de puntos que incumplieron la norma
		Norma vigente o referencial [2]
		Quebrada Pausicucho: (QPaus1) Quebrada Simiaje: (QSimi2) Quebrada Chaupitera: (QChau1) Quebrada Misachancara: (QMisa1) Quebrada Sallapata: (QSall1) Río Quelcaya: (RQuel1, RQuel2) Quebrada Sititoco: (QSiti1)
	Amoniaco	Época seca: Río Quelcaya: (RQuel1)
	Aluminio	Época húmeda: Quebrada Minaspata: (QMina2)
	Arsénico	Época húmeda: Bofedales: (Cor-bof19, Cor-bof42) Quebrada Minaspata: (QMina1) Quebrada sin nombre: (QSN2) Quebrada Sala Sala: (QSala2) Quebrada Supayhuasi: (QMina2) Quebrada Pausicucho: (QPaus1)
	Bario	Época seca: Bofedales: (BMina3) Época húmeda: Quebrada Minaspata: (QMina1) Quebrada sin nombre: (QSN1, QSN2) Quebrada Piruacarca: (QPiru1) Quebrada Supayhuasi: (QMina2)
	Cadmio	Época húmeda: Bofedales: (Cor-bof19, Cor-bof42) Quebrada Minaspata: (QMina1) Quebrada sin nombre: (QSN2) Quebrada Sala Sala: (QSala1, QSala2) Quebrada Supayhuasi: (QMina2, QSupa2, QSupa3)
	Sólidos totales suspendidos	Época húmeda: Quebrada Minaspata: (QMina1) Quebrada Piruacarca: (QPiru1) Quebrada Supayhuasi: (QMina2, QSupa2) Río Jarapampa: (RJara1)
	Cobalto	Época húmeda: Bofedales: (Cor-bof19)
	Cobre	Época seca: Quebrada sin nombre: (QSN2)

Matriz	Parámetro	Cantidad de puntos que incumplieron la norma
		Norma vigente o referencial [2]
		Quebrada Minaspata: (QMina2) Quebrada Supayhuasi: (QSupa2) Época húmeda: Bofedales: (Cor-bof19) Quebrada Minaspata: (QMina1) Quebrada sin nombre: (QSN2) Quebrada Sala Sala: (QSala1, Qsala2) Quebrada Supayhuasi: (QMina2)
	Hierro	Época húmeda: Bofedales: (Cor-bof19, Cor-bof42) Quebrada Minaspata: (QMina1) Quebrada sin nombre: (QSN1A, QSN2) Quebrada Sala Sala: (QSala2) Quebrada Piruacarca: (QPiru1) Quebrada Supayhuasi: (QMina2, QSupa2) Quebrada Pausicucho: (QPaus1)
	Mercurio	Época seca: Quebrada Escalera Cucho: (QEsca1) Quebrada Intisayana: (QInti1) Quebrada Supayhuasi: (QSupa2) Bofedales: (BSN1) Época húmeda: Bofedales: (Cor-bof19) Quebrada Minaspata: (QMina1) Quebrada Supayhuasi: (QMina2)
	Manganeso	Época húmeda: Bofedales: (Cor-bof19, Cor-bof42) Quebrada Minaspata: (QMina1) Quebrada sin nombre: (QSN1A, QSN2) Quebrada Sala Sala: (QSala2) Quebrada Piruacarca: (QPiru1) Quebrada Supayhuasi: (QMina2, QSupa2, QSupa3) Río Chacaconiza: (RJara2) Río Jarapampa: (RJara1)
	Níquel	Época húmeda: Bofedales: (Cor-bof19)
	Plomo	Época seca: Quebrada sin nombre: (QSN2) Quebrada Piruacarca: (QPiru1) Quebrada Minaspata: (QMina1, QMina2)

Matriz	Parámetro	Cantidad de puntos que incumplieron la norma Norma vigente o referencial [2]
		Quebrada Supayhuasi: (QSupa2, QSupa3) Río Chacaconiza: (RJara2) Río Jarapampa: (RJara1) Bofedales: (BMina1, BMina3) Época húmeda: Bofedales: (Cor-bof19, Cor-bof42, Cor-bof46) Quebrada Minaspata: (QMina1) Quebrada sin nombre: (QSN1A, QSN1B, QSN1, QSN2) Quebrada Sala Sala: (QSala1, QSala2) Quebrada Piruacarca: (QPiru2, QPiru1) Quebrada Supayhuasi: (QMina2, QSupa2, QSupa3) Quebrada Pinchalli: (QPinc2) Quebrada Collpamayo: (QColl1, QColl2, QColl3, QColc1) Río Chacaconiza: (RChac1, RJara2) Río Jarapampa: (RJara1) Quebrada Pausicucho: (QPaus1) Quebrada Maijo Aje: (QMaij1) Quebrada Chaupitera: (QChau1) Quebrada Misachancara: (QMisa1) Río Quelcaya: (RQuel1)
	Talio	Época seca: Quebrada sin nombre: (QSN2) Quebrada Minaspata: (QMina1, QMina2) Quebrada Supayhuasi: (QSupa2) Época húmeda: Bofedales: (Cor-bof19, Cor-bof42) Quebrada Minaspata: (QMina1) Quebrada sin nombre: (QSN2) Quebrada Collpamayo: (QColl2) Quebrada Sala Sala: (QSala1, Qsala2) Quebrada Piruacarca: (QPiru1) Quebrada Supayhuasi: (QMina2, QSupa2, QSupa3) Río Chacaconiza: (RChac1, RJara2) Río Jarapampa: (RJara1) Quebrada Chaupitera: (QChau1)
	Zinc	Época seca: Quebrada sin nombre: (QSN2) Quebrada Minaspata: (QMina1, QMina2) Quebrada Supayhuasi: (QSupa2) Río Chacaconiza: (RJara2)

Matriz	Parámetro	Cantidad de puntos que incumplieron la norma Norma vigente o referencial (2)
		Río Jarapampa (RJara1) Bofedales: (BNegr1, BMina1, BMina3) Época húmeda: Bofedales: (Cor-bof19, Cor-bof46, Cor-bof42) Quebrada Minaspata: (QMina1) Quebrada sin nombre: (QSN1, QSN2) Quebrada Sala Sala: (QSala1, QSala2) Quebrada Supayhuasi: (QMina2, QSupa2, QSupa3) Quebrada Piruacarca: (QPiru1) Quebrada Collpamayo: (QColl1, QColl2) Río Chacaconiza: (RChac1, RJara2) Río Jarapampa: (RJara1) Quebrada Maijo Aje: (QMaij1) Quebrada Chaupitera: (QChau1)
		Época seca: Quebrada sin nombre: (QSN2) Quebrada Piruacarca: (QPiru1) Quebrada Minaspata: (QMina1, QMina2) Quebrada Supayhuasi: (QSupa2, QSupa3) Río Chacaconiza: (RJara2)
	Cadmio disuelto	Bofedales: (BMina3) Época húmeda: Bofedales: (Cor-bof19) Manantiales: (Mana13) Quebrada Minaspata: (QMina1) Quebrada sin nombre: (QSN1A, QSN1B, QSN1, QSN2, QSN3) Quebrada Sala Sala: (QSala1, Qsala2) Quebrada Piruacarca: (QPiru2, QPiru1) Quebrada Supayhuasi: (QMina2, QSupa2, QSupa3) Quebrada Intisayana: (QInti3) Quebrada Collpamayo: (QColl1, QColl2) Río Chacaconiza: (RChac1, RJara2) Río Jarapampa: (RJara1) Quebrada Chaupitera: (QChau1)
Agua subterránea	pH	Época húmeda: MGW-CO-02, MGW-CO-01, MGW-CO-06, MGW-CO-08, MGW-CO-09
	Oxígeno disuelto	Época húmeda: MGW-CO-02, MGW-CO-03, MGW-CO-05, MGW-CO-04, MGW-CO-07, MGW-CO-08, MGW-CO-09, MGW-CO-11
	Arsénico	Época húmeda:

Matriz	Parámetro	Cantidad de puntos que incumplieron la norma
		Norma vigente o referencial [2]
		MGW-CO-04, MGW-CO-05, MGW-CO-07, MGW-CO-08
	Bario	Época húmeda: MGW-CO-07, MGW-CO-08
	Níquel	Época húmeda: MGW-CO-11
	Plomo	Época húmeda: MGW-CO-02, MGW-CO-03, MGW-CO-01, MGW-CO-05, MGW-CO-04, MGW-CO-06, MGW-CO-07, MGW-CO-08, MGW-CO-09, MGW-CO-11
	Talio	Época húmeda: MGW-CO-02, MGW-CO-06
	Zinc	Época húmeda: MGW-CO-02, MGW-CO-06, MGW-CO-11
	Cadmio disuelto	Época húmeda: MGW-CO-02
Agua residual industrial	pH	Época húmeda: Bocaminas: (EF-BC-08, EF-BC-03A, EF-BC-03, EF-BC-02)
	Arsénico	Época húmeda: Bocaminas: (EF-BC-08, EF-BC-03A)
	Cadmio	Época húmeda: Bocaminas: (EF-BC-08, EF-BC-03A, EF-BC-03, EF-BC-02)
	Cobre	Época húmeda: Bocaminas: (EF-BC-08, EF-BC-03A, EF-BC-03)
	Plomo	Época húmeda: Bocaminas: (EF-BC-08, EF-BC-03A, EF-BC-03, EF-BC-02)
	Zinc	Época húmeda: Bocaminas: (EF-BC-08, EF-BC-03A, EF-BC-03, EF-BC-02)
	Hierro disuelto	Época húmeda: Bocaminas: (EF-BC-08, EF-BC-03A, EF-BC-03, EF-BC-02)
Sedimento	Arsénico	Época húmeda: Bocaminas: (SED-EF-BC-03, SED-EF-BC-02) Bofedales: (SED-Cor-bof19, SED-Cor-bof42) Quebrada sin nombre: (SED-QTaj1) Quebrada Supayhuasi: (SED-QSupa2, SED-QSupa3) Quebrada Collpamayo: (SED-QColl1, SED-QColl2, SED-QColl3, SED-QColc1) Quebrada Minacucho: (SED-QMinac1) Quebrada Sillatoco: (SED-QSill1) Río Chacaconiza: (SED-RChac1, SED-RJara2) Río Jarapampa (SED-RJara1) Quebrada Imaginamayu: (SED-QImag2, SED-QImag4) Quebrada Simiaje: (SED-QSimi1, SED-QSimi2)

Matriz	Parámetro	Cantidad de puntos que incumplieron la norma
		Norma vigente o referencial [2]
		Quebrada Quellopujio: (SED-QQuel1) Quebrada Chaupitera: (SED-QChau1) Quebrada Misachancara: (SED-QMisa1) Río Quelcaya: (SED-RQuel1, SED-RQuel2)
	Cadmio	Época húmeda: Bocaminas: (SED-EF-BC-03, SED-EF-BC-02) Bofedales: (SED-Cor-bof19) Quebrada sin nombre: (SED-QTaj1) Quebrada Supayhuasi: (SED-QSupa2, SED-QSupa3) Río Chacaconiza: (SED-RChac1, SED-RJara2) Río Jarapampa (SED-RJara1) Quebrada Simiaje: (SED-QSimi2) Quebrada Quellopujio: (SED-QQuel1)
	Cobre	Época húmeda: Bocaminas: (SED-EF-BC-03, SED-EF-BC-02) Bofedales: (SED-Cor-bof19) Quebrada sin nombre: (SED-QTaj1) Quebrada Supayhuasi: (SED-QSupa3) Quebrada Collpamayo: (SED-QColl1) Río Chacaconiza: (SED-RChac1)
	Mercurio	Época húmeda: Bocaminas: (SED-EF-BC-03, SED-EF-BC-02) Bofedales: (SED-Cor-bof28, SED-Cor-bof19, SED-Cor-bof46, SED-Cor-bof34, SED-Cor-bof35) Quebrada Minaspata: (SED-QMina4) Quebrada sin nombre: (SED-QTaj1) Quebrada Supayhuasi: (SED-QSupa2, SED-QSupa3) Quebrada Collpamayo: (SED-QColl3) Quebrada Minacucho: (SED-QMinac1) Río Chacaconiza: (SED-RChac1) Río Jarapampa (SED-RJara1) Quebrada Imaginamayu: (SED-QImag1) Quebrada Simiaje: (SED-QSimi1, SED-QSimi2) Quebrada Quellopujio: (SED-QQuel1) Quebrada Misachancara: (SED-QMisa1)
	Plomo	Época húmeda: Bocaminas: (SED-EF-BC-03, SED-EF-BC-02) Bofedales: (SED-Cor-bof19) Quebrada sin nombre: (SED-QTaj1) Quebrada Supayhuasi: (SED-QSupa2, SED-QSupa3) Quebrada Collpamayo: (SED-QColl1, SED-QColl2, SED-QColl3, SED-QColc1)

Matriz	Parámetro	Cantidad de puntos que incumplieron la norma
		Norma vigente o referencial [2]
		Río Chacaconiza: (SED-RChac1, SED-RJara2) Río Jarapampa (SED-RJara1) Quebrada Simiaje: (SED-QSimi1) Quebrada Chaupitera: (SED-QChau1) Quebrada Misachancara: (SED-QMisa1)
	Zinc	Época húmeda: Bocaminas: (SED-EF-BC-03, SED-EF-BC-02) Bofedales: (SED-Cor-bof19) Quebrada sin nombre: (SED-QTaj1) Quebrada Supayhuasi: (SED-QSupa2, SED-QSupa3) Río Chacaconiza: (SED-RChac1, SED-RJara2) Río Jarapampa (SED-RJara1) Quebrada Simiaje: (SED-QSimi2) Quebrada Quellopujio: (SED-QQuel1) Quebrada Chaupitera: (SED-QChau1)

[2]: Estándares de Calidad Ambiental para agua. D.S. N° 004-2017-MINAM. Sedimento: CEQG (Canadian Environmental Quality Guidelines – Sediment Quality Guidelines for freshwater): Guías de Calidad Ambiental Canadiense para Sedimentos de Aguas Continentales.

2. PRINCIPALES CONCLUSIONES

Las principales conclusiones de la evaluación ambiental se desarrollan a continuación:

2.1. Calidad de agua, sedimento y comunidades hidrobiológicas

Microcuenca Supayhuasi (zona I)

El análisis de geoquímica de rocas en el área presentaron concentraciones de Sb, B, Ba, Cu, Pb, Zn, Cd, Hg, Se, Ta, Ru y U que superaron los valores promedios establecidos para la corteza continental; los cuales son potenciales generadores de acidez, debido a la presencia de rocas volcánicas alteradas del Miembro Chacacuniza y presencia de sulfuros, que generan drenaje ácido de roca (DAR) en las zonas asociadas a los futuros tajos (según análisis ABA), donde la concentración de plomo se encuentra biodisponible en las extracciones 1 (intercambiable) y 2 (asociados a carbonatos y bicarbonatos) de acuerdo al análisis de Tessier.

La calidad del agua en la naciente de la quebrada Minaspata (Cor-bof26, Cor-bof27, Cor-bof28, Cor-bof13A y BMina2), aguas arriba de los futuros componentes mineros, presentaron valores de pH entre 5,69 y 6,14 (época húmeda); a excepción del punto BMina2 que presentó un pH ligeramente ácido en época seca y neutro en época húmeda; además solo en época seca la concentración de manganeso excedió los valores del ECA para agua Cat3. Con relación a la calidad de sedimento en el punto SED-BMina2 (época seca), presentó concentraciones de arsénico, plomo y zinc que superaron el valor PEL. La naciente de la quebrada Minaspata se ubica sobre una geología del Miembro Sapanuta (unidad posmineral).

La quebrada Minaspata (QMina1), aguas abajo de la confluencia con la quebrada Sala Sala, presentó una disminución de los valores de pH (épocas seca y húmeda), y un aumento en las concentraciones de cadmio, cobre, plomo, talio, zinc, hierro, manganeso y cadmio disuelto (épocas seca y húmeda); arsénico, bario y mercurio (época seca) que excedieron los ECA para agua Cat3 o Cat4, con respecto al punto QMina4 (ubicado en la naciente); asimismo, se evidencia un cambio de facies en el agua, de bicarbonatadas-sódicas a sulfatadas mixtas (sódico cálcico). Además, la calidad biológica cambió de buena (presencia de macroinvertebrados bentónicos de la familia Trichoptera y Ephemeroptera) a pésima (ausencia total de macroinvertebrados bentónicos). Dichos cambios se deberían a las descargas, del efluente EF-BC-02 (pasivo ambiental minero), bofedal (Cor-bof19) y de las quebradas sin nombre (QSN2) y Sala Sala (QSala2).

En la quebrada Supayhuasi (QSupa3) ubicado aguas abajo del punto QMina1 presentó incremento de valores de pH 5,22 (época seca) y 5,91 (época húmeda), y disminución de las concentraciones de cadmio, plomo, zinc, manganeso y cadmio disuelto (épocas seca y húmeda); cobre, mercurio, aluminio (época seca); talio (época húmeda) con respecto al punto QMina1. Asimismo, ambos puntos presentaron facies sulfatadas–mixtas (sódicas cálcicas) y de acuerdo al diagrama de Ficklin cambió la clasificación de ácido con alta carga de metales a casi neutro con alta carga de metales. Con respecto a las comunidades hidrobiológicas, cambió la calidad biológica (ABI) para la época seca de pésima a moderada (época seca), mientras que en la época húmeda fue pésima en ambos puntos. Los cambios entre estos puntos se deberían al aporte de las quebradas Piruacarca (QPiru1), Intisayana (QInti1), Santocato (QSant1) y Pinchali (QPinc1 y QPinc2) y Escalera Cucho (QEsca1).

Las aguas subterráneas evaluados solo en época húmeda, presentaron facies bicarbonatadas sódicas en los puntos MGW-CO-11 y MGW-CO-09 y bicarbonatadas magnésicas en los puntos MGW-CO-07 y MWG-CO-08. Asimismo, las concentraciones de níquel, plomo, zinc (MGW-CO-11); bario, plomo, arsénico (MGW-CO-07 y MWG-CO-08); plomo (MGW-CO-09) excedieron referencialmente los ECA para agua Cat3 o Cat4; y de acuerdo al diagrama de Ficklin las aguas subterráneas evaluadas en todos los puntos se clasifican como aguas casi neutras con baja carga de metales, cabe precisar que las aguas subterráneas se ubican en unidades volcánicas Miembro Sapanuta (MGW-CO-11), rocas sedimentarias del Grupo Mitu (MGW-CO-07 y MWG-CO-08), y en unidades volcánicas Miembro Chacacuniza y rocas sedimentarias del Grupo Mitu (MGW-CO-09).

Microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa (zona II)

Las unidades lito estratigráficas predominantes corresponden a las rocas volcánicas de la Formación Quenamari-Miembros Chacacuniza y Sapanuta, las características geoquímicas indican la existencia concentraciones de As, Sn, Ba, Cr, Rb, Zn y U en los miembros Chacacuniza y Sapanuta; y de As, Sn, Rb, U y Ga en los subvolcánicos Cayo Orco y Huaña, que superaron los valores promedios establecidos para la corteza continental, cabe precisar que estos elementos se encuentran en la estructura mineral de las rocas frescas.

El río Chacaconiza (RChac1), formado por la unión de las quebradas Collpamayo (QColc1), Sillatocto (QSill1) y Supayhuasi (QSupa3), registró disminución de pH (5,83) y concentraciones de fósforo, plomo, talio, zinc y cadmio disuelto con respecto al punto QSupa3 que excedieron los ECA para agua Cat3 o Cat4 (época húmeda); además presentó facies sulfatadas mixtas (sódicas cálcicas) al igual que el punto QSupa3; mientras que los puntos QColc1 y QSill1 presentaron facies

sulfatadas cálcicas y bicarbonatadas mixtas (cálcicas sódicas), respectivamente. De acuerdo con el diagrama de Ficklin, los puntos QColc1, QSill1 y RChac1 se clasifican como aguas casi neutras con baja carga de metales a diferencia del punto QSupa3 que se clasifica como aguas casi neutras con alta carga de metales.

El río Jarapampa (RJara1), presentó un incrementó en el valor de pH (épocas seca y húmeda), con una disminución de las concentraciones de fósforo, plomo, talio, zinc y cadmio disuelto que excedieron los valores de los ECA para agua Cat3 o Cat4 con respecto al río Chacaconiza (RJara2) para la época húmeda, debido al aporte de la quebrada Imaginamayu (QImag4), donde la concentración de fósforo excedió el estándar mencionado sólo en época húmeda. Asimismo, los puntos RJara1 y RJara2 presentaron facies sulfatadas mixtas (cálcicas sódicas), a diferencia del punto QImag4 que presentó facies bicarbonatadas sódicas; y de acuerdo con el diagrama de Ficklin los tres puntos se clasifican como aguas casi neutras con baja carga de metales.

La comunidad de macroinvertebrados bentónicos, en el punto HID-RJara1 se registró una baja abundancia en ambas épocas, lo cual estaría relacionado a las condiciones de corriente rápida, dificultando el asentamiento de estos organismos en el lecho del río, principalmente en época húmeda debido al incremento del caudal. Además, la calidad biológica ABI y calidad hidromorfológica fueron moderadas en ambas épocas. Por otro lado, la calidad de sedimentos en el punto SED-RJara1 las concentraciones de arsénico (épocas húmeda y seca) y plomo solo en época húmeda, superaron el valor referencial PEL de la CEQG.

Las aguas subterráneas en los puntos MGW-CO-01, MGW-CO-04, MGW-CO-05 y MGW-CO-06, evaluados en época húmeda, presentaron facies sulfatadas mixtas (sódica cálcica), bicarbonatadas mixtas (cálcico sódico), sulfatadas cálcicas y sulfatadas mixtas (sódica cálcica), respectivamente, y de acuerdo al diagrama de Gibbs se ubicaron en la zona de evaporación (flujo local); así también, estos puntos registraron valores de pH 6,37, 7,27, 6,63 y 5,36, respectivamente. De igual manera, las concentraciones de talio y zinc (MGW-CO-06), arsénico y plomo (MGW-CO-04 y MGW-CO-05) y fósforo (MGW-CO-01), incumplieron de manera referencial los ECA para agua Cat3 o Cat4 y de acuerdo con el diagrama de Ficklin los puntos mencionados se clasifican como aguas casi neutras con baja carga de metales. Cabe precisar, que las aguas subterráneas se ubican sobre unidades volcánicas del Miembro Chacacuniza (MGW-CO-01) y rocas sedimentarias del Grupo Mitu (MGW-CO-04, MGW-CO-05 y MGW-CO-06).

Microcuenca Imaginamayu (zona III)

Las unidades lito estratigráficas predominantes corresponden a las rocas volcánicas de la Formación Quenamari-Miembro Sapanuta (Nm-qu/sa), la composición geoquímica de las rocas volcánicas presenta valores de As, Be, Sn, Mo, Zn, Rb, Th, U y Ga que superan a los valores promedios de la corteza continental, lo cual se correlaciona con la asociación de minerales en condiciones félsicas.

La calidad del agua en los puntos Cor-bof42 y Cor-bof46, ubicados en la naciente de la quebrada Imaginamayu, presentaron valores de pH 5,66 y 5,68 (época húmeda) respectivamente. El punto Cor-bof42 registró concentraciones de arsénico, cadmio, hierro, manganeso, zinc, plomo, talio (época húmeda), zinc (época seca); mientras que, el punto Cor-bof46 solo registró en la época húmeda concentraciones de zinc y plomo que excedieron los valores de los ECA para agua Cat3 o Cat4. Asimismo, ambos puntos presentaron facies bicarbonatadas sódicas.

Por otro lado, el sedimento en los puntos SED-Cor-bof42 y SED-Cor-bof46, las concentraciones de arsénico, cadmio, cobre, cromo, plomo y zinc disminuyeron en época húmeda con respecto a la época seca; a excepción de mercurio en el punto SED-Cor-bof46 el cual registró un aumento, excediendo el valor ISQG de la CEQG.

La quebrada Imaginamayu evaluada en épocas húmeda y seca, durante su recorrido entre los puntos QImag1 y QImag2; y luego de recibir el aporte de la quebrada Pausicucho (QPaus1) no registró un cambio significado en su calidad, a pesar de que la quebrada Pausicucho (QPaus1) presentó concentraciones de arsénico, plomo, fósforo y hierro (época húmeda) que excedieron los ECA para agua Cat3 o Cat4; asimismo, solo en el punto QImag1 se presentó concentraciones de fósforo (época húmeda) y de zinc (época seca) que excedieron los estándares mencionados. Además, los puntos evaluados presentaron facies bicarbonatadas sódicas y según el diagrama de Ficklin se clasifican como aguas casi neutras con baja carga de metales. Respecto a la calidad de sedimentos, la concentración de arsénico solo en época húmeda para el punto SED-QImag1 superó el valor ISQG de la CEQG.

La comunidad de macroinvertebrados bentónicos, en el punto HID-QImag2 presentó un incremento de organismos de los órdenes de Ephemeroptera y Trichoptera en ambas épocas, con respecto al punto HID-QImag1; así como un incremento de organismos del taxón *Macrelmis* sp. Cabe resaltar que, la quebrada Pausicucho (HID-QPaus1), presentó una composición comunitaria heterogénea en época seca; mientras que, en época húmeda se observó un incremento significativo en la abundancia del taxón tolerante *Cricotopus* sp., y un incremento de organismos de la clase Ephemeroptera y de la familia Elmidae, taxones sensibles y presentes en aguas bien oxigenadas. Según el índice biológico ABI, la calidad biológica en todos los puntos evaluados fueron entre moderada a buena.

Microcuenca Quelcaya (zona IV)

Las unidades lito estratigráficas predominantes corresponden a las rocas volcánicas de la Formación Quenamari-Miembro Chacacuniza (Nm-qu/ch), la geoquímica de las rocas volcánicas del Miembro Chacacuniza indicaron que los elementos As, Ba, Cr, Sn, Rb, Th, U y Ga superan a los valores promedios de la corteza continental.

En la quebrada Simiaje, evaluada sólo en época húmeda, el punto QSimi2 (ubicado aguas abajo de la confluencia de la quebrada sin nombre) presentó un incremento en la concentración de fósforo con respecto al punto QSimi1 (naciente del río Quelcaya), que incumplió los ECA para agua Cat3 o Cat4; con cambios en sus facies de sulfatadas mixtas (cálcico sódico) a bicarbonatadas mixtas, debido al aporte de la quebrada sin nombre (QSN3), la cual registró concentraciones de cadmio disuelto y fósforo que incumplieron el mencionado estándar; además, presentó facies bicarbonatadas sódicas. De acuerdo al diagrama de Ficklin, los tres puntos evaluados se clasificaron como aguas casi neutras con baja carga de metales. Con relación a la calidad de sedimentos, las concentraciones de arsénico (SED-QSimi1) y mercurio (SED-QSimi2) superaron los valores PEL de la CEQG. Habiendo un incremento en la concentración de mercurio y una disminución de la concentración de arsénico en el punto SED-QSimi2.

Respecto a la comunidad de macroinvertebrados bentónicos, en el punto HID-QSimi2 se registró una composición comunitaria heterogénea, con presencia de organismos de los órdenes: Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera, indicadores de buena calidad del agua; así como, presencia y predominio de organismos de la

clase Hirudinea, presente en ambientes con alta carga orgánica. Esta heterogeneidad comunitaria se ve facilitada por la mayor disponibilidad de mesohábitats en época húmeda, lo cual es respaldado por una valoración de calidad hidromorfológica moderada; así como también, una calidad biológica moderada (índice ABI).

El tramo comprendido entre las quebradas Quellapujio (QQuel1) y Misachancara (QMisa1), recibe los afluentes de las quebradas Maijo Aje (QMaij1), Chaupitera1 (QChau1) y Chaupitera2 (QChau2). El punto QMisa1 (ubicado aguas abajo de los afluentes mencionados) presentó un incremento de las concentraciones de plomo y zinc, y disminución de fósforo con respecto al punto QQuel1, las concentraciones de fósforo y plomo incumplieron los ECA para agua Cat3 o Cat4; asimismo, las facies cambiaron de bicarbonatadas mixtas (potásico cálcicas) a mixtas (sulfatadas bicarbonatada-cálcica sódica). Dicho incremento de la concentración de plomo y zinc se debería al aporte de la quebrada Chaupitera2 (QChau2), mientras que las quebradas Maijo Aje (QMaij1) y Chaupitera1 (QChau1) actúan como diluyentes, cabe señalar que los afluentes presentaron facies bicarbonatadas sódicas. De acuerdo al diagrama de Fickin todos los puntos evaluados se clasificaron como aguas casi neutras con baja carga de metales. Con respecto a la calidad de sedimento, el punto SED-QMisa1 registró una disminución de las concentraciones de arsénico, mercurio y plomo que superaron los valores PEL de la CEQG.

El tramo comprendido en el río Quelcaya, entre los puntos RQuel1 y RQuel2 se ubica la comunidad campesina de Quelcaya, que recibe como afluentes a las quebradas sin nombre y Sititoco (QSiti1). En el punto RQuel2 (aguas abajo) las concentraciones de fósforo y plomo disminuyeron con respecto al punto RQuel1, donde solo el fósforo excedió los ECA para agua Cat3 o Cat4 en ambos puntos evaluados; mientras que el plomo excedió el referido estándar solo en el punto RQuel1 (época húmeda). Asimismo, las facies cambiaron de sulfatadas sódicas a bicarbonatadas mixtas (cálcica sódica) en época seca y de bicarbonatadas sódicas a bicarbonatadas cálcicas en época húmeda; y de acuerdo al diagrama de Ficklin, ambos puntos evaluados se clasificaron como aguas casi neutras con baja carga de metales.

Respecto a la comunidad de macroinvertebrados bentónicos, en el punto HID-RQuel2 (época húmeda), se observó disminución en la riqueza y abundancia con respecto al punto HID-RQuel1; así también, la calidad biológica (índice ABI) cambió de buena a moderada, mientras que la calidad hidromorfológica fue moderada en ambos puntos. Esta variación se debería al aporte de las quebradas sin nombre y la quebrada Sititoco (QSiti1), esta última con facies hidroquímicas de tipo bicarbonatadas mixtas (época seca y húmeda); y de acuerdo al diagrama de Ficklin se clasifica como aguas casi neutras con baja carga de metales. Además, la calidad hidromorfológica y calidad biológica (índice ABI) de este punto en época húmeda, fue moderada y buena, respectivamente. Por otro lado, en los sedimentos, la concentración de arsénico solo en el punto SED-RQuel1 (época seca) superó el valor PEL de la CEQG.

Las aguas subterráneas en los puntos MGW-CO-02 y MGW-CO-03, evaluados en época húmeda, presentaron facies sulfatadas mixtas (cálcico magnésico) y bicarbonatadas sódicas; de acuerdo al diagrama de Gibbs se ubicaron en la zona de evaporación (flujo local); clasificándose según el diagrama de Ficklin como aguas ácidas con elevada carga de metales y aguas casi neutras con baja carga de metales. Estos puntos registraron valores de pH 4,65 y 7,67; las concentraciones de cadmio disuelto, hierro, manganeso, plomo, talio, zinc (MGW-CO-02), arsénico, boro, fósforo, hierro, manganeso (MGW-CO-03) excedieron de forma referencial

los ECA para agua Cat3 o Cat4. Cabe precisar que las aguas subterráneas se ubican sobre unidades volcánicas del Miembro Chacacuniza (MGW-CO-02 y MGW-CO-03).

2.2. Calidad de aire

Las direcciones predominantes de los vientos en las comunidades campesinas de Chacaconiza (AIR-CO-01) y Quelcaya (CA-COR-02) fueron norte (N) y sureste (SE). Asimismo, las concentraciones de PM_{10} y $PM_{2,5}$ reportadas en los dos puntos, cumplieron con el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para aire (Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM). Por otro lado, las concentraciones de metales evaluados en los dos puntos fueron menores a los señalados en los Criterios de calidad de aire establecidos por el Ministerio del Ambiente de Ontario, Canadá, abril de 2012 (Ambient Air Quality Criteria-AAQC) comparados referencialmente.

2.3. Nivel de fondo

Las áreas de nivel de fondo ZNF-2 y ZNF-4 presentan basamento volcánico y sedimentario-volcánico (mixto) respectivamente. EL tipo de suelo corresponde a Consociación Minaspata – Santo Cato (MSt) y Consociación Pausicucho (Pa). El ZNF-2 yace sobre rocas volcánicas de la Formación Quenamari – Miembro Chacacuniza; mientras que, el ZNF-4 se desarrolló sobre depósitos aluviales, cuyo basamento corresponde al Grupo Mitu (sedimentario) y a rocas volcánicas del Miembro Chacacuniza.

De la evaluación en el nivel de fondo ZNF-2, la distribución espacial de los metales y metaloides, las concentraciones de plomo cadmio y bario es mayor en los puntos ubicados cercanos al tajo mina principal y el depósito de desmonte de mina principal, disminuyendo conforme se alejan de estos componentes; mientras que, las concentraciones de arsénico, mercurio y cromo son homogéneas en el área de evaluación. Asimismo, en el nivel de fondo en la ZNF-4, las concentraciones de plomo cadmio y bario es mayor en los puntos que se encuentran más cercanos al tajo este, disminuyendo conforme se alejan de este componente; en tanto, las concentraciones de arsénico, mercurio y cromo son homogéneas en la zona de evaluación.

2.4. Flora silvestre

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

Del total de especies, en las microcuencas Supayhuasi (EF 3 y EF 4), Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa (EF 6), Imaginamayu (EF 1 y EF 2) y Quelcaya (EF 5) se registraron un total de 73, 76, 102 y 53 respectivamente; donde en cada una de ellas 2, 5, 8 y 2 se encuentran en algún estado de conservación respectivamente.

Las formaciones más diversas fueron el césped de puna y la vegetación de roquedal, con 2,23 y 2,11 nits/individuos respectivamente. Las microcuencas más diversas fueron las microcuencas Imaginamayu (EF 1 y EF 2) y Supayhuasi (EF 3 y EF 4), con 2,04 y 1,99 nits/individuos respectivamente.

El análisis de escalonamiento multidimensional no métrico (NMDS) y de similitud evidenciaron que las formaciones vegetales evaluadas están bien definidas, siendo las más relacionadas entre sí, el césped de puna y la vegetación de roquedal en cuanto a las cuatro formaciones vegetales evaluadas; y también, las microcuencas Imaginamayu (EF 1 y EF 2) y Supayhuasi (EF 3 y EF 4), con respecto a las cuatro microcuencas evaluadas.

2.5. Fauna silvestre

Anfibios y reptiles

En el área de estudio se registraron dos especies de anfibios del Orden Anura, *Telmatobius* cf. *marmoratus* (familia Telmatobiidae) y *Pleurodema marmoratum* (familia Leptodactylidae); y una especie de reptil, lagartija *Liolaemus* gr. *signifer*, que fue la especie más abundante y que presentó mayor distribución.

El tipo de hábitat más diverso fue el bofedal, donde se registraron tres especies (dos anfibios y un reptil), seguida del hábitat de césped donde se registraron dos especies. Los hábitats césped de puna y suelo crioturbados, son los hábitats donde las lagartijas *L.* gr. *signifer* presentaron mayores valores de abundancia. Por otro lado, la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa (EF 6) presentó mayor diversidad de anfibios y reptiles, seguida de la microcuenca Imaginamayu (EF 1 y EF 2).

La rana *Telmatobius* cf. *marmoratus,* es la única especie que está considerada como una especie vulnerable (VU) en el DS 0004- 2014 MINAG y en el listado de especies amenazadas de la Unión Internacional para la naturaleza (UICN, 2018). Esta especie se registró solo en la microcuenca de la quebrada Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa (EF 6) en el tipo de hábitat de bofedal.

Aves

En el área de estudio la avifauna registrada fue típica de la zona altoandina; se registraron 43 especies pertenecientes a 18 familias y 11 órdenes; donde, los órdenes que presentaron mayor número de especies fueron los Passeriformes con 25 especies, seguido de Charadriiformes y Apodiformes ambas con 4 especies; mientras que las familias con mayor número de especies fueron Tyrannidae con 9 especies, seguido de la familia Furnariidae con 7 especies y de la familia Thraupidae con 5 especies. Estos grupos taxonómicos son los más representativos de los ecosistemas altoandinos del Perú.

De las 43 especies registradas, 41 fueron consideradas residentes y 2 migratorias (Muscisaxicola cinereus y M. flavinucha), de las residentes, 27 especies fueron de ambientes terrestres y 14 de ambientes acuáticos. Asimismo, la especie con mayor número de individuos fue Cinclodes albiventris «churrete de ala crema», con 82 individuos; seguido de Phrygilus plebejus «fringilo de pecho cenizo», con 79 individuos. Es importante mencionar el registro del Phoenicopterus chilensis «flamenco chileno», especie nueva en el área de estudio.

Los hábitats evaluados presentaron una mixtura de especies de aves, con presencia de especies generalistas y propias de cada hábitat. La laguna Chullumpicocha fue importante para las aves acuáticas; mientras que el bofedal y pajonal fueron los hábitats que comparten especies terrestres.

El hábitat que presentó la mayor riqueza, abundancia y diversidad fue el bofedal, mientras que la microcuenca Imaginamayu (EF 1 y EF 2) registró la mayor riqueza y abundancia. Además, el hábitat que mostró la menor riqueza, abundancia y diversidad fueron los suelos crioturbados, mientras que la microcuenca Quelcaya (EF 5) fue la de menor riqueza y abundancia.

La riqueza de especies fue muy significativa en el área de estudio encontrando 22 especies de interés para la conservación, de las cuales sola 1 es endémica de Perú y 13 restringidas al bioma Andes Centrales.

Según la legislación nacional se registró una especie categorizada como Vulnerable (VU), «bandurria de cara negra» *Theristicus melanopis*, y tres especies categorizadas como Casi amenazada (NT), siendo «flamenco chileno» *Phoenicopterus chilensis*, «zambullidor plateado» *Podiceps occipitalis* y «gallareta gigante» *Fulica gigantea*, todas estas especies son aves acuáticas.

Mamíferos silvestres

Con relación a los mamíferos silvestres, se registraron ocho especies de mamíferos mayores, de los cuales cuatros especies son del orden Carnívora. Asimismo, en la microcuenca Imaginamayu (EF 1 y EF 2), se presentó el mayor registro de especies de mamíferos silvestres por medio de recorridos y cámaras trampa, con seis y cinco especies, respectivamente.

Del total de especies registradas, cinco de ellas se encuentran en la lista de conservación nacional e internacional. Entre las que destacan *Hippocamelus antisensis* «taruca» categorizada como especie vulnerable (VU) por IUCN y Cites I; *Puma concolor* «puma» categorizada en estado de Casi Amenazada (NT) por la legislación nacional y Cites II; *Leopardus colocolo* «gato de pajonal» categorizada con Datos insuficientes (DD) por legislación nacional y Cites II, y casi amenazada (NT) por IUCN; así mismo, *Vicugna vicugna* «vicuña» se encuentra en categoría de Casi amenazada (NT) por la legislación nacional y Cites I; y por último, el «zorro» *Lycalopex culpaeus* considerada en el Cites II.

3. RECOMENDACIONES

- Aprobar el informe de la evaluación ambiental en el área de influencia del proyecto minero Corani Bear Creek Mining S.A.C. durante el 2017 y 2018, en vista que cuenta con el sustento técnico requerido.

- Remitir a la Dirección de Supervisión Ambiental en Minería y Energía para los fines que se estimen convenientes.

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

LLOJAN CHUQUISENGO PICON
Especialista en Monitoreo y Vigilancia Ambiental
Subdirección Técnica Científica
Dirección de Evaluación Ambiental
Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

DARWIN ERNESTO ORÓS GUZMÁN
Especialista de Evaluaciones Ambientales
Subdirección Técnica Científica
Dirección de Evaluación Ambiental
Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

DIBER ROLANDO SALDAÑA ALFARO
Tercero Evaluador
Subdirección Técnica Científica
Dirección de Evaluación Ambiental
Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

JORGE LUIS FERNANDEZ NAJARRO
Tercero Evaluador
Subdirección Técnica Científica
Dirección de Evaluación Ambiental
Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

FRANCIS JESUS CARI ABRIL
Tercero Evaluador
Subdirección Técnica Científica
Dirección de Evaluación Ambiental
Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

JHONY ANGEL RÍOS GARCÍA
Tercero Evaluador
Subdirección Técnica Científica
Dirección de Evaluación Ambiental
Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

HUBER SADY TRINIDAD PATRICIO
Tercero Evaluador
Subdirección Técnica Científica
Dirección de Evaluación Ambiental
Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

ERICKA JUDITH MORGA CASTELLANOS
Tercero Evaluador
Subdirección Técnica Científica
Dirección de Evaluación Ambiental
Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

JACKELINE AMANDA DELGADO CORNEJO
Tercero Evaluador
Subdirección Técnica Científica
Dirección de Evaluación Ambiental
Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

DANY ERNESTO CHUNGA BENAVIDES
Tercero Evaluador
Subdirección Técnica Científica
Dirección de Evaluación Ambiental
Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Lima, 26 SEP. 2018

Visto el Informe N.° 287 -2018-OEFA/DEAM-STEC, la Dirección de Evaluación Ambiental ha dispuesto su aprobación.

Atentamente:

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

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN 1
2. ANTECEDENTES 1
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 en el marco de la función evaluadora 5
3. OBJETIVOS 7
3.1. Objetivo general 7
3.2. Objetivos específicos 7
4. ÁREA DE ESTUDIO 8
5. PARTICIPACIÓN CIUDADANA 10
6. METODOLOGÍA 11
6.1. Agua 11
6.1.1. Guías utilizadas para la evaluación 12
6.1.2. Ubicación de puntos 12
6.1.3. Parámetros y métodos de análisis 18
6.1.4. Equipos utilizados 20
6.1.5. Aseguramiento de la calidad 20
6.1.6. Criterios de comparación 20
6.2. Sedimentos 22
6.2.1. Guías utilizadas para la evaluación 22
6.2.2. Ubicación de puntos 22
6.2.3. Parámetros y métodos de análisis 25
6.2.4. Equipos utilizados 26
6.2.5. Aseguramiento de la calidad 26
6.2.6. Criterios de comparación 26
6.3. Aire 27
6.3.1. Guías utilizadas para la evaluación 27
6.3.2. Ubicación de puntos 27
6.3.3. Parámetros y métodos de análisis 28
6.3.4. Equipos utilizados 28
6.3.5. Aseguramiento de la calidad 29
6.3.6. Criterios de comparación 29

6.3.7. Procesamiento de datos 30
6.4. Nivel de fondo 31
6.4.1. Guía utilizada para la evaluación 31
6.4.2. Ubicación de puntos 31
6.4.3. Parámetros y métodos de análisis 35
6.4.4. Equipos utilizados 36
6.4.5. Aseguramiento de la calidad 36
6.4.6. Procesamiento de datos 36
6.5. Comunidades hidrobiológicas 37
6.5.1. Guía utilizada para la evaluación 37
6.5.2. Ubicación de puntos 37
6.5.3. Parámetros y métodos de análisis 42
6.5.4. Equipos utilizados 43
6.5.5. Aseguramiento de la calidad 43
6.5.6. Procesamiento de datos 43
6.6. Evaluación hidroquímica 49
6.6.1. Ubicación de puntos 49
6.6.2. Procesamiento de datos 49
6.7. Caracterización geológica 54
6.7.1. Referencias para la caracterización geológica 54
6.7.2. Ubicación de puntos 55
6.7.3. Equipos y materiales utilizados 55
6.7.4. Procesamiento de datos 56
6.8. Geoquímica de roca 57
6.8.1. Referencias para la geoquímica de rocas 57
6.8.2. Ubicación de puntos 57
6.8.3. Parámetros y métodos de análisis 57
6.8.4. Equipos utilizados 58
6.8.5. Procesamiento de datos 58
6.9. Flora silvestre 59
6.9.1. Guías utilizadas para la evaluación 59
6.9.2. Ubicación de transectos 59
6.9.3. Parámetros de análisis 61

6.9.4. Equipos utilizados 61
6.9.5. Procesamiento de datos 62
6.10. Fauna silvestre 65
6.10.1. Guía utilizada para la evaluación 65
6.10.2. Ubicación de puntos 65
6.10.3. Parámetros de análisis 80
6.10.4. Equipos utilizados 81
6.10.5. Procesamiento de datos 82
7. RESULTADOS 85
7.1. Comparación con la norma vigente 87
7.1.1. Calidad de agua superficial 87
7.1.2. Calidad de efluentes 112
7.1.3. Calidad del aire 115
7.2. Comparación referencial con estándares nacionales y de nivel internacional ... 118
7.2.1. Calidad de manantiales 118
7.2.1. Calidad de agua subterránea 121
7.2.2. Calidad de sedimentos 126
7.2.3. Calidad del aire 146
7.3. Estudios especializados 148
7.3.1. Nivel de fondo de suelo 148
7.3.2. Comunidades hidrobiológicas 151
7.3.3. Evaluación hidroquímica 199
7.3.4. Caracterización geológica 214
7.3.5. Geoquímica de roca 224
7.3.6. Flora silvestre 230
7.3.7. Fauna silvestre 254
8. DISCUSIONES 301
8.1. Agua, sedimentos y comunidades hidrobiológicas 301
8.1.1. Microcuenca Supayhuasi (zona I) 301
8.1.2. Microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa (zona II) 317
8.1.3. Microcuenca Imaginamayu (zona III) 327
8.1.4. Microcuenca Quelcaya (zona IV) 334
8.2. Calidad del aire 339

8.3. Nivel de fondo 342
8.4. Flora silvestre 347
8.5. Fauna silvestre 351
8.5.1. Anfibios y reptiles 351
8.5.2. Aves 356
8.5.3. Mamíferos silvestres 362
9. CONCLUSIONES 365
9.1. Calidad de agua, sedimento y comunidades hidrobiológicas 365
9.2. Calidad del aire 370
9.3. Nivel de fondo 370
9.4. Flora silvestre 371
9.5. Fauna silvestre 371
10. ANEXOS 373
11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 373

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1. Instrumentos de gestión ambiental aprobados del proyecto minero Corani de Bear Creek Mining S.A.C. 3
Tabla 2-2. Pasivos ambientales en el área de influencia del proyecto minero Corani 3
Tabla 2-3. Parámetros que incumplieron la normativa para agua en el área de influencia del proyecto minero Corani de Bear Creek Mining S.A.C. 4
Tabla 2-4. Informes del área de Monitoreo y Vigilancia Ambiental de la Dirección de Evaluación del OEFA en el área de influencia del proyecto minero Corani 5
Tabla 5-1. Actores sociales en el área de influencia del proyecto minero Corani 10
Tabla 5-2. Participación ciudadana de acuerdo a la ejecución de las etapas de la EAT en el área de influencia del proyecto minero Corani 11
Tabla 6-1. Referencias para el muestreo de la calidad de agua superficial, subterránea y efluente en el área de influencia del proyecto minero Corani de BCM 12
Tabla 6-2. Ubicación de puntos de muestreo de agua superficial (ríos, quebradas, lagunas y bofedales) evaluados en épocas seca (2017) y húmeda (2018) 13
Tabla 6-3. Ubicación de puntos de muestreo de manantiales evaluados en épocas seca (2017) y húmeda (2018) 17
Tabla 6-4. Ubicación de puntos de muestreo de agua subterránea (piezómetros) evaluados en época húmeda (2018) 17
Tabla 6-5. Ubicación de puntos de muestreo de efluentes evaluados en época húmeda (2018) 18
Tabla 6-6. Parámetros evaluados y métodos de análisis, y cantidad de puntos de agua superficial - 2017 y agua superficial, subterránea (piezómetros) y efluente – 2018 19
Tabla 6-7. Equipos utilizados para el muestreo de agua superficial en época seca (julio 2017) y en época húmeda (febrero 2018) 20
Tabla 6-8. Controles de calidad establecidos para agua superficial (2017) y agua superficial, subterránea y residual industrial (2018) 20
Tabla 6-9. Estándares de comparación para agua superficial (incluye manantiales), subterránea y efluente 21
Tabla 6-10. Referencias para el muestreo de la calidad de sedimentos en el área de influencia del proyecto minero Corani de BCM 22
Tabla 6-11. Ubicación de puntos de muestreo de sedimentos evaluados en época seca (setiembre 2017) y en época húmeda (marzo 2018) 23
Tabla 6-12. Parámetros evaluados y métodos de análisis, y cantidad de puntos de muestreo de sedimentos – 2017 y 2018 25
Tabla 6-13. Equipos utilizados para el muestreo de sedimentos en época seca (julio 2017) y en época húmeda (febrero 2018) 26
Tabla 6-14. Valores estándares de comparación para metales en sedimentos de agua continental 26
Tabla 6-15. Referencias para el muestreo de la calidad del aire en el área de influencia del proyecto minero Corani de BCM 27
Tabla 6-16. Ubicación de puntos de monitoreo de aire evaluados en mayo 2018 28
Tabla 6-17. Parámetros evaluados y métodos de análisis de aire - 2018 28
Tabla 6-18. Equipos utilizados para el monitoreo de aire en mayo 2018 29
Tabla 6-19. Estándares de comparación para calidad del aire 29
Tabla 6-20. Estándares de calidad para metales en aire de acuerdo a los criterios de calidad ambiental de Canadá 30
Tabla 6-21. Ubicación de puntos de muestreo de suelo evaluados en época seca (mayo 2018) 32
Tabla 6-22. Ubicación de puntos de muestreo de suelo evaluados en épocas húmeda (julio 2017) y seca (mayo 2018), de acuerdo a los componentes mineros y características geológicas relacionadas 35

Tabla 6-23. Parámetros evaluados y métodos de análisis, y cantidad de puntos de muestreo de suelos – 2017 y 2018 36
Tabla 6-24. Equipos utilizados para el muestreo de suelos en épocas seca (julio 2017 y mayo 2018) 36
Tabla 6-25. Ubicación de puntos de muestreo de comunidades hidrobiológicas evaluados en épocas seca (2017) y húmeda (2018) 38
Tabla 6-26. Parámetros evaluados y métodos de análisis, y cantidad de puntos de comunidades hidrobiológicas – 2017 y 2018 42
Tabla 6-27. Equipos utilizados para el muestreo de comunidades hidrobiológicas en época seca (julio 2017) y en época húmeda (febrero 2018) 43
Tabla 6-28. Características y puntuaciones hidromorfológica según el protocolo CERA-S 45
Tabla 6-29. Calidad hidromorfológica acuerdo a la puntuación del protocolo CERA-S 46
Tabla 6-30. Calidad biológica de acuerdo a la puntuación del protocolo CERA-S 47
Tabla 6-31. Calidad ecológica: recombinación entre la calidad hidromorfológica y biológica según el protocolo CERA-S 47
Tabla 6-32. Calidad ecológica según el protocolo CERA-S 47
Tabla 6-33. Puntajes de sensibilidad asignadas a las familias de macroinvertebrados bentónicos para la obtención del índice ABI 48
Tabla 6-34. Estado de la calidad ecológica del agua según el ABI en Perú 48
Tabla 6-35. Valores aceptables de error aceptable en función de la conductividad eléctrica 50
Tabla 6-36. Referencias para la caracterización geológica en el área de influencia del proyecto minero Corani de BCM 54
Tabla 6-37. Ubicación de los puntos de observación geológica 55
Tabla 6-38. Equipos y materiales utilizados para la caracterización geológica en época húmeda (febrero 2018) 56
Tabla 6-39. Documentos técnicos empleados 57
Tabla 6-40. Ubicación de los puntos de muestreo de rocas evaluados en época seca (mayo 2018) 57
Tabla 6-41. Parámetros evaluados y métodos de análisis de rocas - 2018 58
Tabla 6-42. Equipos y materiales utilizados para el muestreo de rocas evaluados en época seca (mayo 2018) 58
Tabla 6-43. Referencias para la evaluación de flora silvestre en el área de influencia del proyecto minero Corani de BCM 59
Tabla 6-44. Ubicación de transectos de flora silvestre evaluados en época seca (mayo 2018) 60
Tabla 6-45. Parámetros analizados en la evaluación de flora silvestre - 2018 61
Tabla 6-46. Equipos utilizados para la evaluación de flora silvestre en época seca (mayo 2018) 61
Tabla 6-47. Referencia para la evaluación de fauna silvestre en el área de influencia del proyecto minero Corani de BCM 65
Tabla 6-48. Ubicación de búsquedas por encuentros visuales (VES) de anfibios y reptiles evaluados en época seca (mayo 2018) 67
Tabla 6-49. Ubicación de transectos en hábitats acuáticos evaluados en época seca (mayo 2018) 71
Tabla 6-50. Ubicación de puntos de aves evaluados en época seca (mayo 2018) 74
Tabla 6-51. Ubicación de transectos de evaluación de mamíferos en época seca (mayo 2018) 78
Tabla 6-52. Ubicación de cámaras trampa evaluados en época seca (mayo 2018) 80
Tabla 6-53. Parámetros analizados en la evaluación de los grupos taxonómicos de fauna silvestre - 2018 81
Tabla 6-54. Equipos utilizados para la evaluación de fauna silvestre en época seca (mayo 2018) 81

Tabla 7-1. Resultados de calidad de agua superficial que excedieron los ECA para agua en la microcuenca Supayhasi 87
Tabla 7-2. Resultados de calidad de agua superficial que excedieron los ECA para agua en la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa 101
Tabla 7-3. Resultados de calidad de agua superficial que excedieron los ECA para agua en la microcuenca Imaginamayu 104
Tabla 7-4. Resultados de calidad de agua superficial que excedieron los ECA para agua en la microcuenca Quelcaya 108
Tabla 7-5. Resultados de calidad de efluentes que excedieron los valores de los LMP en la microcuenca Supayhasi 112
Tabla 7-6. Parámetros meteorológicos registrados en los puntos de monitoreo AIR-CO-01 y CA-COR-02 115
Tabla 7-7. Resultados de calidad de manantiales que excedieron referencialmente los ECA para agua en las microcuencas Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa y Quelcaya 118
Tabla 7-8. Resultados de calidad de agua subterránea (piezómetros) que excedieron referencialmente los ECA para agua en las microcuencas Supayhuasi, Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa y Quelcaya 122
Tabla 7-9. Resultados de calidad de sedimentos que excedieron los valores de la CEQG-SQG en la microcuenca Supayhuasi 127
Tabla 7-10. Resultados de calidad de sedimentos que excedieron los valores de la CEQG-SQG en la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa 132
Tabla 7-11. Resultados de calidad de sedimentos que excedieron los valores de la CEQG-SQG en la microcuenca Imaginamayu 137
Tabla 7-12. Resultados de calidad de sedimento que excedieron los valores de la CEQG-SQG en la microcuenca Quelcaya 141
Tabla 7-13. Concentraciones diarias de metales registradas en el punto de monitoreo AIR-CO-01 146
Tabla 7-14. Concentraciones diarias de metales registradas en el punto de monitoreo CA-COR-02 147
Tabla 7-15. Resultados de nivel de fondo y nivel de referencia de suelo en el área de influencia del proyecto minero Corani 148
Tabla 7-16. Resultados de estadística básica de las ZNF-1 y ZNF-3 de suelo en el área de influencia del proyecto minero Corani 150
Tabla 7-17. Diversidad alfa del perifiton vegetal por punto de muestreo en las evaluaciones de 2017 y 2018, en la microcuenca Supayhuasi 159
Tabla 7-18. Composición, riqueza y abundancia del perifiton animal, en la evaluación de 2018, en la microcuenca Supayhuasi 160
Tabla 7-19. Diversidad alfa de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo en las evaluaciones de 2017 y 2018, en la microcuenca Supayhuasi 167
Tabla 7-20. Calidad ecológica de acuerdo con el protocolo CERA-S, en la microcuenca Supayhuasi 169
Tabla 7-21. Diversidad alfa del perifiton vegetal por punto de muestreo en las evaluaciones de 2017 y 2018, en la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa.. 172
Tabla 7-22. Diversidad alfa de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo en las evaluaciones de 2017 y 2018, en la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa 177
Tabla 7-23. Calidad ecológica de acuerdo con el protocolo CERA-S, en la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa 178
Tabla 7-24. Diversidad alfa del perifiton vegetal por punto de muestreo en las evaluaciones de 2017 y 2018, en la microcuenca Imaginamayu 181
Tabla 7-25. Composición, riqueza y abundancia del perifiton animal, en las evaluaciones de 2017 y 2018, en la microcuenca Imaginamayu 183

Tabla 7-26. Diversidad alfa de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo en las evaluaciones de 2017 y 2018, en la microcuenca Imaginamayu 186
Tabla 7-27. Calidad ecológica de acuerdo con el protocolo CERA-S, en la microcuenca Imaginamayu 188
Tabla 7-28. Diversidad alfa del perifiton vegetal por punto de muestreo en las evaluaciones de 2017 y 2018, en la microcuenca Quelcaya 192
Tabla 7-29. Composición, riqueza y abundancia del perifiton animal, en la evaluación de 2018, en la microcuenca Quelcaya 193
Tabla 7-30. Diversidad alfa de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo en las evaluaciones de 2017 y 2018, en la microcuenca Quelcaya 197
Tabla 7-31. Calidad ecológica de acuerdo con el protocolo CERA-S, en la microcuenca Quelcaya 199
Tabla 7-32. Balance iónico de los cuerpos agua en la microcuenca Supayhuasi 201
Tabla 7-33. Balance iónico de los cuerpos agua en la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa 202
Tabla 7-34. Balance iónico de los cuerpos agua en la microcuenca Imaginamayu 203
Tabla 7-35. Balance iónico de los cuerpos agua en la microcuenca Quelcaya 203
Tabla 7-36. Rango de variaciones de concentraciones de SO_4^{2-} en la microcuenca Supayhuasi, por periodo de evaluación 204
Tabla 7-37. Mineralogía de los sectores Corani Este, Corani Mina y Corani Principal 216
Tabla 7-38. Concentración de metales en muestras de roca COMIN01 y COMIN02 227
Tabla 7-39. Resultados de laboratorio de la prueba estática de ABA de las muestras COMIN-01 y COMIN-02 228
Tabla 7-40. Número de familias, géneros y especies por cada clase registrada en el área de estudio 230
Tabla 7-41. Cobertura vegetal por transecto, formación vegetal, ecosistema Frágil y Microcuenca, presente en el área de influencia de proyecto minero Corani de BCM 239
Tabla 7-42. Índices de diversidad alfa obtenido de los transectos evaluados en los puntos de muestreo presentes en el área de influencia del proyecto minero Corani de BCM 246
Tabla 7-43. Índices de similitud entre las formaciones vegetales presentes en el área de influencia del proyecto minero Corani de Bear Creek Mining S.A.C., con el Índice Morisita 249
Tabla 7-44. Índices de Similitud entre las EF/Zonas presentes en el área de influencia proyecto minero Corani de Bear Creek Mining S.A.C., con el Índice Morisita. 250
Tabla 7-45. Especies categorizadas según la legislación nacional e internacional, presentes en el área de influencia del proyecto minero Corani de BCM 254
Tabla 7-46. Lista de especies endémicas del Perú, según León *et al.* (2006) y su distribución departamental. 254
Tabla 7-47. Especies de anfibios y reptiles registrados en el área de influencia del proyecto minero Corani 255
Tabla 7-48. Esfuerzo de muestreo por hábitat en el área de estudio 256
Tabla 7-49. Anfibios y reptiles registrados en el hábitat de bofedal en el área de estudio 258
Tabla 7-50. Anfibios y reptiles registrados en el hábitat de césped de puna en el área de estudio 259
Tabla 7-51. Anfibios y reptiles registrados en el hábitat de pajonal en el área de estudio 259
Tabla 7-52. Anfibios y reptiles registrados en el hábitat de roquedal el área de estudio.. 259
Tabla 7-53. Anfibios y reptiles registrados en el hábitat de suelos crioturbados en el área de estudio del proyecto minero Corani 260
Tabla 7-54. Riqueza, abundancia e índices de diversidad por tipo de hábitat en el área de estudio 260

Tabla 7-55. Valores del índice de similitud de Morisita por microcuenca en el área de estudio 261
Tabla 7-56. Unidades y esfuerzo de muestreo por microcuenca en el área de estudio ... 262
Tabla 7-57. Anfibios y reptiles registrados en la microcuenca Supayhuasi en el área de estudio 263
Tabla 7-58. Anfibios y reptiles registrados en la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa en el área de estudio 264
Tabla 7-59. Anfibios y reptiles registrados en la microcuenca Imaginamayu en el área de estudio 264
Tabla 7-60. Anfibios y reptiles registrados en la microcuenca Quelcaya en el área de estudio 265
Tabla 7-61. Riqueza, abundancia e índices de diversidad por microcuenca en el área de estudio 265
Tabla 7-62. Valores del índice de similitud de Morisita por microcuenca en el área de estudio 266
Tabla 7-63. Valores de los parámetros físicos y características ambientales de los transectos evaluados en hábitats acuáticos en el área de estudio 269
Tabla 7-64. Especies categorizadas según el Decreto Supremo N.° 004-2014-MINAGRI y la UICN (2018), presentes en el área de estudio 271
Tabla 7-65. Orden, familia y número de especies de aves registradas en el área de estudio 272
Tabla 7-66. Resumen de la riqueza y abundancia de aves por hábitat en el área de estudio 274
Tabla 7-67. Riqueza de especies y abundancia de aves en los bofedales de los ecosistemas frágiles en el área de estudio 276
Tabla 7-68. Riqueza de especies y abundancia de aves en el hábitat césped de puna de los ecosistemas frágiles en el área de estudio 277
Tabla 7-69. Riqueza de especies y abundancia de aves en pajonal del ecosistema frágil EF 1 en el área de estudio 278
Tabla 7-70. Riqueza de especies y abundancia de aves en roquedal de los ecosistemas frágiles en el área de estudio 279
Tabla 7-71. Riqueza de especies y abundancia de aves en suelos crioturbados de los ecosistemas frágiles en el área de estudio 280
Tabla 7-72. Riqueza de especies y abundancia de aves en la laguna Chullumpicocha del ecosistema frágil EF 1 en el área de estudio 281
Tabla 7-73. Riqueza, abundancia e índices de diversidad por hábitat en el área de estudio 282
Tabla 7-74. Valores del índice de similitud de Morisita entre los hábitats en el área de estudio 283
Tabla 7-75. Riqueza de especies y abundancia de aves en la microcuenca Supayhuasi del área de estudio 284
Tabla 7-76. Riqueza de especies y abundancia de aves en la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa del área de estudio 285
Tabla 7-77. Riqueza de especies y abundancia de aves en la microcuenca Imaginamayu del área de estudio 287
Tabla 7-78. Riqueza de especies y abundancia de aves en la microcuenca Quelcaya del área de estudio 288
Tabla 7-79. Riqueza, abundancia e índices de diversidad por microcuenca en el área de estudio 289
Tabla 7-80. Valores del índice de similitud de Morisita entre las microcuencas en el área de estudio 290
Tabla 7-81. Lista de especies incluidas en categorías de conservación y endémicas registradas en el área de estudio 292
Tabla 7-82. Usos de las aves por la población local en el área de estudio 293

Tabla 7-83. Composición de mamíferos en las cuatro zonas evaluadas 293
Tabla 7-84. Unidades y esfuerzo de muestreo por microcuenca en el área de influencia del proyecto minero Corani 294
Tabla 7-85. Esfuerzo de muestreo de cámaras trampa para la evaluación de mamíferos silvestres en el área de estudio 294
Tabla 7-86. Índice de ocurrencia (IO) e índice de abundancia de mamíferos en las cuatro microcuencas evaluadas en el área de estudio 295
Tabla 7-87. Valores del índice de similaridad de Jaccard entre las microcuencas en el área de estudio 295
Tabla 7-88. Registros independientes de mamíferos silvestres por cámaras trampa 297
Tabla 7-89. Estado de conservación de especies amenazadas 301
Tabla 8-1. Comparación referencial de los valores de nivel de fondo con los ECA para suelo 343

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2-1. Diagrama de flujo del proceso aprobado de Bear Creek Mining S.A.C..... 2
Figura 4-1. Ubicación geográfica del proyecto minero Corani 9
Figura 4-2. Ubicación geográfica de las microcuencas evaluadas en el proyecto minero Corani (2018) 9
Figura 6-1. Diagrama de Stiff 51
Figura 6-2. Diagrama de Piper 52
Figura 6-3. Clasificación geoquímica (diagrama de Ficklin) para el agua, basado en la suma de metales disueltos y el pH 53
Figura 6-4. Diagrama de Gibbs 54
Figura 7-1. Esquema de distribución de zonas en el área de influencia del proyecto minero Corani de Bear Creek Mining S.A.C. 86
Figura 7-2. Valores de pH en la microcuenca Supayhuasi, comparados con los ECA para agua categoría 3:D1 y D2, y categoría 4:E2 93
Figura 7-3. Concentración de arsénico total en la microcuenca Supayhuasi, comparados con los ECA para agua categoría 3:D1 y D2, y categoría 4:E2..... 93
Figura 7-4. Concentración de bario total en la microcuenca Supayhuasi, comparados con los ECA para agua categoría 3:D1 y categoría 4:E2 94
Figura 7-5. Concentración de cobre total en la microcuenca Supayhuasi, comparados con los ECA para agua categoría 3:D1 y D2, y categoría 4:E2..... 94
Figura 7-6. Concentración de mercurio total en la microcuenca Supayhuasi, comparados con los ECA para agua categoría 3:D1 y D2, y categoría 4:E2..... 95
Figura 7-7. Concentración de níquel total en la microcuenca Supayhuasi, comparados con los ECA para agua categoría 3:D1 y D2, y categoría 4:E2..... 95
Figura 7-8. Concentración de plomo total en la microcuenca Supayhuasi, comparados con los ECA para agua categoría 3:D1 y D2, y categoría 4:E2..... 96
Figura 7-9. Concentración de zinc total en la microcuenca Supayhuasi, comparados con los ECA para agua categoría 3:D1 y D2, y categoría 4:E2..... 96
Figura 7-10. Concentración de cadmio total en la microcuenca Supayhuasi, comparados con los ECA para agua categoría 3:D1 y D2, y categoría 4:E2..... 97
Figura 7-11. Concentración de hierro total en la microcuenca Supayhuasi, comparados con los ECA para agua categoría 3:D1 y D2, y categoría 4:E2..... 97
Figura 7-12. Concentración de manganeso total en la microcuenca Supayhuasi, comparados con los ECA para agua categoría 3:D1 y D2, y categoría 4:E2 98
Figura 7-13. Concentración de aluminio total en la microcuenca Supayhuasi, comparados con los ECA para agua categoría 3:D1 y D2, y categoría 4:E2..... 98
Figura 7-14. Concentración de cobalto total en la microcuenca Supayhuasi, comparados con los ECA para agua categoría 3:D1 y D2, y categoría 4:E2..... 99
Figura 7-15. Concentración de talio total en la microcuenca Supayhuasi, comparados con los ECA para agua categoría 3:D1 y D2, y categoría 4:E2..... 99
Figura 7-16. Concentración de cadmio disuelto total en la microcuenca Supayhuasi, comparados con los ECA para agua categoría 3:D1 y D2, y categoría 4:E2 100
Figura 7-17. Valores de pH en la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa comparados con los ECA para agua categoría 3:D1 y D2, y categoría 4:E2 102
Figura 7-18. Concentración de plomo total en la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa comparados con los ECA para agua categoría 3:D1 y D2, y categoría 4:E2..... 103
Figura 7-19. Concentración de zinc total en la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa comparados con los ECA para agua categoría 3:D1 y D2, y categoría 4:E2..... 103

Figura 7-20. Concentración de manganeso total en la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa comparados con los ECA para agua categoría 3:D1 y D2 103
Figura 7-21. Concentración de talio total en la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa comparados con los ECA para agua categoría 4:E2 104
Figura 7-22. Valores de pH en la microcuenca Imaginamayu comparados con los ECA para agua categoría 3:D1 y D2, y categoría 4:E2 106
Figura 7-23. Concentración de arsénico total en la microcuenca Imaginamayu comparados con los ECA para agua categoría 3:D1 y D2, y categoría 4:E2 106
Figura 7-24. Concentración de plomo total en la microcuenca Imaginamayu comparados con los ECA para agua categoría 3:D1 y D2, y categoría 4:E2 106
Figura 7-25. Concentración de zinc total en la microcuenca Imaginamayu comparados con los ECA para agua categoría 3:D1 y D2, y categoría 4: E2 107
Figura 7-26. Concentración de cadmio total en la microcuenca Imaginamayu comparados con los ECA para agua categoría 3:D1 y D2 107
Figura 7-27. Concentración de hierro total en la microcuenca Imaginamayu comparados con los ECA para agua categoría 3:D1 107
Figura 7-28. Concentración de manganeso total en la microcuenca Imaginamayu comparados con los ECA para agua categoría 3:D1 y D2 108
Figura 7-29. Concentración de talio total en la microcuenca Imaginamayu comparados con los ECA para agua categoría 4:E2 108
Figura 7-30. Valores de pH en la microcuenca Quelcaya comparados con los ECA para agua categoría 3:D1 y D2, y categoría 4:E2 110
Figura 7-31. Concentración de plomo total en la microcuenca Quelcaya comparados con los ECA para agua categoría 3:D1 y D2, y categoría 4:E2 110
Figura 7-32. Concentración de zinc total en la microcuenca Quelcaya comparados con los ECA para agua categoría 3:D1 y D2, y categoría 4:E2 110
Figura 7-33. Concentración de talio total en la microcuenca Quelcaya comparados con los ECA para agua categoría 4:E2 111
Figura 7-34. Concentración de cadmio disuelto en la microcuenca Quelcaya comparados con los ECA para agua categoría 4:E2 111
Figura 7-35. Valores de pH, en la microcuenca Supayhuasi, comparados con los LMP 113
Figura 7-36. Concentración de arsénico total, en la microcuenca Supayhuasi, comparados con los LMP 113
Figura 7-37. Concentración de cadmio total, en la microcuenca Supayhuasi, comparados con los LMP 113
Figura 7-38. Concentración de plomo total, en la microcuenca Supayhuasi, comparados con los LMP 114
Figura 7-39. Concentración de zinc total, en la microcuenca Supayhuasi, comparados con los LMP 114
Figura 7-40. Concentración de hierro disuelto, en la microcuenca Supayhuasi, comparados con los LMP 114
Figura 7-41. Rosas de vientos de los dos puntos de monitoreo evaluados en mayo 2018 115
Figura 7-42. Ubicación de los puntos de monitoreo AIR-CO-01 y CA-COR-02, y sus rosas de vientos 116
Figura 7-43. Resultados de PM_{10} de los dos puntos de monitoreo, comparados con los ECA para aire 117
Figura 7-44. Resultados de $PM_{2,5}$ de los dos puntos de monitoreo, comparados con los ECA para aire 117
Figura 7-45. Valores de pH en manantiales, comparados con los ECA para agua categoría 1:A1 y categoría 4:E2 119

ORGANISMO DE EVALUACIÓN Y FISCALIZACIÓN AMBIENTAL - OEFA
SUBDIRECCIÓN TÉCNICA CIENTÍFICA

Figura 7-46. Concentración de oxígeno disuelto en manantiales, comparados con los ECA para agua categoría 1:A1 y categoría 4:E2 120
Figura 7-47. Concentración de arsénico total en manantiales, comparados con los ECA para agua categoría 1:A1 y categoría 4:E2 120
Figura 7-48. Concentración de fósforo total en manantiales, comparados con los ECA para agua categoría 1:A1 y categoría 4:E2 120
Figura 7-49. Concentración de hierro total en manantiales, comparados con los ECA para agua categoría 1:A1 y categoría 4:E2 121
Figura 7-50. Concentración de cadmio disuelto en manantiales, comparados con los ECA para agua categoría 1:A1 y categoría 4:E2 121
Figura 7-51. Valores de pH en piezómetros, comparados con los ECA para agua categoría 4:E2 123
Figura 7-52. Concentración de oxígeno disuelto en piezómetros, comparados con los ECA para agua categoría 4:E2 124
Figura 7-53. Concentración de arsénico total en piezómetros, comparados con los ECA para agua categoría 4:E2 124
Figura 7-54. Concentración de bario total en piezómetros, comparados con los ECA para agua categoría 4:E2 124
Figura 7-55. Concentración de níquel total en piezómetros, comparados con los ECA para agua categoría 4:E2 125
Figura 7-56. Concentración de plomo total en piezómetros, comparados con los ECA para agua categoría 4:E2 125
Figura 7-57. Concentración de selenio total en piezómetros, comparados con los ECA para agua categoría 4:E2 125
Figura 7-58. Concentración de talio total en piezómetros, comparados con los ECA para agua categoría 4:E2 126
Figura 7-59. Concentración de zinc total en piezómetros, comparados con los ECA para agua categoría 4:E2 126
Figura 7-60. Concentración de arsénico total en la microcuenca Supayhuasi, comparados con los valores ISQG y PEL de la CEQG-SQG 128
Figura 7-61. Concentración de cadmio total en la microcuenca Supayhuasi, comparados con los valores ISQG y PEL de la CEQG-SQG 129
Figura 7-62. Concentración de cobre total en la microcuenca Supayhuasi, comparados con los valores ISQG y PEL de la CEQG-SQG 129
Figura 7-63. Concentración de cromo total en la microcuenca Supayhuasi, comparados con los valores ISQG y PEL de la CEQG-SQG 130
Figura 7-64. Concentración de mercurio total en la microcuenca Supayhuasi, comparados con los valores ISQG y PEL de la CEQG-SQG 130
Figura 7-65. Concentración de plomo total en la microcuenca Supayhuasi, comparados con los valores ISQG y PEL de la CEQG-SQG 131
Figura 7-66. Concentración de zinc total en la microcuenca Supayhuasi, comparados con los valores ISQG y PEL de la CEQG-SQG 131
Figura 7-67. Concentración de uranio total en sedimentos, en la microcuenca Supayhuasi 132
Figura 7-68. Concentración de arsénico total en la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa, comparados con los valores ISQG y PEL de la CEQG-SQG 133
Figura 7-69. Concentración de cadmio total en la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa, comparados con los valores ISQG y PEL de la CEQG-SQG133
Figura 7-70. Concentración de cobre total en la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa, comparados con los valores ISQG y PEL de la CEQG-SQG134
Figura 7-71. Concentración de cromo total en la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa, comparados con los valores ISQG y PEL de la CEQG-SQG134

Figura 7-72. Concentración de mercurio total en la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa, comparados con los valores ISQG y PEL de la CEQG-SQG 135
Figura 7-73. Concentración de plomo total en la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa, comparados con los valores ISQG y PEL de la CEQG-SQG135
Figura 7-74. Concentración zinc total en la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa, comparados con los valores ISQG y PEL de la CEQG-SQG136
Figura 7-75. Concentración de uranio total en sedimentos, en la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa 136
Figura 7-76. Concentración de arsénico total en la microcuenca Imaginamayu, comparados con los valores ISQG y PEL de la CEQG-SQG 137
Figura 7-77. Concentración de cadmio total en la microcuenca Imaginamayu, comparados con los valores ISQG y PEL de la CEQG-SQG 138
Figura 7-78. Concentración de cobre total en la microcuenca Imaginamayu, comparados con los valores ISQG y PEL de la CEQG-SQG 138
Figura 7-79. Concentración de cromo total en la microcuenca Imaginamayu, comparados con los valores ISQG y PEL de la CEQG-SQG 139
Figura 7-80. Concentración de mercurio total en la microcuenca Imaginamayu, comparados con los valores ISQG y PEL de la CEQG-SQG 139
Figura 7-81. Concentración de plomo total en la microcuenca Imaginamayu, comparados con los valores ISQG y PEL de la CEQG-SQG 140
Figura 7-82. Concentración de zinc total en la microcuenca Imaginamayu, comparados con los valores ISQG y PEL de la CEQG-SQG 140
Figura 7-83. Concentración de uranio total en sedimentos, en la microcuenca Imaginamayu 141
Figura 7-84. Concentración de arsénico total en la microcuenca Quelcaya, comparados con los valores ISQG y PEL de la CEQG-SQG 142
Figura 7-85. Concentración de cadmio total en la microcuenca Quelcaya, comparados con los valores ISQG y PEL de la CEQG-SQG 142
Figura 7-86. Concentración de cobre total en sedimento de la microcuenca Quelcaya comparados con el CEQG, (ISQG y PEL)..... 143
Figura 7-87. Concentración de cromo total en la microcuenca Quelcaya, comparados con los valores ISQG y PEL de la CEQG-SQG 143
Figura 7-88. Concentración de mercurio total en la microcuenca Quelcaya, comparados con los valores ISQG y PEL de la CEQG-SQG 144
Figura 7-89. Concentración de plomo total en la microcuenca Quelcaya, comparados con los valores ISQG y PEL de la CEQG-SQG 144
Figura 7-90. Concentración de zinc total en la microcuenca Quelcaya, comparados con los valores ISQG y PEL de la CEQG-SQG 145
Figura 7-91. Concentración de uranio total en sedimentos, en la microcuenca Quelcaya 145
Figura 7-92. Riqueza de taxones por Phyllum del perifiton vegetal en las evaluaciones de 2017 y 2018 151
Figura 7-93. Riqueza de taxones por órdenes de macroinvertebrados bentónicos en las evaluaciones de 2017 y 2018 153
Figura 7-94. Riqueza de taxones de perifiton vegetal por punto de muestreo y phyllum en la evaluación de 2018, en la microcuenca Supayhuasi 155
Figura 7-95. Comparación de la riqueza de taxones de perifiton vegetal por punto de muestreo y phyllum, entre las evaluaciones de 2017 y 2018, en la microcuenca Supayhuasi..... 156
Figura 7-96. Abundancia de organismos del perifiton vegetal por punto de muestreo y phyllum en la evaluación de 2018, en la microcuenca Supayhuasi..... 157

Figura 7-97. Comparación de la abundancia de perifiton vegetal por punto de muestreo y phyllum, entre las evaluaciones de 2017 y 2018, en la microcuenca Supayhuasi 158
Figura 7-98. Dendograma de similaridad de Bray Curtis del perifiton vegetal, en la evaluación de 2018, en la microcuenca Supayhuasi 160
Figura 7-99. Riqueza de taxones de macroinvertebrados bentónicos por puntos de muestreo y orden en la evaluación de 2018, en la microcuenca Supayhuasi 162
Figura 7-100. Comparación de la riqueza de taxones de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo y orden, entre las evaluaciones de 2017 y 2018, en la microcuenca Supayhuasi..... 163
Figura 7-101. Abundancia de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo y orden en la evaluación de 2018, en la microcuenca Supayhuasi..... 165
Figura 7-102. Comparación de la abundancia de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo y orden, entre las evaluaciones de 2017 y 2018, en la microcuenca Supayhuasi..... 166
Figura 7-103. Dendograma de similaridad de Bray Curtis de macroinvertebrados bentónicos, en la evaluación de 2018, en la microcuenca Supayhuasi ... 168
Figura 7-104. Riqueza de taxones de perifiton vegetal por punto de muestreo y phyllum en la evaluación de 2018, en la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa 170
Figura 7-105. Comparación de la riqueza de taxones de perifiton vegetal por punto de muestreo y phyllum, entre las evaluaciones de 2017 y 2018, en la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa..... 170
Figura 7-106. Abundancia de organismos del perifiton vegetal por punto de muestreo y phyllum en la evaluación de 2018, en la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa..... 171
Figura 7-107. Comparación de la abundancia de perifiton vegetal por punto de muestreo y phyllum, entre las evaluaciones de 2017 y 2018, en la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa 172
Figura 7-108. Dendograma de similaridad de Bray Curtis del perifiton vegetal, en la evaluación de 2018, en la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa 173
Figura 7-109. Riqueza de taxones de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo y orden en la evaluación de 2018, en la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa..... 174
Figura 7-110. Comparación de la riqueza de taxones de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo y orden, entre las evaluaciones de 2017 y 2018, en la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa..... 175
Figura 7-111. Abundancia de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo y orden en la evaluación de 2018, en la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa..... 175
Figura 7-112. Comparación de la abundancia de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo y orden, entre las evaluaciones de 2017 y 2018, en la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa..... 176
Figura 7-113. Dendograma de similaridad de Bray Curtis de macroinvertebrados bentónicos, en la evaluación de 2018, en la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa..... 177
Figura 7-114. Riqueza de taxones de perifiton vegetal por punto de muestreo y phyllum en la evaluación de 2018, en la Microcuenca Imaginamayu 179
Figura 7-115. Comparación de la riqueza de taxones de perifiton vegetal por punto de muestreo y phyllum, entre las evaluaciones de 2017 y 2018, en la Microcuenca Imaginamayu..... 179

Figura 7-116. Abundancia de organismos del perifiton vegetal por punto de muestreo y phyllum en la evaluación de 2018, en la Microcuenca Imaginamayu..... 180
Figura 7-117. Comparación de la abundancia de perifiton vegetal por punto de muestreo y phyllum, entre las evaluaciones de 2017 y 2018, en la Microcuenca Imaginamayu 181
Figura 7-118. Dendograma de similaridad de Bray Curtis del perifiton vegetal, en la evaluación de 2018, en la Microcuenca Imaginamayu 182
Figura 7-119. Riqueza de taxones de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo y orden en la evaluación de 2018, en la microcuenca Imaginamayu 184
Figura 7-120. Comparación de la riqueza de taxones de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo y orden, entre las evaluaciones de 2017 y 2018, en la microcuenca Imaginamayu..... 184
Figura 7-121. Abundancia de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo y orden en la evaluación de 2018, en la Microcuenca Imaginamayu..... 185
Figura 7-122. Comparación de la abundancia de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo y orden, entre las evaluaciones de 2017 y 2018, en la Microcuenca Imaginamayu..... 186
Figura 7-123. Dendograma de similaridad de Bray Curtis de macroinvertebrados bentónicos, en la evaluación de 2018, en la Microcuenca Imaginamayu. 187
Figura 7-124. Riqueza de taxones de perifiton vegetal por punto de muestreo y phyllum en la evaluación de 2018, en la microcuenca Quelcaya..... 189
Figura 7-125. Abundancia de organismos del perifiton vegetal por punto de muestreo y phyllum en la evaluación de 2018, en la microcuenca Quelcaya 191
Figura 7-126. Dendograma de similaridad de Bray Curtis del perifiton vegetal, en la evaluación de 2018, en la microcuenca Quelcaya..... 193
Figura 7-127. Riqueza de taxones de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo y orden en la evaluación de 2018, en la microcuenca Quelcaya 194
Figura 7-128. Comparación de la riqueza de taxones de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo y orden, entre las evaluaciones de 2017 y 2018, en la microcuenca Quelcaya 195
Figura 7-129. Abundancia de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo y orden en la evaluación de 2018, en la Microcuenca Quelcaya 196
Figura 7-130. Comparación de la abundancia de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo y orden, entre las evaluaciones de 2017 y 2018, en la microcuenca Quelcaya 196
Figura 7-131. Dendograma de similaridad de Bray Curtis de macroinvertebrados bentónicos, en la evaluación de 2018, en la Microcuenca Quelcaya 198
Figura 7-132. Diagramas de Pipper en la microcuenca Supayhuasi, en épocas seca y húmeda 205
Figura 7-133. Diagramas de Stiff en la microcuenca Supayhuasi, en épocas seca y húmeda 205
Figura 7-134. Clasificación hidroquímica según el diagrama de Ficklin en la microcuenca Supayhuasi, en época húmeda 206
Figura 7-135. Diagrama de Gibbs en la microcuenca Supayhuasi, para agua subterránea, en época húmeda 206
Figura 7-136. Diagramas de Pipper en la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa, en épocas seca y húmeda..... 207
Figura 7-137. Diagramas de Stiff en la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa, en épocas seca y húmeda..... 208
Figura 7-138. Clasificación hidroquímica según el diagrama de Ficklin en la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa, en época húmeda 208

Figura 7-139. Diagrama de Gibbs en la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa, en época húmeda 209
Figura 7-140. Diagramas de Pipper en la microcuenca Imaginamayu, en épocas seca y húmeda 210
Figura 7-141. Diagramas de Stiff en la microcuenca Imaginamayu, en épocas seca y húmeda 210
Figura 7-142. Clasificación hidroquímica según el diagrama de Ficklin en la microcuenca Imaginamayu, en época húmeda 211
Figura 7-143. Diagramas de Pipper en la microcuenca Quelcaya, en épocas seca y húmeda 212
Figura 7-144. Diagramas de Stiff en la microcuenca Quelcaya, en épocas seca y húmeda 212
Figura 7-145. Clasificación hidroquímica según el diagrama de Ficklin en la microcuenca Quelcaya, en época húmeda 213
Figura 7-146. Diagrama de Gibbs en la microcuenca Quelcaya, para agua subterránea, en época húmeda 213
Figura 7-147. Contexto tectónico y metalogenético del proyecto minero Corani 214
Figura 7-148. Ortofoto con la ubicación de las principales zonas con ocurrencia de mineral 215
Figura 7-149. Mapa geológico del área de influencia del proyecto minero Corani 217
Figura 7-150. Afloramientos del Grupo Mitu-secuencia sedimentaria en A) y B) quebrada Pinchalli, C) quebrada Piruacarca, y D) parte baja del sector Corani Este 218
Figura 7-151. Afloramientos de rocas volcánicas del Miembro Chacaconiza en A) y B) quebrada Majio Aje, C) quebrada Quellopujio, y D) quebrada Tusca 219
Figura 7-152. Afloramientos de rocas volcánicas del Miembro Sapanuta en A) y B) quebrada Minaspata; y, C) y D) naciente de la quebrada Intisayana 220
Figura 7-153. Afloramientos de rocas volcánicas del Miembro Yapamayo en A) cerro Chaupiloma, y B) quebrada Unutimpuc 221
Figura 7-154. Depósitos aluviales en las quebradas Collpamayo y Suapayhuasi 222
Figura 7-155. Quebrada S/N aguas debajo de la desembocadura del bofedal S/N 222
Figura 7-156. Columna estratigráfica del Cor-bof7, levantado en la naciente de la quebrada Supayhuasi 223
Figura 7-157. Fallas y fracturas ubicadas en bocaminas A): BC-02 y B) BC-03 224
Figura 7-158. Veta mineralizada y bocamina BC-08 con presencia de sulfuros y sulfatos 224
Figura 7-159. Diagramas de clasificación geoquímica A) TAS - SiO_2 vs Na_2O+K_2O y B) SiO_2 vs K_2O 225
Figura 7-160. Concentración de metales de los intrusivos San gabán, Ninahuisa, y valores de corteza continental, según Rudnick (1995) 226
Figura 7-161. Concentración de metales de los subvolcánicos Cayo Orco, Huaña, y valores de corteza continental, según Rudnick (1995) 226
Figura 7-162. Concentración de metales de los miembros A) Chacacuniza, B) Sapanuta y C) Yapamayo, de la Formación Quenamari; y los valores de corteza continental, según Rudnick (1995) 227
Figura 7-163. Extracciones secuenciales para elementos solubles (cadmio, cobre, plomo, zinc, cobalto y níquel), en las muestras COMIN-01 y COMIN-02 229
Figura 7-164. Porcentaje de especies por Clase registrado en el área de estudio 230
Figura 7-165. Familias más diversas, indicando número de géneros y especies, registradas en el área de estudio 231
Figura 7-166. Familias con mayor porcentaje de especies, por encima del 2 % de especies registradas en el área de estudio 231
Figura 7-167. Géneros con mayor número de especies registradas en el área de estudio 232

Figura 7-168. Formas de crecimiento de la flora vascular registrada en el área de estudio 232
Figura 7-169. Número de especies, géneros y familias presentes en las cuatro formaciones vegetales presentes en el área de estudio..... 233
Figura 7-170. Número de especies, géneros y familias por microcuenca, presentes en los presentes en el área de estudio 234
Figura 7-171. Familias más diversas por microcuenca, presentes en el área de estudio 235
Figura 7-172. Número de especies, géneros y familias por formación vegetal, presentes en las microcuencas del área de estudio 235
Figura 7-173. Familias más diversas por formación vegetal, presentes en la microcuenca Supayhuasi del área de estudio 236
Figura 7-174. Familias más diversas por formación vegetal, presentes en la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa del área de estudio 237
Figura 7-175. Familias más diversas por formación vegetal, presentes en la microcuenca Imaginamayu del área de estudio 238
Figura 7-176. Familias más diversas por formación vegetal en la microcuenca Quelcaya, presente en el área de influencia del proyecto minero Corani de BCM ... 239
Figura 7-177. Especies con mayor abundancia relativa presentes en el área de influencia proyecto minero Corani de Bear Creek Mining S.A.C..... 241
Figura 7-178. Especies con mayor abundancia relativa en el bofedal presente en el área de influencia del proyecto minero Corani de Bear Creek Mining S.A.C. .. 241
Figura 7-179. Especies con mayor abundancia relativa en el césped de puna presente en el área de influencia del proyecto minero Corani de Bear Creek Mining S.A.C. 242
Figura 7-180. Especies con mayor abundancia relativa en la vegetación de roquedal presente en el área de estudio 243
Figura 7-181. Especies con mayor abundancia relativa en la vegetación en la microcuenca Supayhuasi presente en el área de influencia del proyecto minero Corani de BCM 243
Figura 7-182. Especies con mayor abundancia relativa en la vegetación en la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa presente en el área de influencia del proyecto minero Corani de BCM 244
Figura 7-183. Especies con mayor abundancia relativa en la vegetación en la microcuenca Imaginamayu presente en el área de influencia del proyecto minero Corani de BCM 245
Figura 7-184. Especies con mayor abundancia relativa en la vegetación en la microcuenca Quelcaya presente en el área de influencia del proyecto minero Corani de BCM 246
Figura 7-185. Índices de diversidad alfa de las formaciones vegetales presentes en el área de influencia del proyecto minero Corani de Bear Creek Mining S.A.C. .. 248
Figura 7-186. Índices de diversidad alfa en las microcuencas presentes en el área de influencia del proyecto minero Corani de Bear Creek Mining S.A.C. 249
Figura 7-187. Análisis de Clúster de las formaciones vegetales presentes en el área de influencia del proyecto minero Corani de Bear Creek Mining S.A.C., con el Índice Morisita Bo: bofedal, Cp: césped de puna; VR: vegetación de roquedal 250
Figura 7-188. Análisis de clúster de las microcuencas presentes en el área de influencia del proyecto minero Corani de Bear Creek Mining S.A.C., con el Índice Morisita..... 251
Figura 7-189. Análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) con los transectos evaluados en el área de influencia del proyecto minero Corani de Bear Creek Mining S.A.C., con el índice Morisita. 252

Figura 7-190. Curva de acumulación de especies. Modelo: v2=(a*v1)/(1+(b*v1)). Función de Clench 253
Figura 7-191. Abundancia de las especies de anfibios y reptiles registradas en el área de estudio 256
Figura 7-192. Anfibios registrados en las evaluaciones de VES, en los hábitats del área de estudio 257
Figura 7-193. Anfibios registrados en las evaluaciones de transectos, en los hábitats del área de estudio 257
Figura 7-194. Reptiles registrados en las evaluaciones de VES, en los hábitats del área de estudio 257
Figura 7-195. Dendrograma de similaridad de anfibios y reptiles de los hábitats evaluados en el área de estudio 261
Figura 7-196. Anfibios registrados en las evaluaciones de VES, por microcuenca, en el área de estudio 262
Figura 7-197. Anfibios registrados en las evaluaciones de transectos, por microcuenca, en el área de estudio 263
Figura 7-198. Reptiles registrados en VES y transectos, por microcuenca en el área de estudio 263
Figura 7-199. Dendrograma de similaridad de anfibios y reptiles de las microcuencas evaluadas en el área de estudio 266
Figura 7-200. Análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) con los VES evaluados en el área de estudio 267
Figura 7-200. Curva de acumulación de especies presentes en el área de estudio 268
Figura 7-202. Análisis de componentes principales (PCA) de las características físicas y ambientales de los transectos de hábitats acuáticos de herpetología en el área de estudio 270
Figura 7-203. Familias con mayor riqueza de especies registradas en el área de influencia del proyecto minero Corani 273
Figura 7-204. Especies con mayor abundancia total registrada en el área de estudio 275
Figura 7-205. Índices de diversidad por hábitat obtenidos en el área de estudio 282
Figura 7-206. Dendrograma de similitud de Morisita entre hábitats en el área de estudio 283
Figura 7-207. Índices de diversidad por microcuenca obtenidos en el área de estudio 289
Figura 7-208. Dendrograma de similitud de Morisita entre microcuencas en el área de estudio 290
Figura 7-209. Curva de acumulación de especies presentes en el área de estudio 291
Figura 7-210. Cluster de similaridad de especies compartidas entre las microcuencas evaluadas en el área de estudio 296
Figura 7-211. Composición taxonómica de registros de mamíferos silvestres por cámaras trampa 297
Figura 7-212. Composición de especies por microcuenca en el área de estudio 298
Figura 7-213. Curva de acumulación de especies de mamíferos silvestre en el área de estudio 299
Figura 7-214. Diversidad y abundancia de mamíferos silvestres en el área de estudio. 300
Figura 8-1. Esquema de distribución de puntos de muestreo en la microcuenca Supayhuasi, en épocas húmeda y seca 302
Figura 8-2. Esquema de distribución de puntos de muestreo que exceden los ECA para agua en la microcuenca Supayhuasi, en época seca 303
Figura 8-3. Esquema de distribución de puntos de muestreo que exceden la norma de comparación vigente para agua superficial, subterránea y efluentes en la microcuenca Supayhuasi, en época húmeda 304
Figura 8-4. Contexto estructural local de las zonas aledañas a los componentes mineros 305

Figura 8-5. Suelos orgánicos en los bofedales del proyecto minero Corani en la microcuenca Supayhuasi 306
Figura 8-6. Recorrido de los efluentes (EF-BC-02, EF-BC03 y EF-BC-03A) hacia la quebrada Minaspata 307
Figura 8-7. Efluentes de bocaminas sin nombre a. EF-BC-03A, b. EF-BC-03, c. EF-BC-02 que son afluentes a la quebrada Minaspata, y d. EF-BC-08 afluente a la quebrada Sala Sala 307
Figura 8-8. Clasificación de Ficklin en relación al contenido de hierro, carbonatos y oxígeno disuelto 308
Figura 8-9. Valores de pH a lo largo del recorrido de la quebrada sin nombre en época húmeda 309
Figura 8-10. Valores de pH en la quebrada Sala Sala y del efluente (EF-BC-08) en época húmeda 310
Figura 8-11. Parámetros que incumplen el ECA-Agua en la quebrada Minaspata (QMina4 y QMina1) y sus tributarios, en época seca y húmeda 311
Figura 8-12. Quebrada Piruacarca entre los puntos QPiru1 y QPiru2 para época húmeda 312
Figura 8-13. Quebrada Supayhuasi entre los puntos QMina2 y QSupa3 314
Figura 8-14. Comparación de los resultados reportados por el administrado y por el OEFA respecto a la concentración de a) Cadmio, b) Cobre, c) Zinc, y d) Plomo en los puntos QPiru1, Qinti1, QSupa2 y QSupa3 en época seca durante los años 2014-2017 315
Figura 8-15. Comparación de los resultados reportados por el administrado y por el OEFA respecto a la concentración de a) Cadmio, b) Cobre, c) Zinc y d) Plomo en los puntos QPiru1, Qinti1, QSupa2 y QSupa3 en época húmeda durante los años 2014-2017 316
Figura 8-16. Esquema de distribución de puntos de muestreo en la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa, en épocas húmeda y seca 317
Figura 8-17. Puntos que exceden los ECA para agua en la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa, en época seca 318
Figura 8-18. Puntos que exceden los ECA para agua en la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa, en época húmeda 319
Figura 8-19. Ubicación de pasivos ambientales mineros y las zonas mineralizadas ... 320
Figura 8-20. Ubicación de los puntos MGW-CO-04, MGW-CO-05, QColl1 y QColl2 ... 321
Figura 8-21. Ubicación de los puntos MGW-CO-06, QColl2 y QColl3 322
Figura 8-22. Ubicación de los puntos QColc1, QSill1 y RChac1 322
Figura 8-23. Ubicación de los puntos RJara1 y RJara2 323
Figura 8-24. Comparación de los resultados reportados por el administrado y por el OEFA respecto a la concentración de a) Plomo, b) Cadmio y c) Zinc en los puntos LCoch, QColl2, QColl3, RChac1, Rjara2 y RJara1 en época seca durante los años 2014-2017 325
Figura 8-25. Comparación de los resultados reportados por el administrado y por el OEFA respecto a la concentración de a) Pomo, b) Cadmio, c) Zinc en los puntos LCoch, QColl2, QColl3, RChac1, Rjara2 y RJara1 en época húmeda durante los años 2014-2017 326
Figura 8-26. Esquema de distribución de puntos de muestreo en la microcuenca Imaginamayu, en épocas húmeda y seca 327
Figura 8-27. Puntos de muestreo que exceden los ECA para agua en la microcuenca Imaginamayu, en época seca 328
Figura 8-28. Puntos de muestreo que exceden los ECA para agua en la microcuenca Imaginamayu, en época húmeda 329
Figura 8-29. Suelos orgánicos en los bofedales en la microcuenca Imaginamayu 330
Figura 8-30. Quebradas Piruacarca en el punto QPiru1 e Imaginamayu en los puntos QImag1 y QImag2, ubicados en la microcuenca Imaginamayu 331

Figura 8-31. Comparación de los resultados reportados por el administrado y por el OEFA respecto a la concentración de a) Arsénico, b) Cadmio, c) Plomo y d) Zinc, en los puntos LChul1, Cor-bof42, Cor-bof46, QImag2 y QImag4 en época seca durante los años 2014-2017 332
Figura 8-32. Comparación de los resultados reportados por el administrado y por el OEFA respecto a la concentración de a) Cadmio, b) Cobre, c) Plomo y d) Zinc en los puntos LChul1, Cor-bof42, Cor-bof46, QImag2 y QImag4 en época húmeda durante los años 2014-2017 333
Figura 8-33. Esquema de distribución de puntos de muestreo en la microcuenca Quelcaya, en épocas húmeda y seca 334
Figura 8-34. Esquema de distribución de puntos de muestreo que exceden los ECA para agua en la microcuenca Quelcaya, en época seca 335
Figura 8-35. Esquema de distribución de puntos de muestreo que exceden los ECA para agua en la microcuenca Quelcaya, en época húmeda 336
Figura 8-36. Ubicación de alteración hidrotermal en la naciente de la quebrada Sallapata. 337
Figura 8-37. Facies hidroquímicas del río Quelcaya y la quebrada Sititoco 339
Figura 8-38. Ubicación de los puntos de monitoreo AIR-CO-01 y CA-COR-02 340
Figura 8-39. Resultados de PM_{10} de la estación AIR-CO-01, con la línea base del administrado 340
Figura 8-40. Resultados de $PM_{2,5}$ de la estación AIR-CO-01, con la línea base del administrado 341
Figura 8-41. Resultados de PM_{10} de la estación CA-COR-02, con la línea base del administrado 341
Figura 8-42. Resultados de $PM_{2,5}$ de la estación CA-COR-02, con la línea base del administrado 342
Figura 8-43. Ubicación de las áreas de nivel de fondo, contexto geológico y ubicación de componentes mineros proyectados 343
Figura 8-44. Concentración de valores calculados de nivel de fondo de las áreas ZNF-2 y ZNF-4, comparados con el ECA – uso agrícola e industrial 344
Figura 8-45. Distribución de la concentración de cromo, bario, plomo, cadmio, arsénico y mercurio en el nivel de fondo (ZNF-2) 345
Figura 8-46. Distribución de la concentración de cromo, bario, plomo, cadmio, arsénico y mercurio nivel de fondo (ZNF-4) 346
Figura 8-47. Formaciones vegetales identificadas en el área de estudio a. Bofedal, b. Suelos crioturbados, c. Césped de puna, y d. Vegetación de roquedal ... 347
Figura 8-48. Vista fotográfica de *Senecio nutans*, especie amenazada presente en la microcuenca Supayhuasi 349
Figura 8-49. Especies endémicas y amenazadas en la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa (EF 6) a. *Senecio rhizomatus*, b. *Ephedra rupestris* y c. *Valeriana pennellii* 349
Figura 8-50. Especie amenazada (*Austrocylindropuntia lagopus*), presente en la microcuenca Imaginamayu (EF 1 y EF 2) 350
Figura 8-51. Especies amenazadas presentes en la microcuenca Quelcaya (EF 5) a. *Nototriche longituba* y b. *Nototriche carabayensis* 350
Figura 8-52. *Liolaemus* gr. *signifer* (Familia Liolaemidae), macho (A) y hembra (B) 351
Figura 8-53. *Pleurodema marmoratum* (Familia Leptodactylidae) 352
Figura 8-54. Comparación de los valores de las características físicas y ambientales respecto a la abundancia de anfibios en los transectos de hábitats acuáticos de herpetología en el área de estudio 354
Figura 8-55. *Telmatobius* cf. *marmoratus* registrado en el bofedal Chacaconiza (EF 6), subadulto (A) vista frontal, (B) vista lateral, y (C) transecto Co-He-T10 ... 355
Figura 8-56. Hábitats representativos en el área de estudio a. bofedal, b. césped de puna, c. roquedal, y d. suelos crioturbados 357

Figura 8-57. Registro de las especies nuevas registradas en el área de estudio a. *Phoenicopterus chilensis* «flamenco chileno» y b. *Anas puna* «pato de la puna» 358
Figura 8-58. Especie «becasina de la puna» *Gallinago andina* registrado en el hábitat bofedal 359
Figura 8-59. Especies del hábitat bofedal en el área de estudio a. *Muscisaxicola flavinucha* «dormilona de nuca blanca» y b. *Geositta saxicolina* «minero de cola andina» 360
Figura 8-60. Especies del hábitat césped de puna en el área de estudio. a. *Asthenes modesta* «canastero cordillerano» y b. *Thinocorus orbignyianus* «agachona de pecho gris» 360
Figura 8-61. Individuo de la especie *Cinclodes albiventris* «churrete de ala crema» en el área de estudio 362
Figura 8-62. Especies identificadas a) Huella de *Puma concolor* «puma», *b) Lycalopex culpaeus «zorro», c) Hippocamelus antisensis* «taruca» *d) Leopardus colocolo* «gato de pajonal», *e) Vicugna vicugna* «vicuña» 364

1. INTRODUCCIÓN

El presente informe corresponde a la evaluación ambiental temprana realizada durante el 2017 y 2018, en el ámbito de influencia del proyecto minero Corani, contiene los resultados, análisis y conclusiones de los estudios realizados por la Subdirección Técnica Científica de la Dirección de Evaluación Ambiental del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (en adelante, OEFA), como parte de Plan Anual de Evaluación y Fiscalización Ambiental 2018 (en adelante, Planefa, 2018).

El proyecto minero Corani, a cargo de la empresa Bear Creek Mining S.A.C. (en adelante, BCM), está ubicado políticamente en el distrito Corani, provincia Carabaya, departamento Puno, el cual se encuentra aproximadamente entre 4350 y 5200 m s.n.m. El proyecto minero Corani está localizado sobre las concesiones mineras Corani I, Corani II, Corani III, Minaspata 1, Minaspata 2, Minaspata 3 y Minaspata 4, de las cuales Bear Creek Mining S.A.C. es titular. El referido proyecto realizará la explotación de zinc, plomo y plata a tajo abierto[1].

Hidrográficamente, el área del proyecto minero Corani está ubicado entre las quebradas Supayhuasi y Collpamayo, las cuales son afluentes del río Chacaconiza, que pertenece a la cuenca del río Inambari[2].

La ejecución de la Evaluación Ambiental Temprana (en adelante, EAT) en el área de influencia del proyecto minero Corani de BCM, en época seca, se realizó del 17 al 27 de julio de 2017, cuyos resultados se presentan en el informe N.° 092-2017-OEFA/DE-SDCA-CMVA; y, en época húmeda, se realizó del 15 al 25 de febrero y del 14 al 25 de mayo de 2018.

En tal sentido, el Planefa 2018, aprobado mediante Resolución de Consejo Directivo N.° 037-2017- OEFA/CD y publicado el 30 de diciembre de 2017 en el diario oficial El Peruano, establece como parte de la función evaluadora, generar diagnósticos ambientales que contengan un análisis integral del estado de los diversos componentes ambientales; dentro de las cuales, la evaluación ambiental temprana, se ejecuta durante la etapa de exploración y antes del inicio de las operaciones, bajo un enfoque preventivo y con participación ciudadana de la sociedad civil, en el marco del «Reglamento de participación ciudadana en las acciones de monitoreo ambiental a cargo del OEFA[3]».

La información contenida en este informe, constituirá como soporte técnico para futuras acciones de fiscalización y supervisión ambiental a cargo del OEFA.

2. ANTECEDENTES

Para conocer el estado de la calidad ambiental relacionada al área de influencia del proyecto minero Corani, se procedió a identificar las actividades exploratorias del administrado y otras de importancia, que se desarrollan en el área de estudio. De esta manera, se realizó la investigación, recopilación, revisión, análisis y síntesis de información ambiental existente en el proyecto y su área de influencia.

---

1 Según el Estudio de Impacto Ambiental del proyecto Corani de la empresa Bear Creek Mining Company Sucursal del Perú (BCMC), aprobado mediante Resolución Directoral N.° 050-2007-MEM/AAM de fecha 09 de febrero de 2007.

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

3 Aprobado por Resolución de Consejo Directivo N.° 032-2014-OEFA/CD y modificado por la Resolución de Consejo Directivo N.° 003-2016-OEFA/CD.

2.1. Actividad de exploración

Bear Creek Mining Corporation es una compañía privada con sede en Vancouver, Canadá, representada en Perú por Bear Creek Mining S.A.C., titular del proyecto minero Corani, ubicado en el distrito Corani, provincia Carabaya, región Puno.

El proyecto minero Corani contemplará explotación de mineral mediante tajo abierto para obtener concentrados de zinc y plomo con contenido de plata, estimando una producción promedio anual de ocho millones de onzas de plata, 105 millones de libras de plomo y 37 millones de libras de zinc. El procesamiento de mineral sería por el método de flotación selectiva, estimándose un tiempo de vida útil de 20 años.

El proyecto minero Corani implementó mecanismos de participación ciudadana, los cuales incluyeron talleres informativos antes y durante la elaboración del estudio, así como talleres voluntarios y una Audiencia Pública durante su periodo de evaluación.

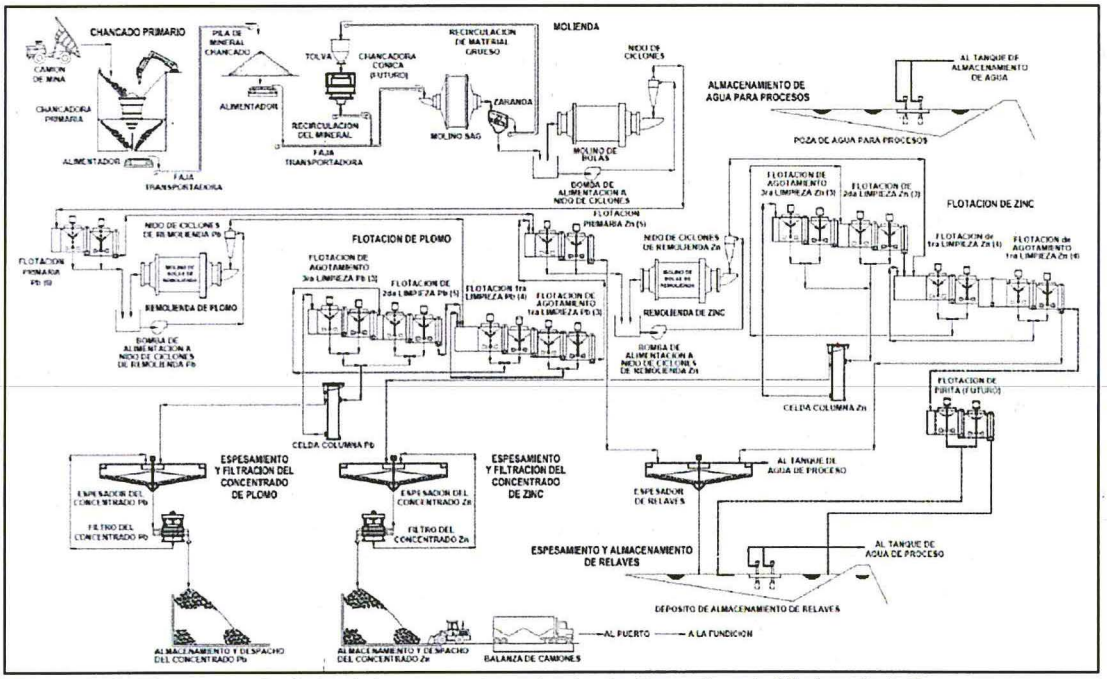

Figura 2-1. Diagrama de flujo del proceso aprobado de Bear Creek Mining S.A.C.

2.2. Recopilación, revisión y análisis de la información

2.2.1. Instrumentos de Gestión Ambiental

Se realizó la revisión de los instrumentos de gestión ambiental (en adelante, IGA), asociados al proyecto minero Corani de Bear Creek Mining S.A.C., los cuales se detallan en la Tabla 2-1.

Tabla 2-1. Instrumentos de gestión ambiental aprobados del proyecto minero Corani de Bear Creek Mining S.A.C.

N.°	Título del IGA	Número de resolución de aprobación	Fecha de aprobación	Organismo que aprobó
1	Evaluación Ambiental del proyecto de exploración Corani, para ejecutar 29 perforaciones en 16 plataformas	Resolución Directoral N.° 070-2006-MEM/AAM	01/03/2006	Ministerio de Energía y Minas (Minem)
2	Evaluación Ambiental del proyecto de exploración minera Corani, para desarrollar 297 sondajes en 202 plataformas de perforación	Resolución Directoral N.° 050-2007-MEM/AAM	09/02/2007	
3	Modificación de la Evaluación Ambiental del proyecto de exploración Corani, para ejecutar 89 plataformas de perforación adicionales	Resolución Directoral N.° 200-2009-MEM/AAM	09/07/2009	
4	Estudio de Impacto Ambiental para explotación y beneficio minero del proyecto minero Corani, integrada por 12 concesiones mineras	Resolución Directoral N.° 355-2013-MEM/AAM	20/09/2013	
5	Plan de cierre de mina del proyecto minero Corani	Resolución Directoral N.° 174-2015-MEM/DGAMM	23/04/2013	
6	Informe Técnico Sustentatorio sobre cambios menores al EIA-d para explotación y beneficio minero del proyecto Corani, para la optimización de la disposición final de relaves filtrados, hacia el tajo y depósito de desmontes de mina y relaves principal y cambios en los parámetros de sus diseños con consecuente reducción de área del proyecto	Resolución Directoral N.° 012-2016-MEM-DGAAM	19/01/2016	
7	Segundo Informe Técnico Sustentatorio del proyecto Corani	Resolución Directoral N.° 340-2017-SENACE/DCA	02/11/2017	Servicio Nacional de Certificación Ambiental para las Inversiones Sostenibles (Senace)

En la Tabla 2-2, se presentan los pasivos ambientales, que servirían como fuente de referencia para la determinación de los cuerpos de agua de interés para la evaluación de la calidad ambiental.

Tabla 2-2. Pasivos ambientales en el área de influencia del proyecto minero Corani

Componentes	En inventario	Nuevos	Total
Bocaminas	30	11	41
Cateos	6	2	8
Chimeneas	2	10	12
Desmontes	31	16	47

Componentes	En inventario	Nuevos	Total
Infraestructura	18	2	20
Relaves	8	0	8
Tajeos	8	9	17
Bofedal	--	1	1
	103	51	154

Fuente: Página 7 del informe N.° 065-2016-MEM-DGAAM/DNAM/DGAM/C, que sustenta la Resolución Directoral N.° 012-2016-MEM-DGAAM.

De acuerdo con la información descrita en los IGA aprobados para el proyecto minero Corani de BCM, los cuerpos de agua ubicados en el área de influencia presentaron parámetros que incumplieron la normativa nacional establecida en los años 1969[4] y 2008[5] (Tabla 2-3).

Tabla 2-3. Parámetros que incumplieron la normativa para agua en el área de influencia del proyecto minero Corani de Bear Creek Mining S.A.C.

N.°	IGA	Número de resolución de aprobación	Zonas influencia	Parámetros que incumplieron la normativa para agua
1	Estudio de Impacto Ambiental Proyecto Corani (setiembre 2005)	Resolución Directoral N.° 070-2006-MEM/AAM	Quebrada Collpamayo	pH[a]
			Quebrada. Sin nombre	pH, cadmio total (Cd), cobre total (Cu), hierro total (Fe), níquel total (Ni), plomo total (Pb)[a]
2	Modificación Evaluación Ambiental proyecto Corani (agosto 2006)	Resolución Directoral N.° 200-2009-MEM/AAM	Quebrada. Sur	pH, nitrato, aceites y grasas (AyG), arsénico total (As), cadmio total (Cd), cobre total (Cu), níquel total (Ni), plomo total (Pb)[a]
			Quebrada. Supayhuasi	Nitrato, aceites y grasas (AyG), cadmio total (Cd), níquel total (Ni), plomo total (Pb)[a]
			Quebrada. Collpamayo	Nitrato[a]
			Río Minas Santo Cato, Chacaconiza	Nitrato, aceites y grasas (AyG), níquel total (Ni), plomo total (Pb)[a]
			Río Minas Santo Cato	pH, nitrato, plomo total (Pb)[a]
			Río Collpamayo, Chacaconiza	Nitrato[a]
			Puquio Silvestre	--
			Puquio Ojo central Chacaconiza	--
			Puquio Chacaconiza	--
3	Estudio de Impacto Ambiental Proyecto Corani (diciembre 2012)	Resolución Directoral N.° 355-2013-MEM/AMM	Río Chacaconiza – Subcuenca Jarapampa	pH[b,c,d], cadmio (Cd)[b,d], cobre (Cu)[d], hierro (Fe)[b,c], manganeso (Mn)[b,c], plomo (Pb)[b,c,d], zinc (Zn)[d]
			Quebrada Supayhuasi - Subcuenca Jarapampa	pH[b,c,d], sólidos totales suspendidos (STS)[d], nitrógeno amoniacal (NH_3)[d], coliformes fecales[b,c], coliformes totales[b,c], arsénico (As)[b,d], bario (Ba)[b,d],

[4] Decreto Supremo N.° 261-69-AP. Reglamento de los Títulos I, II y III del Decreto Ley N.° 17752 «Ley General de Aguas», publicado el 13 de diciembre de 1969.

[5] Decreto Supremo N.° 002-2008-MINAM. Aprueban los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, publicado el 31 de julio de 2008.

N.°	IGA	Número de resolución de aprobación	Zonas influencia	Parámetros que incumplieron la normativa para agua
				Cd[c], Cu[d], Fe[b,c], Mn[b,c], Pb[b,c,d], Zn[b,d]
			Quebrada Imagina Mayu - Subcuenca Jarapampa	pH[b,c,d], coliformes totales[b,c]
			Río Jarapampa - Subcuenca Jarapampa	STS[d,c], Fe[b], Pb[d]
			Río Ninahuisa – Subcuenca Ninahuisa	STS[d], Fe[b,c], Pb[b,c,d]
			Río Quenamari – Subcuenca Quenamari	STS[d], Fe[b,c], Pb[d]
			Quebrada Quellapuquio-Subcuenca Challapampa	pH[b,c,d], sólidos totales suspendidos (STS)[d], NH_3[d], coliformes fecales[b,c], coliformes totales[b,c], bario (Ba)[b,d], Fe[b,c], Mn[b,c], Pb[b,c,d], Zn[d]
			Quebrada Sillapoja – Subcuenca Quelcaya	pH[b,c,d]
			Río Jarapampa – Subcuenca Chacaconiza	pH[b,c,d]
			Lagunas	pH[b,c,d] y Zn[d]

a: Valores límites permisibles del Decreto Supremo N.° 261-69 -AP. Reglamento de los Títulos I, II y III del Decreto Ley N.° 17752 «Ley General de Aguas», Clase III, Aguas para riego de vegetales de consumo crudo y bebida de animales.
b: ECA para agua del Decreto Supremo N.° 002-2008-MINAM, Categoría 3, Subcategoría D1 Riego de vegetales
c: ECA para agua del Decreto Supremo N.° 002-2008-MINAM, Categoría 3, Subcategoría D2 Bebidas de animales
d: ECA para agua del Decreto Supremo N.° 002-2008-MINAM, Categoría 4, Subcategoría E2 Río de costa y sierra

2.2.2. Acciones realizadas en el marco de la función evaluadora

La Dirección de Evaluación[6] del OEFA emitió el informe N.° 092-2017-OEFA/DE-SDCA-CMVA, referente al monitoreo de agua superficial, sedimentos, comunidades hidrobiológicas y suelo, realizado en época seca (julio de 2017) de la EAT en el área de influencia del proyecto minero Corani de Bear Creek Mining S.A.C. (EAT 2017), los resultados se detallan en la Tabla 2-4.

Tabla 2-4. Informes del área de Monitoreo y Vigilancia Ambiental de la Dirección de Evaluación del OEFA en el área de influencia del proyecto minero Corani

Informe	Número de Informe	Fecha de aprobación	Resultados		
			Componente	Zona crítica	Parámetro que exceden
Informe de evaluación ambiental temprana en el área de	INFORME N.° 092-2017-OEFA/DE-SDCA-CMVA	21 de diciembre de 2017	Agua superficial[a]	Microcuenca del río Jarapampa: - Quebrada sin nombre: QSN2 - Quebrada Piruacarca: QPiru1 - Quebrada Minaspata: QMin1, QMin2	pH

6 Actualmente Dirección de Evaluación Ambiental de acuerdo con el Decreto Supremo N.° 013-2017-MINAM, «Aprueban el Reglamento de Organización y Funciones del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA)». Publicado el 21 de diciembre de 2017.

Informe	Número de Informe	Fecha de aprobación	Resultados		
			Componente	Zona crítica	Parámetro que exceden
influencia del proyecto minero Corani, en el distrito de Corani, provincia de Carabaya, departamento de Puno, durante el año 2017				- Quebrada Supayhuasi: QSupa2, QSupa3. Microcuenca del río Corani: - Río Corani: RCora1 Manantiales: - Manantial CC Chacaconiza: Mana8 - Manantial CP Aymaña: Mana12 Bofedales: - Bofedal Minaspata: BMina3	
				Manantiales: - Manantial Mormontone: Mana10 Bofedales: - Bofedal Minaspata: BMina2	Oxígeno disuelto
				Microcuenca del río Isivilla: - Río Isivilla: RIsiv1 Microcuenca del río Corani: - Río Quelcaya: RQuel1 - Quebrada Quelcaya: QQuel1. Microcuenca del río Jarapampa: - Río Jarapamapa: RJara1 - Quebrada Escalera cucho: QEsca1 - Quebrada Imagina Mayu4: QImag4 - Quebrada Supayhuasi: QSupa3 Manantiales: - Manantial Jahuecca: Mana2. - Manantial Iswarccota: Mana3. - Manantial Cumapata: Mana4. - Manantial Kanchapata: Mana7. - Manantial de CC Chacaconiza: Mana8. - Manantial del CP Aymaña: Mana11 Bofedales: - Bofedal Minaspata: BMina1, BMina2 Laguna: - Laguna Chullumpicocha: LChul1	Fósforo total
				Microcuenca del río Corani: - Río Quelcaya: RQuel1.	Amoniaco
				Microcuenca del río Jarapampa: - Quebrada Escalera Cucho: QEsca1 - Quebrada Intisayana: QInti1. - Quebrada Supayhuasi: QSupa2. Bofedales: - Bofedal S/N: BSN1	Mercurio total
				Bofedales: - Bofedal Minaspata: BMina3	Bario total
				Microcuenca del río Jarapampa: - Quebrada S/N: QSN2 - Quebrada Minaspata: QMina2. - Quebrada Supayhuasi: QSupa2	Cobre total
				Microcuenca del río Jarapampa: - Quebrada S/NI: QSN2	Plomo total

Informe	Número de Informe	Fecha de aprobación	Resultados		
			Componente	Zona crítica	Parámetro que exceden
				- Quebrada Piruacarca: QPiru1 - Quebrada Minaspata: QMina1, QMina2 - Quebrada Supayhuasi: QSupa2, QSupa3 - Río Jarapampa: RJara1, RJara2 Bofedales: - Bofedal Minaspata: BMina1, BMina3	
				Microcuenca del río Jarapampa: - Quebrada S/NI: QSN2 - Quebrada Minaspata: QMina1, QMina2 - Quebrada Supayhuasi: QSupa2	Talio total
				Microcuenca del río Jarapampa: - Quebrada S/NI: QSN2 - Quebrada Piruacarca: QPiru1 - Quebrada Minaspata: QMina1, QMina2 - Quebrada Supayhuasi: QSupa2, QSupa3 - Río Jarapamapa: RJara1, RJara2 Bofedales: - Bofedal Negromina: BNegr1 - Bofedal Minaspata: BMina1, BMina3	Zinc total
				Microcuenca del río Jarapampa: - Quebrada S/NI: QSN2 - Quebrada Piruacarca: QPiru1 - Quebrada Minaspata: QMina1, QMina2 - Quebrada Supayhuasi: QSupa2, QSupa3 - Río Jarapamapa: RJara2 Bofedales: - Bofedal Minaspata: BMina3	Cadmio disuelto
			Suelo[b]	Comunidad Corani: Sue-Cor-1	Arsénico
				Comunidad Quelcaya: Sue-Que-3, Sue-Que-4	Cadmio
				Comunidad Quelcaya: Sue-Que-3	Plomo

a: Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, Categoría 4 «Conservación del Ambiente Acuático», Subcategorías E1 y E2, aprobado mediante Decreto Supremo N.° 004-2017-MINAM
b: Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para suelos de uso agrícola, aprobado mediante Decreto Supremo N.° 011 - 2017-MINAM

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

Evaluar la calidad ambiental en el área de influencia del proyecto minero Corani de Bear Creek Mining S.A.C.

3.2. Objetivos específicos

Evaluar la calidad de agua y sedimentos, caracterización de comunidades hidrobiológicas en las microcuencas Supayhuasi, Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa, Imaginamayu y Quelcaya.

Evaluar la calidad del aire en las comunidades campesinas de Chacaconiza y Quelcaya.

Determinar el nivel de fondo de suelo en las áreas de potencial afectación aledaños a los futuros tajos y botaderos de desmonte.

Determinar el contexto geológico en el área de influencia del proyecto minero Corani. Determinar la geoquímica de roca en el área de los futuros tajos y botaderos de desmonte.

Evaluar la flora silvestre en ecosistemas frágiles (bofedales y lagunas) con sus formaciones vegetales asociadas.

Evaluar la fauna silvestre (anfibios, reptiles, aves y mamíferos) en ecosistemas frágiles (bofedales y lagunas) con sus hábitats asociados.

4. ÁREA DE ESTUDIO

El proyecto minero Corani de BCM se encuentra ubicado en el distrito Corani, provincia Carabaya, departamento Puno. Geográficamente se localiza en la zona Sur-Oriental del Perú (Figura 4-1). Para una mejor visualización de la ubicación geográfica en mención ver Anexo 2.

Hidrográficamente se encuentra entre las quebradas Supayhuasi y Collpamayo, las cuales finalmente desembocan en el río Chacaconiza, los que pertenecen a la unidad hidrográfica del río Inambari[7]. Dentro del área de influencia del proyecto minero Corani, se encuentran numerosos ecosistemas frágiles[8] y vulnerables frente al cambio climático, las sequías prolongadas y las actividades antropogénicas, entre otros.

El área de intervención para la ejecución de la EAT en el 2017 comprendió el área de influencia ambiental[9] directa (incluyendo la comunidad campesina Chacaconiza), indirecta (incluyendo la comunidad campesina Quelcaya) y zonas fuera del área de influencia ambiental directa e indirecta (comunidad campesina Corani–Aconsaya y centros poblados Aymaña (Chimboya) e Isivilla) del proyecto minero Corani, en el distrito Corani, provincia Carabaya, departamento Puno.

Mientras que, el área de intervención para la ejecución de la EAT en el 2018 comprendió el área de influencia ambiental directa (incluyendo la comunidad campesina Chacaconiza) e indirecta (incluyendo la comunidad campesina Quelcaya) del proyecto minero Corani, en el distrito Corani, provincia Carabaya, departamento Puno.

[7] Autoridad Nacional del Agua. (2009). Unidades hidrográficas del Perú: Resolución Ministerial N.º 033-2009-AG.
[8] Ley General del Ambiente N.° 28611. Según el numeral 99.2 del Artículo 99°. De los Ecosistemas frágiles, «los ecosistemas frágiles comprenden, entre otros, desiertos, tierras semiáridas, montañas, pantanos, bofedales, bahías, islas pequeñas, humedales, lagunas alto andinas, lomas costeras, bosques de neblina y bosques relictos».
[9] Estudio de Impacto Ambiental Proyecto Corani (diciembre 2012), aprobado mediante Resolución Directoral N.° 355-2013-MEM/AMM.

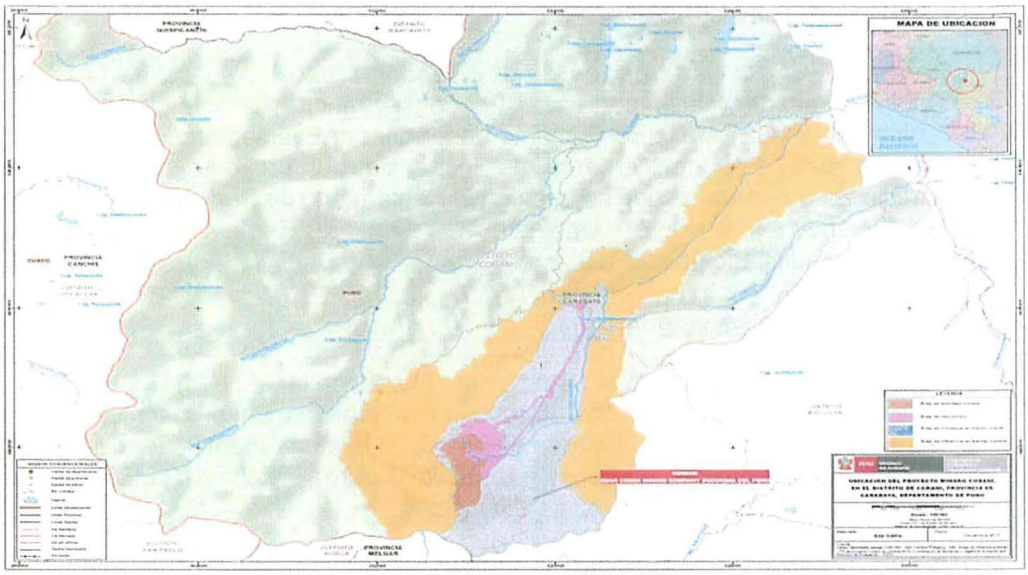

Figura 4-1. Ubicación geográfica del proyecto minero Corani

Para fines prácticos, el área de estudio fue dividido en cuatro zonas para una mejor evaluación de los componentes: a) zona I, microcuenca quebrada Supayhuasi (en adelante, microcuenca Supayhuasi), b) zona II, microcuenca quebrada Collpamayo y río Chacaconiza (en adelante, microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa), c) zona III, microcuenca quebrada Imaginamayu (microcuenca Imaginamayu), y d) zona IV, microcuenca río Quelcaya (microcuenca Quelcaya); en la Figura 4-2 se muestra la distribución de las zonas en mención (para una mejor visualización ver Anexo 2).

La ejecución de la EAT en el 2017 comprendió la evaluación en zonas aledañas (comunidad campesina Corani–Aconsaya y centros poblados Aymaña (Chimboya) e Isivilla) ubicadas fuera del área de influencia ambiental directa e indirecta, las cuales se pueden visualizar a mayor detalle en el Informe N.° 092-2017-OEFA-SDCA/CMVA (Anexo 6).

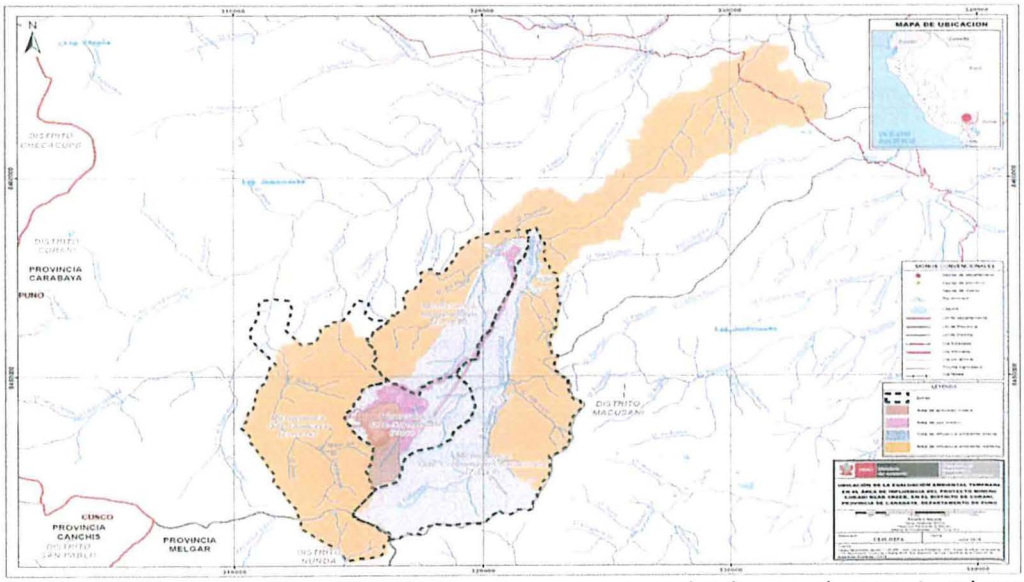

Figura 4-2. Ubicación geográfica de las microcuencas evaluadas en el proyecto minero Corani (2018)

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 minero Corani con participación ciudadana que se basó en el Reglamento de Participación Ciudadana en las Acciones de Monitoreo Ambiental (en adelante, Reglamento), aprobado en el 2014[10] y modificado en el 2016[11].

Visita de reconocimiento

La visita de reconocimiento se realizó del 19 al 23 de junio de 2017 y del 31 de enero al 06 de febrero de 2018, su objetivo fue establecer un primer contacto con las poblaciones y autoridades del área de estudio a evaluar, identificar la situación social y ambiental, conocer su percepción respecto a la realización de la EAT, y reconocer técnica y logísticamente el área de evaluación.

Como resultado de esta visita, se definió el área de estudio, se identificaron los componentes ambientales a ser evaluados, se determinó la red de puntos de muestreo, los parámetros a evaluar y el tiempo requerido para la evaluación.

Los actores sociales involucrados en la EAT en el área de influencia del proyecto minero Corani de Bear Creek Mining S.A.C. están conformados por representantes de las comunidades campesinas, centro poblados y municipalidades distritales, las cuales son presentadas en la Tabla 5-1.

Tabla 5-1. Actores sociales en el área de influencia del proyecto minero Corani

Actores	Distrito	Provincia	Departamento
Centro poblado Chimboya (Aymaña)	Corani	Carabaya	Puno
Centro poblado Isivilla	Corani	Carabaya	Puno
Comunidad campesina Corani – Aconsaya	Corani	Carabaya	Puno
Comunidad campesina Quelcaya	Corani	Carabaya	Puno
Comunidad campesina Chacaconiza	Corani	Carabaya	Puno
Municipalidad distrital Corani	Corani	Carabaya	Puno
Municipalidad provincial Carabaya	Macusani	Carabaya	Puno
Municipalidad distrital Corani	Corani	Carabaya	Puno

Desarrollo de la EAT

La EAT en el área de influencia del proyecto minero Corani, se desarrolló conforme a las etapas tipificadas en el Reglamento las cuales 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 monitoreo
- Etapa 6. Ejecución del monitoreo ambiental participativo
- Etapa 7. Taller para la presentación de los resultados del monitoreo realizado

10 Resolución de Consejo Directivo N. ° 032-2014-OEFA-CD.
11 Resolución de Consejo Directivo N. ° 003-2016-OEFA-CD.

En la Tabla 5-2, 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 minero Corani, durante el 2017 y 2018.

Tabla 5-2. Participación ciudadana de acuerdo a la ejecución de las etapas de la EAT en el área de influencia del proyecto minero Corani

Etapa	Fecha	Participantes		Fecha	Participantes		Total
	2017	hombres	mujeres	2018	hombres	mujeres	
Etapa preliminar Visita de reconocimiento (A)	Del 18 al 23 de junio de 2017	---	---	Del 31 de enero al 6 de febrero de 2018	---	---	---
Etapa 1 Coordinación previa con los actores involucrados	Del 18 al 23 de junio de 2017	18	5	Del 31 de enero al 6 de febrero de 2018	9	0	32
Etapa 2 Convocatoria(B)	Del 9 al 12 de julio de 2017	186	78	---	---	---	264
Etapa 3 Inscripción en los programas de inducción							
Etapa 4 Realización de la inducción							
Etapa 5 Taller para la presentación de la propuesta del plan							
Etapa 6 Ejecución del monitoreo	Del 17 al 27 de julio de 2017	34	3	Del 15 al 26 de febrero de 2018	---	---	37
				Del 14 al 25 de mayo de 2018	---	---	
Etapa 7 Taller para la presentación de resultados (C)	---	---	---	Del 19 al 21 de febrero de 2018	37	15	52

- No se cuenta con registro.

(A) Esta etapa no está considerada en el reglamento de Participación Ciudadana, pero es necesaria para el reconocimiento técnico del área de estudio

(B) La convocatoria se realizó mediante cartas, oficios y difusión radial

(C) Las fechas corresponden a la presentación de los resultados obtenidos en la ejecución de 2017, quedando pendiente la actividad de presentación de resultados de las ejecuciones en el 2018.

6. METODOLOGÍA

En este apartado se presenta la metodología empleada en la EAT en el área de influencia del proyecto minero Corani de Bear Creek Mining S.A.C. Dicha metodología está divida para cada uno de los componentes ambientales evaluados y estudios especializados, durante el 2017 y 2018.

6.1. Agua

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.

6.1.1. Guías utilizadas para la evaluación

La metodología aplicada para la evaluación de agua de ríos, quebradas, lagunas, bofedales[12] y manantiales, se enmarcó en el capítulo 6: «Monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales» del «Protocolo Nacional para el Monitoreo de Calidad de Recursos Hídricos Superficiales»[13], donde se establecen los criterios técnicos y lineamientos generales a aplicarse en las actividades de monitoreo de la calidad de agua.

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

Tabla 6-1. Referencias para el muestreo de la calidad de agua superficial, subterránea y efluente en el área de influencia del proyecto minero Corani de BCM

Componente ambiental	Referencia	Sección	País	Institución	Dispositivo legal	Año
Agua superficial	Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales	Capítulo 6	Perú	Autoridad Nacional del Agua	Resolución Jefatural N.° 010-2016-ANA	2016
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	---	2016
Efluente[14]	Protocolo de Monitoreo de Calidad de Agua – Sub sector Minería	Todas	Perú	Ministerio de Energía y Minas	Resolución Directoral N.° 004-94-EM/DGAA	1994

6.1.2. Ubicación de puntos

Los puntos de muestreo fueron ubicados considerando la información obtenida en la visita de reconocimiento del 2017 y de los instrumentos de gestión ambiental aprobados para el proyecto minero Corani.

Los recursos hídricos evaluados comprenden las quebradas Collpamayo, Sillatoco, Supayhuasi, Intisayana, Piruacarca, Minaspata, Imaginamayu, Pausicucho; los ríos Chacaconiza, Jarapampa y Quelcaya, así como manantiales y bofedales encontrados en el área de influencia ambiental del proyecto Corani. Asimismo, los ríos Corani, Isivilla, Quelcaya y Chimboya, así como manantiales encontrados fuera del área de influencia ambiental del proyecto minero Corani, del distrito del mismo nombre, provincia Carabaya.

12 Para el presente informe, se está considerando a los bofedales como ambiente lótico, ya que la toma de muestras se ha realizado en la descarga de agua de los mismos.

13 Resolución Jefatural N.° 010-2016-ANA. «Protocolo Nacional para el Monitoreo de Calidad de Recursos Hídricos Superficiales». Aprobado el 11 de enero de 2016.

14 Denominado así, a los **pasivos ambientales con drenajes**, los cuales descargan a cuerpos de agua como ríos y quebradas, según el Primer Informe Técnico Sustentatorio sobre cambios menores al EIA-d para explotación y beneficio minero del proyecto Corani, para la optimización de la disposición final de relaves filtrados, hacia el tajo y depósito de desmontes de mina y relaves principal y cambios en los parámetros de sus diseños con consecuente reducción de área del proyecto; en su página 20 de la sección 8.2.10 Calidad del agua superficial, efluentes y sedimentos del capítulo 8.0 Línea Base relacionada con los componentes a modificarse. Aprobado mediante Resolución Directoral N.° 012-2016-MEM-DGAAM, con fecha 19 de enero de 2016.

La primera ejecución se desarrolló en el mes de julio 2017, correspondiente a la época seca, donde se evaluaron un total 44 puntos de muestreo de agua. Del total de puntos de muestreo, 17 correspondieron a quebradas, 12 a manantiales, 8 a ríos, 6 bofedales y 1 laguna.

Mientras que, la segunda ejecución se desarrolló en el mes de febrero 2018, correspondiente a la época húmeda, donde se evaluaron un total de 82 puntos de muestreo de agua. De los cuales, 46 comprendieron a quebradas, 5 a ríos, 4 a manantiales, 4 a efluentes, 13 a bofedales y 10 a piezómetros.

De acuerdo con los criterios señalados para cada época de evaluación, la ubicación y descripción de los puntos de muestreo de agua se presenta en las Tablas 6-2, 6-3, 6-4 y 6-5.

Tabla 6-2. Ubicación de puntos de muestreo de agua superficial (ríos, quebradas, lagunas y bofedales) evaluados en épocas seca (2017) y húmeda (2018)

N.°	Puntos de muestreo	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 19 L		Altitud (m s.n.m.)	Descripción
		Este (m)	Norte (m)		
Ríos y quebradas					
1	QAcan1[a]	316690	8466141	4250	Quebrada Acanchara, antes del centro poblado de Aymaña
2	QQuel1[a]	321887	8465590	4145	Quebrada Quelcaya, antes de la confluencia al río Corani
3	RChim1[a]	316552	8466772	4268	Río Chimboya antes del centro poblado de Aymaña
4	RChim2[a]	321643	8465576	4146	Río Chimboya, aguas abajo del centro poblado de Aymaña
5	RCora1[a]	325984	8467016	4022	Río Corani, antes de la Comunidad Campesina Corani
6	RIsiv1[a]	330708	8459891	4378	Río Isivilla, antes de la comunidad campesina de Isivilla
7	QSN2[b]	316033	8447611	4873	Quebrada sin nombre, ubicado aguas arriba de la confluencia con la quebrada Minaspata
8	QPiru1[b]	316633	8447182	4839	Quebrada Piruacarca ubicado a 30 m aguas arriba de la confluencia con las quebradas Minaspata y Supayhuasi
9	QMina1[b]	316424	8447505	4851	Quebrada Minaspata, ubicado a 50 m aguas arriba de la confluencia con las quebradas Piruacarca y Supayhuasi
10	QMina2[b]	316883	8447536	4851	Quebrada Supayhuasi, ubicado a 20 m aguas abajo de la confluencia con las quebradas Piruacarca y Minaspata
11	QSupa2[b]	317890	8447674	4781	Quebrada Supayhuasi, ubicado a 3 km al sureste de la comunidad campesina de Chacaconiza
12	QColc1[b]	320669	8448586	4463	Quebrada Collpamayo, ubicado antes de la comunidad campesina de Chacaconiza
13	QSill1[b]	320910	8449574	4402	Quebrada Sillatoco, ubicado antes de la comunidad campesina de Chacaconiza

N.°	Puntos de muestreo	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 19 L		Altitud (m s.n.m.)	Descripción
		Este (m)	Norte (m)		
Ríos y quebradas					
14	QSiti1[b]	312317	8449667	4630	Quebrada Sititoco, ubicado antes de la confluencia con el río Quelcaya
15	RQuel1[b]	312107	8449667	4599	Río Quelcaya, ubicado aguas arriba de la comunidad campesina de Quelcaya
16	RQuel2[d]	311435	8453528	4500	Río Quelcaya, ubicado aguas abajo de la comunidad campesina Quelcaya
17	QSN1[b*]	315474	8447269	4948	Quebrada Minaspata, ubicado a la salida del bofedal son nombre a 800 m aguas arriba de la confluencia con la quebrada Minaspata
18	QInti1[b]	317239	8448013	4834	Quebrada Intisayana ubicado a 20 m aguas arriba de la confluencia con la quebrada Supayhuasi
19	QPiru2[b]	316009	8445641	4839	Quebrada Piruacarca, ubicado en la naciente
20	QImag4[b]	320611	8456305	4341	Quebrada Imaginamayu, ubicado a la altura de la laguna Chullumpicocha
21	RJara2[b]	321432	8454299	4363	Río Chacaconiza, ubicado aguas abajo de la comunidad campesina Chacaconiza
22	QImag2[b]	319142	8453398	4483	Quebrada Imaginamayu, ubicado a 50 m aguas abajo de la confluencia con la quebrada Pausicucho
23	QImag1[b]	319084	8453335	4484	Quebrada Imaginamayu, ubicado a 100 m aguas arriba de la confluencia con la quebrada Pausicucho
24	QPaus1[b]	319104	8453318	4482	Quebrada Pausicucho, ubicado aguas arriba de la confluencia con la quebrada Imaginamayu
25	QMina3[b*]	315666	8448424	4940	Quebrada sin nombre, ubicado a 10 m aguas arriba de la cascada que desemboca en la quebrada Minaspata
26	QMina4[b*]	315951	8448386	4871	Quebrada Minaspata, ubicado a 10 m aguas abajo de la cascada antes de la confluencia con la quebrada sin nombre
27	QEsca1[b]	318933	8448714	4460	Quebrada Escalera Cucho Pugio, ubicado en la comunidad campesina de Chacaconiza
28	QSupa3[b]	319480	8449214	4439	Quebrada Supayhuasi, ubicado a 300 m al sur sureste de la comunidad campesina de Chacaconiza
29	RJara1[b]	322196	8456801	4316	Río Jarapampa, ubicado a 50 m aguas abajo de la confluencia de la quebrada Imaginamayu
30	QInti2[c]	317176	8448340	4858	Quebrada Intisayana, ubicado en la naciente
31	QInti1A[c]	317273	8448110	4834	Quebrada sin nombre, ubicado a 100 m aguas arriba de la confluencia con la quebrada Intisayana
32	QSant1[c]	317701	8447785	4831	Quedada Santocato, ubicado al ingreso a bofedal

N.°	Puntos de muestreo	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 19 L		Altitud (m s.n.m.)	Descripción
		Este (m)	Norte (m)		
Ríos y quebradas					
33	QSala1[c]	315922	8447233	4813	Quebrada Sala Sala, ubicado aguas arriba de las bocaminas 8 y 9 (pasivos ambientales)
34	QSala2[c]	315994	8447309	4913	Quebrada Sala Sala, ubicado aguas abajo de las bocaminas 8 y 9 (pasivos ambientales)
35	QInti4[c]	317168	8448452	4886	Quebrada Intisayana, ubicado en la naciente
36	QInti3[c]	317223	8448329	4855	Quebrada Intisayana, ubicado en la naciente
37	QPinc1[c]	317551	8447505	4881	Quebrada Pinchalli, ubicado aguas arriba de futuros componentes mineros
38	QPinc2[c]	317388	8447492	4992	Quebrada Pinchalli, ubicado aguas abajo de futuros componentes mineros
39	QSN1A[c]	315211	8447306	4992	Quebrada sin nombre, ubicado aguas arriba del futuro tajo
40	QSN1B[c]	315378	8447164	4963	Quebrada sin nombre, ubicado aguas arriba del futuro tajo
41	RChac1[c]	320926	8450087	4401	Río Chacaconiza, ubicado a 300 m al norte de la comunidad campesina de Chacaconiza
42	QImagA[c]	319144	8451264	4674	Quebrado Imaginamayu, ubicado aguas arriba de bofedales sin nombre después de la confluencia de tres quebradas sin nombre
43	QChau2[c]	312590	8446823	4771	Quebrada Chaupitera, ubicado a 20 m aguas arriba de la confluencia con la quebrada Misachancara
44	QMisa1[c]	312531	8446823	4750	Quebrada Misachancara, ubicado a 50 m aguas abajo de la confluencia con la quebrada Chaupitera
45	QSall1[c]	312313	8446599	4777	Quebrada Sallapata, ubicado a 350 m aguas arriba de la confluencia con la quebrada Misachancara
46	QChau1[c]	313528	8446694	4819	Quebrada Chaupitera, ubicado a 400 m aguas arriba de la confluencia con la quebrada Misachancara
47	QMaij1[c]	314055	8446276	4820	Quebrada Maijo Aje, ubicado al oeste del futuro tajo
48	QSimi2[c]	313930	8444773	4845	Quebrada Simiaje, ubicado a 100 m después de la confluencia con la quebrada sin nombre
49	QSN3[c]	314020	8444610	4860	Quebrada sin nombre, ubicado a 100 m antes de la confluencia con la quebrada Simiaje
50	QSimi1[c]	313914	8444604	4847	Quebrada Simiaje, ubicado a 100 m antes de la confluencia con la quebrada sin nombre
51	QQuel1[c]	313862	8445419	4817	Quebrada Quellopujio, ubicado a 600 m antes de la confluencia con la quebrada Simiaje
52	QColl1[c]	317387	8444078	4988	Quebrada Collpamayo, ubicado aguas arriba de la cascada

N.°	Puntos de muestreo	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 19 L		Altitud (m s.n.m.)	Descripción
		Este (m)	Norte (m)		
Ríos y quebradas					
53	QMinac1[c]	319301	8444217	4575	Quebrada Minacucho, ubicado a 750 m aguas arriba de la confluencia con la quebrada Collpamayo
54	QColl2[c]	318605	8444563	4683	Quebrada Collpamayo, ubicado sobre el futuro embalse de la poza de agua Sur
55	QColl3[c]	319948	8445559	4664	Quebrada Collpamayo, ubicado a 1,3 km aguas abajo del futuro dique sur del depósito de relaves
Lagunas					
56	LChul1[b]	321002	8455663	4401	Laguna Chullumpicocha
57	LCoch1[c]	317991	8443232	5078	Laguna Cochapala
Bofedales					
58	Cor-bof42[b*]	317040	8449398	5065	Bofedal Negromina, naciente
59	Cor-bof46[b*]	316849	8449649	5073	Bofedal Sornahuiña, naciente
60	BMina2[b]	315933	8448748	4934	Bofedal Minaspata, ubicado en la naciente de la quebrada Minaspata
61	Cor-bof19[c]	316130	8447779	4853	Zona de bofedal impactado por la influencia de la descarga de las aguas de los efluentes EF-BC-03 y EF-BC-03A
62	Cor-bof34[d]	315015	8453269	4770	Bofedal sin nombre, ubicado a 500 m al noreste del bofedal Sornahuiña
63	Cor-bof35[d]	315449	8452751	4815	Bofedal sin nombre, ubicado a 700 m al sureste del bofedal Sornahuiña
64	Cor-Bof13[c]	319177	8451418	4669	Bofedal sin nombre, ubicado en la naciente de la quebrada Imagina Mayu
65	Cor-Bbof9[c]	320591	8455627	4408	Bofedal sin nombre, ubicado próximo a la laguna Chullumpicocha
66	Cor-bof13A[c]	315889	8449163	5000	Bofedal sin nombre, ubicado en la naciente de la quebrada Minaspata
67	Cor-bof27[c]	315497	8448471	4971	Bofedal sin nombre, ubicado aguas arriba del futuro tajo
68	Cor-bof28[c]	315221	8448367	4999	Bofedal sin nombre, ubicado aguas arriba del futuro tajo
69	Cor-bof26[c]	315017	8448504	5031	Bofedal sin nombre, ubicado aguas arriba del futuro tajo
70	Cor-bof50[c]	315087	8446181	4972	Bofedal Apacheta, ubicado al oeste del futuro tajo y la zona de depósito de desmonte y relave

a: punto de muestreo considerado en época seca (2017), ubicado fuera del área de la influencia ambiental del proyecto minero Corani.
b: punto de muestreo considerado en épocas seca (2017) y húmeda (2018), ubicado dentro del área de la influencia del proyecto minero Corani. Las altitudes corresponden a lo registrado en el monitoreo del 2018.
c: punto de muestreo considerado en época húmeda (2018), ubicado dentro del área de la influencia del proyecto minero Corani.
d: punto de muestreo considerado en época húmeda (2018), ubicado fuera del área de la influencia del proyecto minero Corani.
*: los puntos QSN1, QMina3, QMina4, Cor-bof42 y Cor-bof46; en el 2017 se evaluaron bajo los códigos BMina3, BSN1, BMina1, BNegr1 y BSorn1 respectivamente.
Nota: la evaluación de la época seca se encuentra detallada en el informe N.° 092-2017-OEFA/DE-SDCA-CMVA.

Tabla 6-3. Ubicación de puntos de muestreo de manantiales evaluados en épocas seca (2017) y húmeda (2018)

N.°	Puntos de muestreo	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 19 L		Altitud (m s.n.m.)	Descripción
		Este (m)	Norte (m)		
1	Mana9[a]	313174	8451343	4819	Manantial Micallo, captación principal de agua de la comunidad campesina de Quelcaya
2	Mana4[a]	326310	8466314	4072	Manantial Cumapata, captación de agua de la comunidad campesina de Corani
3	Mana5[a]	326668	8467747	4308	Manantial Corani, captación de agua de la comunidad campesina de Corani
4	Mana6[a]	329596	8467826	4228	Manantial Huancarani, captación de agua de la comunidad campesina de Aconsaya
5	Mana11[a]	313677	8465494	4564	Manantial en la zona de queuñani, en el centro poblado de Aymaña
6	Mana12[a]	318030	8466560	4303	Manantial, captación principal de agua del centro poblado de Aymaña
7	Mana2[a]	329192	8456349	4464	Manantial Jahuecca, captación de agua de la comunidad campesina de Isivilla
8	Mana1[a]	330558	8456275	4405	Manantial Chillicucho, captación principal de agua de la comunidad campesina de Isivilla
9	Mana3[a]	329409	8460295	4420	Manantial Iswarccota, captación de agua de la comunidad campesina de Isivilla
10	Mana7[b]	320032	8450050	4501	Manantial Kanchapata, ubicado en captación principal de agua de la comunidad campesina de Chacaconiza
11	Mana8[b]	320615	8448467	4472	Manantial sin nombre, ubicado en el punto de captación de agua de la comunidad campesina de Chacaconiza
12	Mana10[b]	311774	8449934	4652	Manantial Mormontone, ubicado en la captación principal de agua de la comunidad campesina de Quelcaya
13	Mana13[c]	321478	8451550	4496	Manantial Igleciani, ubicado en la comunidad campesina de Chacaconiza

a: punto de muestreo considerado en época seca (2017), puntos fuera del área de la influencia ambiental del proyecto minero Corani.
b: punto de muestreo considerado en épocas seca (2017) y húmeda (2018). Las altitudes corresponden a lo registrado en el monitoreo del 2018.
c: punto de muestreo considerado en época húmeda (2018)
Nota: la evaluación de la época seca se encuentra detallada en el informe N.° 092-2017-OEFA/DE-SDCA-CMVA.

Tabla 6-4. Ubicación de puntos de muestreo de agua subterránea (piezómetros) evaluados en época húmeda (2018)

N.°	Puntos de muestreo	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 19 L		Altitud (m s.n.m.)	Descripción
		Este (m)	Norte (m)		
1	MGW-CO-08	316646	8447102	4832	Piezómetro, ubicado en la futura zona de procesos en la quebrada Perhuacarca
2	MGW-CO-07	316449	8446713	4878	Piezómetro, ubicado aguas abajo del futuro depósito de desmonte en la quebrada Perhuacarca
3	MGW-CO-09	317248	8448017	4840	Piezómetro, ubicado aguas abajo del futuro depósito de desmonte de mina este en la quebrada Santocato
4	MGW-CO-11	316289	8449344	5012	Piezómetro, ubicado en la zona contigua al almacén temporal de residuos sólidos

N.°	Puntos de muestreo	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 19 L		Altitud (m s.n.m.)	Descripción
		Este (m)	Norte (m)		
5	MGW-CO-01	317321	8443971	4831	Piezómetro, ubicado aguas abajo del futuro dique sur del depósito de relaves en la quebrada Collpamayo,
6	MGW-CO-02	316667	8441994	5106	Piezómetro, ubicado en el bofedal naciente de la quebrada Collpamayo, sobre el futuro dique sur del depósito de relaves
7	MGW-CO-03	315110	8443359	5099	Piezómetro, ubicado aguas abajo del futuro dique sur del depósito de relaves
8	MGW-CO-05	318379	8444283	4779	Piezómetro, ubicado en la quebrada Collpamayo, aguas arriba de la futura poza de agua sur
9	MGW-CO-04	318381	8444284	4779	Piezómetro, ubicado aguas arriba de la futura poza de agua sur en la quebrada Collpamayo
10	MGW-CO-06	319038	8444807	4705	Piezómetro, ubicado aguas debajo de la futura poza de agua sur en la quebrada Collpamayo

Tabla 6-5. Ubicación de puntos de muestreo de efluentes evaluados en época húmeda (2018)

N.°	Puntos de muestreo	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 19 L		Altitud (m s.n.m.)	Descripción
		Este (m)	Norte (m)		
1	EF-BC-02	315919	8447948	4872	Bocamina sin nombre, ubicado en el área del futuro tajo
2	EF-BC-03A	315767	8447820	4910	Bocamina sin nombre, ubicado en el área del futuro tajo
3	EF-BC-03	315767	8447820	4910	Bocamina sin nombre, ubicado en el área del futuro tajo
4	EF-BC-08	315947	8447256	4913	Bocamina sin nombre, ubicado en el área del futuro tajo

6.1.3. Parámetros y métodos de análisis

Los parámetros considerados para evaluar la calidad del agua superficial fueron seleccionados en función de las actividades productivas del área de estudio del proyecto minero Corani de Bear Creek Mining S.A.C., se tomaron en cuenta los parámetros relacionados a las características más representativas de los cuerpos de agua.

En los puntos de muestreo se realizaron (*in situ*) mediciones de los parámetros de campo como son: potencial de hidrógeno (pH), conductividad eléctrica (CE), oxígeno disuelto (OD), temperatura (T) y potencial óxido-reducción (ORP). En la Tabla 6-6 se muestra los parámetros, y métodos de análisis considerados por los laboratorios acreditados ante el Instituto Nacional de Calidad (Inacal), que proporcionaron materiales (coolers, frascos y preservantes) para la evaluación de calidad de agua superficial (2017 y 2018), subterránea (2018) y efluente (2018); además de mostrar la cantidad de puntos de muestreo evaluados en 2017 y 2018.

Tabla 6-6. Parámetros evaluados y métodos de análisis, y cantidad de puntos de agua superficial - 2017 y agua superficial, subterránea (piezómetros) y efluente – 2018

N°	Parámetros (mg/L)	Cantidad de puntos muestreados	Método de ensayo de referencia	Laboratorio de ensayo acreditado
Julio 2017 (época seca)				
1	Sólidos suspendidos totales	44	SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 2540D, 22nd Ed.2012	Inspectorate Services Perú S.A.C.
2	DQO		SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 C, 22nd Ed. 2012	
3	Cloruros		EPA Método 325.3, revisado en marzo de 1983	NSF Envirolab S.A.C.
4	Sulfatos		EPA Método 375.4, revisado en marzo 1983	
5	Carbonatos		SMEWW-APHA-AWWA-WEF part. 4500-CO_2, 22nd Ed. 2012.	
6	Bicarbonatos		SMEWW-APHA-AWWA-WEF parte 4500 CO_2, 22nd Ed. 2012.	
7	Mercurio total y disuelto		EPA Método 245.7 (validado), febrero 2005	
8	Metales totales y disueltos		EPA Método 200.7, revisado 4.4, mayo 1994	
9	Sulfuros		SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 4500-S=D, 22nd Ed.2012	
Julio 2017 (época seca)				
10	Nitrógeno Amoniacal		SMEWW Part 4500-NH3-F, 22nd, Ed 2012	
11	Nitratos		EPA. Método 352.1 Rev. marzo 1983	
12	Nitrógeno Total kjeldahl		SMEWW-APHA-AWWA-WEF 4500 Norg-B (Organic). 22nd Ed. 2012	
13	Sólidos totales disueltos		SM 2540 C Ed. 22	AGQ Perú S.A.C.
Febrero 2018 (época húmeda)				
14	Carbonato	88	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2320 b, 22end Ed. 2012	ALS LS PERÚ S.A.C.
15	Bicarbonato		SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2320 b, 22end Ed. 2012	
16	Cloruros		SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-Cl-B, 22nd Ed. 2012.	
17	DQO**		SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 22nd Ed. 2012	
18	Metales disueltos		EPA 6020A, Ver. 1 February 2007	
19	Metales totales		EPA 6020A, Ver. 1 February 2007	
20	Sólidos Totales Disueltos		SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 C, 22nd Ed. 2012	
21	Solidos Totales Suspendidos		SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 22nd Ed. 2012	
22	Sulfatos		SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-SO4(2) -E, 22end Ed. 2012	
23	Nitrógeno Total*		ISO 29441 (Validado), 1st. Ed. 2010	

*: solo se muestrearon en 11 puntos.
**: solo se muestrearon en 10 puntos.

6.1.4. Equipos utilizados

Antes de salir a campo, se realizaron los ajustes y 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 6-7.

Tabla 6-7. Equipos utilizados para el muestreo de agua superficial en época seca (julio 2017) y en época húmeda (febrero 2018)

N.°	Equipo	Marca	Modelo	Serie
Julio 2017				
1	Equipo de posicionamiento GPS	Garmin	Montana 680	4HU004984
				4HU004985
2	Multiparámetro portátil digital (pH, temperatura, oxígeno disuelto y conductividad eléctrica)	HACH	HQ40d	150500000917
				150500000923
Febrero 2018				
3	Equipo de posicionamiento GPS	Garmin	Montana 680	4HU005019 4HU004978
4	Multiparámetro portátil digital (pH, temperatura, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica, potencial óxido-reducción)	HACH	HQ40d	150500000896 150500000921

Una mayor descripción de los equipos listados y aquellos que no se describen, en la tabla anterior, se detalla en el informe N.° 092-2017-OEFA/DE-SDCA-CMVA (Anexo 6) y reporte de campo N.° 005-2018-STEC (Anexo 3).

6.1.5. Aseguramiento de la calidad

De acuerdo con lo señalado en el inciso 6.17 de la Resolución Jefatural N.° 010-2016-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 6-8).

Tabla 6-8. Controles de calidad establecidos para agua superficial (2017) y agua superficial, subterránea y residual industrial (2018)

Tipo de control	Número de muestras		Total de muestras
	2017	2018	
Blanco de campo	1	1	2
Blanco de viajero	1	1	2
Duplicados	4	9	13

6.1.6. Criterios de comparación

Es necesario señalar que el río principal que recorre la zona a evaluar son los ríos Jarapampa y Quelcaya, que de acuerdo al anexo 1 de la Resolución Jefatural N.° 056-2018-ANA «Clasificación de cuerpos de Agua Continentales Superficiales», no poseen categorización alguna. En relación a lo mencionado en la tercera disposición complementaria transitoria de la norma de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua (en adelante, ECA para agua), aprobado mediante Decreto Supremo N.° 004-2017-MINAM, «... *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 éste tributa, previo análisis de dicha autoridad*».

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

Los estándares de comparación para agua se detallan en la Tabla 6-9.

Tabla 6-9. Estándares de comparación para agua superficial (incluye manantiales), subterránea y efluente

Norma vigente y aprobada en el IGA[15] del administrado	Norma referencial
Agua superficial: Lóticos (ríos, quebradas y bofedales)	
Categoría 4 «Conservación del ambiente acuático-Ríos de la Sierra» (Cat4E2), de los ECA para agua, Decreto Supremo N.° 004-2017-MINAM Categoría 3: Riego de vegetales y Bebida de animales, subcategorías Cat3D1 y Cat3D2, de los ECA para agua, Decreto Supremo N.° 004-2017-MINAM	No aplica
Agua superficial: Lénticos (lagunas)	
Categoría 4 «Conservación del ambiente acuático-Ríos de la Sierra» (Cat4E2), de los ECA para agua, Decreto Supremo N.° 004-2017-MINAM Categoría 3: Riego de vegetales y Bebida de animales, subcategorías Cat3D1 y Cat3D2, de los ECA para agua, Decreto Supremo N.° 004-2017-MINAM	No aplica
Manantiales*	
No aplica	Categoría 4 «Conservación del ambiente acuático-Ríos de la Sierra» (Cat4E2), de los ECA para agua, Decreto Supremo N.° 004-2017-MINAM
	Categoría 1 «Poblacional y Recreacional», Subcategoría A1: «Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección» (en adelante, Cat1A1), de los ECA para agua, Decreto Supremo N.° 004-2017-MINAM
Agua subterránea (piezómetros)*	
No aplica	Categoría 4 «Conservación del ambiente acuático-Ríos de la Sierra» (Cat4E2), de los ECA para agua, Decreto Supremo N.° 004-2017-MINAM
Efluente	
Límites Máximos Permisibles (LMP) para la descarga de efluentes líquidos de actividades minero – metalúrgicas, aprobado mediante Decreto Supremo N.° 010-2010-MINAM	No aplica

*: la comparación de resultados fue de manera referencial.

[15] Segundo Informe Técnico Sustentatorio del proyecto Corani, aprobado mediante Resolución Directoral N.° 340-2017-SENACE/DCA, con fecha 02 de noviembre de 2017.

6.2. Sedimentos

En los apartados siguientes se muestra la metodología desarrollada para evaluar la calidad del componente sedimentos, consignándose 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.

Para la evaluación de la calidad de sedimentos, se consideró realizar una caracterización del principal cuerpo de agua y sus tributarios (para las evaluaciones realizadas durante el 2017 y 2018), ya contemplados para el componente agua, ubicados en el área de influencia del proyecto minero Corani de Bear Creek Mining S.A.C.

6.2.1. Guías utilizadas para la evaluación

Debido a que no se cuenta con un protocolo nacional aprobado para la toma de muestras de sedimento, se utilizó a modo referencial, las referencias indicadas en la Tabla 6-10.

Tabla 6-10. Referencias para el muestreo de la calidad de sedimentos en el área de influencia del proyecto minero Corani de BCM

Referencia	Sección	País	Institución	Dispositivo legal	Año
Manual técnico Métodos para colección, almacenamiento y manipulación de sedimento para análisis químicos y toxicológicos de la Agencia para la Protección Ambiental de los Estados Unidos (Methods for collection, storage and manipulation of sediments for chemical and toxicological analyses: technical manual, 2001)	Todas	Estados Unidos	Agencia de Protección Ambiental (EPA)	---	2001
Procedimiento de Operación Estándar – Standard Operating Procedure (SOP). #2016, Muestreo de Sedimento, de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos[16]					2003

6.2.2. Ubicación de puntos

Los puntos de muestreo para la evaluación de calidad de sedimentos, evaluados en el 2017 y 2018, se localizaron en los mismos puntos de muestreo de calidad de agua superficial, concretamente en los ubicados sobre las orillas de los ríos Chimboya, Corani, Isivilla, Quelcaya, Chacaconiza y Jarapampa; de las quebradas Collpamayo, Supayhuasi, Intisayana, Piruacarca, Minaspata, Sillacoto, Imaginamayu, Acanchara, Quelcaya, Misachancara, Chaupitera, Simiaje, Quellopujio, Minacucho y sin nombre; de los bofedales Negromina, Sornahuiña, Minasmata y sin nombre; y de la laguna Chullumpicocha. La relación de puntos de muestreo se presenta en la Tabla 6-11.

La primera ejecución se desarrolló en el mes de julio 2017 correspondiente a la época seca, donde se evaluaron un total 24 puntos de muestreo para la evaluación de los sedimentos. Del total de puntos de muestreo, 13 corresponden a quebradas, 6 a ríos, 4 bofedales y 1 laguna.

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

Mientras que, la segunda ejecución se desarrolló en el mes de febrero 2018 correspondiente a la época húmeda, donde se evaluaron un total de 33 puntos de muestreo para la evaluación de los sedimentos, de los cuales 19 son quebradas, 5 en ríos, 2 en efluentes y 6 en bofedales.

Tabla 6-11. Ubicación de puntos de muestreo de sedimentos evaluados en época seca (setiembre 2017) y en época húmeda (marzo 2018)

N.°	Puntos de muestreo	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 19 L		Altitud (m s.n.m.)	Descripción
		Este (m)	Norte (m)		
Sedimentos en agua superficial					
1	SED-QInti1[a]	317268	8447955	4834	Quebrada Intisayana aproximadamente a 20 m aguas arriba de la desembocadura con la quebrada Supayhuasi
2	SED-QPiru1[a]	316633	8447182	4839	Quebrada Piruacarca aproximadamente a 30 m aguas arriba de la confluencia con las quebradas Minaspata y Supayhuasi
3	SED-QSN2[a]	316033	8447611	4873	Quebrada Sin nombre, aguas arriba de la confluencia con la quebrada Minaspata
4	SED-QAcan1[b]	316690	8466141	4250	Quebrada Acanchara, antes del centro poblado de Aymaña
5	SED-QQuel1[b]	321887	8465590	4145	Quebrada Quelcaya, antes de la confluencia al río Corani
6	SED-RChim1[b]	316552	8466772	4268	Río Chimboya antes del centro poblado de Aymaña
7	SED-RChim2[b]	321643	8465576	4146	Río Chimboya, aguas abajo del centro poblado de Aymaña
8	SED-RCora1[b]	325984	8467016	4022	Río Corani, antes de la Comunidad Campesina Corani
9	SED-RIsiv1[b]	330708	8459891	4378	Río Isivilla, antes de la comunidad campesina de Isivilla
10	SED-QSupa2[c]	317890	8447674	4781	Quebrada Supayhuasi, ubicado a 3 km al sureste de la comunidad campesina de Chacaconiza
11	SED-QColc1[c]	320669	8448586	4463	Quebrada Collpamayo, ubicado antes de la comunidad campesina de Chacaconiza
12	SED-QSill1[c]	320910	8449574	4402	Quebrada Sillatoco, ubicado antes de la comunidad campesina de Chacaconiza
13	SED-RQuel1[c]	312107	8449667	4599	Río Quelcaya, ubicado aguas arriba de la comunidad campesina de Quelcaya
14	SED-RQuel2[e]	311435	8453528	4500	Río Quelcaya, ubicado aguas abajo de la comunidad campesina de Quelcaya
15	SED-QImag4[c]	320611	8456305	4341	Quebrada Imaginamayu, ubicado a la altura de la laguna Chullumpicocha
16	SED-LChul1[c]	321002	8455663	4401	Laguna Chullumpicocha
17	SED-RJara2[c]	321432	8454299	4363	Río Chacaconiza, ubicado aguas abajo de la comunidad campesina Chacaconiza
Sedimentos en agua superficial					
18	SED-RChac1[c]	320926	8450087	4401	Río Chacaconiza, ubicado a 300 m al norte de la comunidad campesina de Chacaconiza

N.°	Puntos de muestreo	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 19 L		Altitud (m s.n.m.)	Descripción
		Este (m)	Norte (m)		
19	SED-QImag2[c]	319142	8453398	4483	Quebrada Imaginamayu, ubicado a 50 m aguas abajo de la confluencia con la quebrada Pausicucho
20	SED-QImag1[c]	319084	8453335	4484	Quebrada Imaginamayu, ubicado a 100 m aguas arriba de la confluencia con la quebrada Pausicucho
21	SED-QMina3[d]	315666	8448424	4940	Quebrada sin nombre, ubicado a 10 m aguas arriba de la cascada que desemboca en la quebrada Minaspata
22	SED-QMina4[c]	315951	8448386	4871	Quebrada Minaspata, ubicado a 10 m aguas abajo de la cascada antes de la confluencia con la quebrada sin nombre
23	SED-QSupa3[c]	319480	8449214	4439	Quebrada Supayhuasi, ubicado a 300 m al sur sureste de la comunidad campesina de Chacaconiza
24	SED-RJara1[c]	322196	8456801	4316	Río Jarapampa, ubicado a 50 m aguas abajo de la confluencia de la quebrada Imaginamayu
25	SED-QMisa1[d]	312531	8446823	4750	Quebrada Misachancara, ubicado a 50 m aguas abajo de la confluencia con la quebrada Chaupitera
26	SED-QChau1[d]	313528	8446694	4819	Quebrada Chaupitera, ubicado a 400 m aguas arriba de la confluencia con la quebrada Misachancara
27	SED-QSimi2[d]	313930	8444773	4845	Quebrada Simiaje, ubicado a 100 m después de la confluencia con la quebrada sin nombre
28	SED-QSimi1[d]	313914	8444604	4847	Quebrada Simiaje, ubicado a 100 m antes de la confluencia con la quebrada sin nombre
29	SED-QQuel1[d]	313862	8445419	4817	Quebrada Quellopujio, ubicado a 600 m antes de la confluencia con la quebrada Simiaje
30	SED-QColl1[d]	317387	8444078	4988	Quebrada Collpamayo, ubicado aguas arriba de la cascada
31	SED-QMinac1[d]	319301	8444217	4575	Quebrada Minacucho, ubicado a 750 m aguas arriba de la confluencia con la quebrada Collpamayo
32	SED-QColl2[d]	318605	8444563	4683	Quebrada Collpamayo, ubicado sobre el futuro embalse de la poza de agua Sur
33	SED-QColl3[d]	319948	8445559	4664	Quebrada Collpamayo, ubicado a 1,3 km aguas abajo del futuro dique sur del depósito de relaves
34	SED-QTaj1[d]	315679	8447394	4923	Quebrada sin nombre, ubicado en el área del futuro tajo
35	SED-Cor-bof42[c*]	317040	8449398	5065	Bofedal Negromina, naciente
36	SED-Cor-bof46[c*]	316849	8449649	5073	Bofedal Sornahuiña, naciente
37	SED-Cor-bof19[d]	316130	8447779	4853	Bofedal sin nombre, en el área del futuro tajo
Sedimentos en agua superficial					
38	SED-Cor-bof34[e]	315015	8453269	4770	Bofedal sin nombre, ubicado a 500 m al noreste del bofedal Sornahuiña

N.°	Puntos de muestreo	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 19 L		Altitud (m s.n.m.)	Descripción
		Este (m)	Norte (m)		
39	SED-Cor-bof35[e]	315449	8452751	4815	Bofedal sin nombre, ubicado a 700 m al sureste del bofedal Sornahuiña
40	SED-Cor-bof28[d]	315221	8448367	4999	Bofedal sin nombre, ubicado aguas arriba del futuro tajo
41	SED-BMina2[a]	315933	8448748	4948	Bofedal Minaspata, aguas arriba de la cascada que desemboca en la quebrada Minaspata
42	SED-BMina3[a]	315474	8447269	4953	Bofedal Minaspata, Salida del bofedal aproximadamente a 800 m aguas arriba de la desembocadura con la quebrada Minaspata
Sedimentos en efluente					
43	SED-EF-BC-02[d]	315919	8447948	4872	Bocamina sin nombre, ubicado en el área del futuro tajo
44	SED-EF-BC-03[d]	315767	8447820	4910	Bocamina sin nombre, ubicado en el área del futuro tajo

a: punto de muestreo considerado en época seca (2017), ubicado dentro del área de la influencia ambiental del proyecto minero Corani.
b: Punto de muestreo considerado en época seca (2017), ubicado fuera del área de la influencia ambiental del proyecto minero Corani.
c: punto de muestreo considerado en épocas seca (2017) y húmeda (2018), ubicado dentro del área de la influencia ambiental del proyecto minero Corani. Las altitudes corresponden a lo registrado en el monitoreo del 2018.
d: punto de muestreo considerado en época húmeda (2018), puntos dentro del área de la influencia ambiental del proyecto minero Corani.
e: punto de muestreo considerado en época húmeda (2018), puntos fuera del área de la influencia del proyecto minero Corani.
*: los puntos SED-Cor-bof42 y SED-Cor-bof46; en el 2017 se evaluaron bajo los códigos BNegr1 y BSorn1 respectivamente.
Nota: la evaluación de la época seca se encuentra detallada en el informe N.° 092-2017-OEFA/DE-SDCA-CMVA.

6.2.3. Parámetros y métodos de análisis

Para la selección del parámetro a analizar, se priorizó en función a la actividad minera, siendo los metales totales los que se evaluaron en ambas campañas.

En la Tabla 6-12, se muestra los parámetros, y métodos de análisis considerados por los laboratorios acreditados ante el Instituto Nacional de Calidad (Inacal), que proporcionaron materiales (coolers, frascos y preservantes) para la evaluación de calidad de sedimentos (2017 y 2018); además de mostrar la cantidad de puntos de muestreo evaluados en 2017 y 2018.

Tabla 6-12. Parámetros evaluados y métodos de análisis, y cantidad de puntos de muestreo de sedimentos – 2017 y 2018

N°	Parámetros (mg/kg PS)	Cantidad de puntos muestreados	Método de ensayo de referencia	Laboratorio de ensayo acreditado
Julio de 2017 (época seca)				
1	Metales totales	24	EPA Método 200.8, Revisión 5.4. 1994	AGQ Perú S.A.C.
Febrero de 2018 (época húmeda)				
2	Metales totales	33	EPA 200.8, Ver. 5.4, 1994	J. Ramón del Perú S.A.C.

PS: peso seco

6.2.4. Equipos utilizados

Los equipos utilizados para el muestreo de sedimentos en épocas seca y húmeda, para la EAT en campo (*in situ*) se muestran en la Tabla 6-13.

Tabla 6-13. Equipos utilizados para el muestreo de sedimentos en época seca (julio 2017) y en época húmeda (febrero 2018)

N.°	Equipo	Marca	Modelo	Serie
Julio 2017				
1	Equipo de posicionamiento GPS	Garmin	Montana 680	4HU004984
				4HU004985
Febrero 2018				
2	Equipo de posicionamiento GPS	Garmin	Montana 680	4HU005019 4HU004978

Una mayor descripción de los equipos listados y aquellos que no se describen, en la tabla anterior, se detalla en el informe N.° 092-2017-OEFA/DE-SDCA-CMVA (Anexo 6) y reporte de campo N.° 005-2018-STEC (Anexo 3).

6.2.5. Aseguramiento de la calidad

Debido a que no se cuenta con un protocolo nacional para el monitoreo y evaluación de sedimentos se tomó los mismos criterios de aseguramiento de agua, como duplicado hasta el 10% del total de muestras a ser analizadas para el parámetro metales totales.

6.2.6. Criterios de comparación

Debido a que el Perú aún no cuenta con estándares nacionales de calidad ambiental para sedimentos, para el caso de los resultados de concentraciones de metales en sedimentos, estos fueron comparados referencialmente con los valores de los estándares de la guía de calidad ambiental canadiense para sedimentos de aguas continentales (*Canadian Environmental Quality Guidelines. Sediment Quality Guidelines for Protection of Aquatic Life* – CEQG-SQG, 2002). En la Tabla 6-14, se muestran los valores de calidad para sedimentos de agua continental para siete metales, los cuales son: arsénico, cadmio, cobre, cromo, mercurio, plomo y zinc.

Los CEQG-SQG establecen dos tipos de valores límites: (i) *Interim Sediment Quality Guidelines* (ISQG), que corresponde al nivel por debajo del cual no se esperan efectos biológicos adversos, y (ii) *Probable Effect Level* (PEL), que corresponde al nivel de concentración química más bajo que -usualmente o siempre- está asociado a efectos biológicos adversos (Tabla 6-14).

Tabla 6-14. Valores estándares de comparación para metales en sedimentos de agua continental

Parámetro	Norma Canadiense (CEQG-SQG)	
	ISQG (mg/kg)	PEL (mg/kg)
Arsénico	5,9	17
Cadmio	0,6	3,5
Cobre	35,7	197
Cromo	37,3	90
Mercurio	0,17	0,486
Plomo	35	91,3
Zinc	123	315

Fuente: Canadian Council of Ministers of the Environmental - CCME (1999, actualizado en 2002).

6.3. Aire

En esta sección se describe la metodología aplicada en el monitoreo de la calidad ambiental del aire en el área de influencia del proyecto minero Corani de BCM, realizada durante mayo 2018, la cual ha sido preparada tomando en consideración los lineamientos y guías establecidas en la legislación ambiental vigente en el país, y normas y metodologías aplicadas a nivel internacional; sobre esta base se determinó la ubicación de los puntos de muestreo, selección de parámetros, procesamiento de la información, entre otros.

6.3.1. Guías utilizadas para la evaluación

La metodología aplicada para la evaluación de calidad del aire se enmarcó en las referencias indicadas en la Tabla 6-15. En los que se establecen los criterios técnicos y lineamientos generales que se deben de aplicar en las actividades de monitoreo; tales como, diseño del monitoreo, selección de puntos de monitoreo y parámetros, equipamiento necesario, procesamiento y análisis de la información, y seguridad en el trabajo de campo, entre otros.

Tabla 6-15. Referencias para el muestreo de la calidad del aire en el área de influencia del proyecto minero Corani de BCM

Componente ambiental	Referencia	Sección	País	Institución	Dispositivo legal	Año
Aire	Calidad de aire. Método de referencia para la determinación de material particulado respirable como PM_{10} en la atmósfera	Sección 4, 9, 11, 12 y 13	Perú	Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual	NTP 900.030	2003
	Protocolo de monitoreo de la Calidad del Aire y Gestión de los Datos	Sección 7, 10, 11, 13 y 14	Perú	Ministerio de Salud – Dirección General de Salud Ambiental	Resolución Directoral N.° 1404/2005/DIGESA/SA	2005
Meteorología	Guía de prácticas climatológicas de la Organización Meteorológica Mundial	Capítulo 2	---	Organización Meteorológica Mundial (OMM)	OMM-N.° 100	2011
	Protocolo para la Instalación y Operación de Estaciones Meteorológicas, Agrometeorológicas e Hidrológicas	Sección 7 y 11	Perú	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú	Resolución Ejecutiva No. 0174SENAMHI-PREJ-OGOT/2013	2013

6.3.2. Ubicación de puntos

Los puntos de monitoreo se ubicaron de acuerdo con los lineamientos indicados en la sección 10, del Protocolo de monitoreo de la calidad del aire y gestión de los datos[17]. Además, se tuvo en consideración las zonas de mayor densidad poblacional y número de componentes mineros evaluados como posibles fuentes potenciales de emisión de material particulado, dirección del viento y accesibilidad a los puntos de monitoreo.

[17] Dirección General de Salud Ambiental. (2005). *Protocolo de monitoreo de la calidad del aire y gestión de los datos*. Perú.

La evaluación del monitoreo de calidad del aire fue realizada en mayo 2018, cuyos puntos fueron ubicados en las comunidades campesinas de Chacaconiza y Quelcaya, las mismas que se ubican alrededor del área de influencia ambiental directa e indirecta del proyecto minero Corani respectivamente, en el distrito Corani, provincia Carabaya, departamento Puno. La ubicación y la descripción de los puntos se presentan en la Tabla 6-16.

Tabla 6-16. Ubicación de puntos de monitoreo de aire evaluados en mayo 2018

N.°	Puntos de monitoreo	Coordenadas UTM WGS 84 - Zona 19 L		Altitud (m s.n.m.)	Posición	Descripción
		Este (m)	Norte (m)			
1	AIR-CO-01	320460	8449396	4419	A sotavento de la actividad minera	Ubicado en el patio interno del Establecimiento de Salud I-1 de la comunidad campesina Chacaconiza
2	CA-COR-02	311952	8450828	4580	A barlovento de la actividad minera	Ubicado en la comunidad campesina Quelcaya, a 3,5 km del área del futuro tajo

6.3.3. Parámetros y métodos de análisis

Los parámetros considerados para la evaluación de la calidad del aire fueron seleccionados en función de la futura actividad productiva de la zona y los impactos que puedan ocasionar en aquellos parámetros cuantificables. Los parámetros y métodos de análisis de los parámetros a evaluar en el componente aire, se detallan a continuación en la Tabla 6-17.

Tabla 6-17. Parámetros evaluados y métodos de análisis de aire - 2018

N.°	Parámetros	Unidad	Método de ensayo de referencia	Laboratorio de ensayo acreditado
1	Material particulado menor a 10 micras (PM_{10})	µg/muestra	EPA/625/R-96/010a - Compendium Method IO-3.1, Item 4 y 5 (excepto 5.1.1, 5.2.3.7 y 5.3), june 1999 - (Validado)	ALS LS PERÚ S.A.C.
2	Material particulado menor a 2,5 micras ($PM_{2,5}$)	µg/muestra	EPA, 40 CFR 50 Appendix L Item 6 y 8 2006 (validado)	
3	Metales en filtros PM_{10}	µg/muestra	EPA IO-3.5, June 1999	
4	Meteorológicos (velocidad de viento, dirección del viento, temperatura ambiental, presión barométrica y humedad relativa	No aplica	No aplica	No aplica

6.3.4. Equipos utilizados

El monitoreo se realizó con equipos que pertenecen al OEFA. Con respecto a los métodos y criterios utilizados para la EAT de la calidad del aire, se consideró lo señalado en el Protocolo de Monitoreo de la Calidad del Aire y Gestión de los Datos. Este protocolo establece los procedimientos y criterios técnicos para la instalación y operación de sistemas de monitoreo de calidad del aire, así como el manejo de los datos una vez colectados.

Los equipos fueron instalados considerando los criterios técnicos del protocolo en mención, manteniendo las distancias adecuadas a obstáculos, manteniendo la altura adecuada para el ingreso de la muestra de aire a los analizadores y altura adecuada para la medición de los parámetros meteorológicos. Cabe mencionar que, los equipos utilizados para el monitoreo se detallan a continuación en la Tabla 6-18.

Tabla 6-18. Equipos utilizados para el monitoreo de aire en mayo 2018

Equipos	Marca	Modelo	Serie
Muestreador de material particulado menor a 10 micras	THERMO	HIVOL	P9308X
	THERMO	HIVOL	P10321X
Muestreador de material particulado menor a 2,5 micras	BGI	PQ200	2086
	BGI	PQ200	2083
Variflow	TISH	S/M	2969
Estación meteorológica	DAVIS	Vantage Pro2	AZ170228024
	DAVIS	Vantage Pro2	A10120A036
Manómetro de agua	DWYER	SLACK TUBE	---
Equipo de posicionamiento GPS	GARMIN	MONTANA 680	4HU004968

Una mayor descripción de los equipos listados y aquellos que no se describen, en la tabla anterior, se detalla en el reporte de campo N.° 015-2018-STEC (Anexo 3).

6.3.5. Aseguramiento de la calidad

Como criterio de aseguramiento de aire se consideró un blanco de campo en cada punto de monitoreo para el parámetro metales totales en filtro PM_{10}.

6.3.6. Criterios de comparación

Los resultados obtenidos de la evaluación de calidad del aire serán comparados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire que se muestran en la Tabla 6-19, los cuales están indicados en el Instrumento de Gestión Ambiental asociado al proyecto minero Corani, y referencialmente con los valores vigentes establecidos en los estándares en mención.

Tabla 6-19. Estándares de comparación para calidad del aire

Norma vigente y aprobada en el IGA[18] del administrado	Norma referencial
Material particulado menor a 10 micras (PM_{10}), material particulado menor a 2,5 micras ($PM_{2,5}$) y plomo (Pb)* en PM_{10}	
Estándares de Calidad Ambiental para Aire, aprobado mediante Decreto Supremo N.° 003-2017-MINAM	No aplica
Metales en PM_{10}	
No aplica	Norma de calidad de aire de Canadá (Ontario's Ambient Air Quality Criteria[19])
Arsénico (As) en PM_{10}	
No aplica	Niveles máximos permisibles de elementos y compuestos presentes en emisiones gaseosas provenientes de las unidades minero-metalúrgicas, aprobado mediante Resolución Ministerial N.° 315-96-EM/VMM

*: Para la presente evaluación, los resultados de las concentraciones de plomo en PM_{10}, se compararon referencialmente con el valor establecido en los ECA para aire vigente.

[18] Segundo Informe Técnico Sustentatorio del proyecto Corani, aprobado mediante Resolución Directoral N.° 340-2017-SENACE/DCA, con fecha 02 de noviembre de 2017.

[19] Criterios de Calidad Ambiental del Aire de Ontario AAQC (versión de abril 2012), desarrollados por el Ministerio del Ambiente de Ontario y en ellos se establecen estándares para un gran número de agentes tóxicos del aire para los cuales se ha utilizado volúmenes de gases correspondiéndose a una temperatura de 10 °C y 1 atmósfera de presión. El AAQC se define como la concentración deseable de un contaminante en el aire, basado en la protección contra los efectos adversos a la salud y el ambiente. El término «ambiente» es usado para reflejar la calidad del aire en general, independientemente de la ubicación o la fuente de un contaminante.

En la Tabla 6-20 se muestra los estándares de calidad para metales en aire de acuerdo a los criterios de calidad ambiental de Canadá.

Tabla 6-20. Estándares de calidad para metales en aire de acuerdo a los criterios de calidad ambiental de Canadá

N.°	Parámetros	Concentración (µg/m³)	Tiempo promedio (h)
1	Antimonio y compuestos de antimonio	25	24
2	Arsénico y compuestos de arsénico	0,3	24
3	Berilio y compuestos de berilio	0,01	24
4	Boro	120	24
5	Cadmio y compuestos de cadmio	0,025	24
6	Cobalto	0,1	24
7	Cobre	50	24
8	Cromo y compuestos	0,5	24
9	Hierro (metálico)	4	24
10	Manganeso y compuestos de manganeso	0,2	24
11	Mercurio (Hg)	2	24
12	Molibdeno	120	24
13	Níquel y compuestos de níquel	0,1	24
14	Selenio	10	24
15	Plata	1	24
16	Plomo y compuestos de plomo	0,5	24
17	Estroncio	120	24
18	Estaño	10	24
19	Titanio	120	24
20	Uranio y compuestos de uranio	0,15	24
21	Vanadio	2	24
22	Zinc	120	24

Fuente: *Ontrario's Ambient Air Quality Criteria Standards (AAQC)* – abril 2012: www.airqualityontario.com/downloads/AmbientAirQualityCriteria.pdf

6.3.7. Procesamiento de datos

Los resultados obtenidos de la evaluación de calidad del aire serán procesados y analizados según lo siguiente:

a) Cálculo del volumen estándar

Para hacer los cálculos de volumen estándar se siguió los procedimientos aplicados en el protocolo de calidad de aire Compendium EPA Method IO-2.1 Sampling Of Ambient Air For Total Suspended Particulate Matter (SPM) and PM10 Usingg High Volume (Hv) Sampler.

a.1. Calcular el flujo promedio del periodo de muestreo corregido a las condiciones estándar.

$$Qstd = Qa \; x \; \left(\frac{Pa}{Pstd}\right) x \left(\frac{Tsdt}{Ta}\right) \qquad (6.1)$$

Donde:

Qa (m³/min): Velocidad del flujo del volumen real
Qstd (m³/min std): Velocidad del flujo del volumen estándar
Pstd (mm Hg): Presión barométrica estándar según EPA (760 mm Hg)
Pa (mm Hg): Presión barométrica ambiental
Ta (°K): Temperatura ambiental
Tstd: Temperatura estándar según EPA (298 °K)

a.2. Calcular el volumen total de aire muestreado.

$$Vsdt = Qstd\ x\ t \quad (6.2)$$

Donde:

Vstd (m^3std): Volumen total de aire muestreado en condiciones estándar
Qstd (m^3/min std): Velocidad del flujo del volumen estándar
t (min): Tiempo de muestreo

a.3. Calcular la concentración de material particulado:

$$PM10 = (Wf - Wi)\ x\ \left(\frac{Tsdt}{Ta}\right) \quad (6.3)$$

Donde:

PM10 (µg/m^3 std): Concentración de PM_{10}
Wf, Wi (g): Pesos final e inicial de partículas de PM_{10} colectadas en el filtro
$10x10^6$: Conversión de g a µg
Vstd (m^3std): Volumen total de aire muestreado en condiciones estándar

b) Procesamiento de datos meteorológicos

Para realizar el procesamiento de los datos meteorológicos no se requiere ninguna fórmula, pero se verifica la coherencia de los datos; por ejemplo, los datos de la velocidad y dirección de viento deben de reportar valores, así como también los resultados deben ser acordes a las condiciones climáticas representativas del lugar de análisis.

c) Procesamiento de datos para rosa de viento

Para obtener la rosa de viento, se utilizó el programa Wind Rose Plots for Meteorological Data (WRPLOT Wiew) versión 8.00.

6.4. Nivel de fondo

Esta sección proporciona las metodologías aplicadas para la evaluación de calidad del suelo en área de potencial afectación.

El desarrollo de la metodología servirá para identificar, si los suelos evaluados podrían ser alterados por la actividad o son propias de las características naturales del sitio, realizando niveles de fondo.

6.4.1. Guía utilizada para la evaluación

El muestreo de suelo consideró los tipos de muestreo (sección 1.3), la determinación de puntos de muestreo (sección 5) y el anexo N.° 2 de la Guía para muestreo de suelos, aprobada el 9 de abril de 2014, mediante Resolución Ministerial N.º 085-2014-MINAM, por el Ministerio del Ambiente (en adelante, Minam).

6.4.2. Ubicación de puntos

Para determinar los puntos de muestreo de suelo de nivel de fondo, se consideró el tipo de suelo, capacidad de uso mayor de suelos y geología. Asimismo, se tuvo en

cuenta el uso actual de los suelos, ya que, en algunos casos, existen zonas de uso agrícola que tienen distintos tipos de suelo y geología. La ubicación de puntos de muestreo por tipo de suelo se detalla en la Tabla 6-21.

Para determinar las zonas donde se establecieron los puntos de muestreo de nivel de fondo se consideró la geología regional. Los puntos de nivel de fondo se establecieron en zonas aguas abajo de los futuros componentes mineros del proyecto minero Corani, los cuales se encontrarán establecidos en las unidades geológicas: depósitos aluviales (Qh-al) y familia Quenamari miembro Chacaconiza (Nm-ch), tomando en cuenta la proximidad a las áreas donde se han desarrollado trabajos de exploración del proyecto en mención, asimismo se consideró el uso actual del suelo (Tabla 6-22).

Las áreas de muestreo para nivel de fondo fueron establecidas siguiendo los lineamientos establecidos en la guía para muestreo de suelos. En el presente estudio, se evaluó un total de 12 muestras compuestas (cinco submuestras, las submuestras fueron tomadas en un radio de 20 a 30 metros del punto central en zonas planas y a una distancia de 20 metros según la cota de nivel para zonas de ladera).

Tabla 6-21. Ubicación de puntos de muestreo de suelo evaluados en época seca (mayo 2018)

N.°	Año de muestreo	Puntos de muestreo	Coordenadas UTM WGS 84 - Zona 19 L		Altitud (m s.n.m.)	Referencia geográfica
			Este (m)	Norte (m)		
1	2017	SUE-ISI1[b]	329066	8454693	4581	Sector de Cuncatiana perteneciente la comunidad campesina de Isivilla
2		SUE-ISI2[bu]	329033	8454705	4574	
3		SUE-ISI3[b]	328792	8454976	4583	
4		SUE-ISI4[b]	328825	8454954	4579	
5		SUE-ISI5[b]	332079	8458497	4451	
6		SUE-ISI6[b]	332031	8458519	4448	
7		SUE-ISI7[b]	331966	8458566	4444	
8		SUE-ISI8[b]	331913	8458586	4444	
9		SUE-ISI9[b]	333786	8463724	4462	Inmediaciones de la comunidad campesina de Isivilla-Corani
10		SUE-ISI10[b]	333822	8463744	4473	
11		SUE-ISI11[b]	333810	8463829	4474	
12		SUE-ISI12[b]	332793	8461779	4423	
13		SUE-ISI13[b]	332802	8461747	4421	
14		SUE-ISI14[b]	332805	8461717	4420	
15		SUE-COR1[b]	325740	8467124	4069	Terreno agrícola el sector de Chacuricocha en el límite de las comunidades de Corani y Chimboya
16		SUE-COR2[b]	325699	8467053	4050	
17		SUE-COR3[b]	327792	8469475	4452	Sector de la laguna de Soytococha perteneciente la comunidad campesina de Corani
18		SUE-COR4[b]	327777	8469473	4442	
19		SUE-COR5[b]	327752	8469472	4426	
20		SUE-COR6[b]	327733	8469469	4412	
21		SUE-COR7[b]	327688	8469350	4402	Inmediaciones de la laguna de Sorococha en la comunidad campesina de Corani
22		SUE-COR8[b]	327664	8469360	4392	
23		SUE-COR9[b]	327589	8469226	4388	
24		SUE-COR10[b]	327453	8469192	4401	
25		SUE-COR11[b]	327484	8469186	4397	

N.°	Año de muestreo	Puntos de muestreo	Coordenadas UTM WGS 84 - Zona 19 L		Altitud (m s.n.m.)	Referencia geográfica
			Este (m)	Norte (m)		
26		SUE-AYM1[b]	308659	8471772	4505	Sector de Puñunacunca del centro poblado de Aymaña-Chimboya
27		SUE-AYM2[b]	308616	8471736	4510	
28		SUE-AYM3[b]	310775	8471249	4503	
29		SUE-AYM4[b]	310783	8471281	4500	
30		SUE-AYM5[b]	310840	8471452	4487	
31		SUE-AYM6[b]	310837	8471410	4489	
32		SUE-AYM7[b]	314835	8467566	4323	Sector de Vilullo del centro poblado de Aymaña-Chimboya
33		SUE-AYM8[b]	315872	8467587	4319	
34		SUE-AYM9[b]	315954	8467814	4319	Sector de Chullo del centro poblado de Aymaña-Chimboya
35		SUE-AYM10[b]	315919	8467768	4320	
36		SUE-CHA1[a]	319373	8448962	4524	Sector de Wilacancha al margen derecho del río de Minaspata en la comunidad campesina de Chacaconiza
37		SUE-CHA2[a]	319355	8448997	4505	
38		SUE-CHA3[a]	319357	8449027	4479	
39		SUE-CHA4[a]	319121	8449191	4489	Sector de Wilacancha al margen izquierdo del río de Minaspata en la comunidad campesina de Chacaconiza
40		SUE-CHA5[a]	319173	8449157	4480	
41		SUE-CHA6[a]	320976	8455017	4430	Sector de la laguna de Cochapata en la comunidad campesina de Chacaconiza
42		SUE-CHA7[a]	320998	8455031	4422	
43		SUE-CHA8[a]	321032	8454993	4432	
44		SUE-CHA9[a]	321010	8455018	4424	
45		SUE-CHA10[a]	321578	8455882	4421	
46		SUE-CHA11[a]	321621	8455853	4410	
47		SUE-CHA12[a]	321564	8456167	4407	
48		SUE-CHA13[a]	321545	8456103	4405	
49		SUE-QUE1[a]	312072	8 449435	4628	Sector de Añota en la comunidad campesina de Quelcaya
50		SUE-QUE2[a]	312052	8449466	4623	
51		SUE-QUE3[a]	312149	8449526	4627	
52		SUE-QUE4[a]	312122	8449543	4621	
53		SUE-QUE5[a]	311900	8449784	4614	Sector de Mormontoy en la comunidad campesina de Quelcaya
54		SUE-QUE6[a]	311922	8449794	4610	
55		SUE-QUE7[a]	314195	8451405	4817	Sector de Pampa Condorsaya en la comunidad campesina de Quelcaya
56		SUE-QUE8[a]	314177	8451435	4816	
57		SUE-QUE9[a]	314153	8451494	4817	
58		SUE-QUE10[a]	314167	8451689	4815	
59		SUE-QUE11[a]	314142	8451597	4818	
60		SUE-PCOR1[a]	317239	8447341	4849	Sector de Peruaccarca del proyecto minero de Corani
61		SUE-PCOR2[a]	317232	8447368	4843	
62		SUE-PCOR3[a]	317215	8447408	4834	
63		SUE-PCOR4[a]	317202	8447445	4828	
64		SUE-PCOR6[a]	317067	8448053	4863	
65		SUE-PCOR7[a]	317048	8447905	4859	
66		SUE-PCOR8[a]	317075	8447876	4856	
67		SUE-PCOR9[a]	317210	8447687	4833	
68		SUE-PCOR10[a]	317200	8447723	4832	
69		SUE-PCOR11[a]	317200	8447759	4834	
70		SUE-PCOR12[a]	317179	8447815	4836	

N.°	Año de muestreo	Puntos de muestreo	Coordenadas UTM WGS 84 - Zona 19 L		Altitud (m s.n.m.)	Referencia geográfica
			Este (m)	Norte (m)		
71	2018	SUE-PCOR4[c]	317202	8447445	4839	Sector de Peruaccarca del proyecto minero de Corani
72		SUE-PCOR6[c]	317067	8448053	4862	
73		NF-01[c]	314098	8447579	5016	Sector de Simiaje del proyecto minero de Corani, al oeste del futuro tajo Mina
74		NF-02[c]	314301	8447463	5022	
75		NF-03[c]	314342	8447467	5025	
76		NF-04[c]	314400	8447493	5033	
77		NF-05[c]	314633	8447162	5049	
78		NF-06[c]	314882	8446523	4958	Sector de Simiaje del proyecto minero de Corani, al oeste del futuro tajo Principal
79		NF-07[c]	314916	8446497	4951	
80		NF-08[c]	314962	8446546	4958	
81		NF-09[c]	314996	8446545	4963	
82		NF-10[c]	315014	8446554	4966	
83		NF-11[c]	315094	8446390	4987	
84		NF-12[c]	315043	8446354	4974	
85		NF-13[c]	314957	8446193	4970	Sector de Simiaje del proyecto minero de Corani, al oeste del futuro depósito de desmonte y relave
86		NF-14[c]	314942	8446165	4966	
87		NF-15[c]	315065	8446070	4987	
88		NF-16[c]	315118	8445895	5027	
89		NF-17[c]	314953	8445938	5027	
90		NF-18[c]	314949	8446002	5013	
91		NF-19[c]	315141	8445922	5022	
92		NF-20[c]	315281	8445881	5023	
93		NF-21[c]	315276	8445839	5036	
94		NF-22[c]	317006	8445753	5053	Sector de la parte sur de depósito de desmonte y relave del proyecto minero de Corani
95		NF-23[c]	317079	8445714	5048	
96		NF-24[c]	316995	8445966	5045	
97		NF-25[c]	316967	8445976	5044	

a y b: punto de muestreo considerado en época seca (2017), ubicados dentro y fuera del área de influencia ambiental del proyecto minero Corani respectivamente.
c: punto de muestreo considerado en época húmeda (2018), ubicado dentro del área de influencia ambiental del proyecto minero Corani.
Nota: la evaluación de la época seca se encuentra detallada en el informe N.° 092-2017-OEFA/DE-SDCA-CMVA

Tabla 6-22. Ubicación de puntos de muestreo de suelo evaluados en épocas húmeda (julio 2017) y seca (mayo 2018), de acuerdo a los componentes mineros y características geológicas relacionadas

Área de potencial afectación	Puntos relacionados	Tamaño del área (Hectáreas)	Características geológicas	Características de los suelos	Componente minero relacionado	Características generales
ZNF-1	NF-01, NF-02, NF-03, NF-04, NF-5	5	Suelo perteneciente a la formación Quenamari miembro Chacacuniza, con presencia de tobas	Por lo general se observa que los suelos evaluados son productos de la meteorización de rocas volcánicas, son suelos de material arenoso en mayor proporción y con poco contenido de materia orgánica	Área ubicada al este del tajo Mina o a la espalda de este tajo	Suelos con cobertura vegetal superficial, formada por especies Calamagrostis chrysantha y spicigera en mayor proporción. Suelos con poca presencia de materia orgánica. Cobertura vegetal hasta los 5 primeros centímetros, luego se aprecia la presencia de tobas
ZNF-2A	NF-6, NF-7, NF-8, NF-9, NF-10, NF-11, NF-12	2,35	Área perteneciente a la formación Quenamari miembro Chacacuniza, con presencia de tobas		Área ubicada al este del tajo Principal o a la espalda de este tajo	
ZNF-2B	NF-13, NF-14, NF-15, NF-16, NF-17, NF-18, NF-19, NF-20, NF-21	20	Área perteneciente a la formación Quenamari miembro Chacacuniza, con presencia de tobas		Área ubicada al este del depósito de relaves	
ZNF-3	NF-22, NF-23, NF-24, NF-25	6,26	Área perteneciente a la formación Quenamari miembro Chacacuniza, con presencia de tobas		Área ubicada al oeste del depósito de relaves	
ZNF-4	SUE-PCOR1, SUE-PCOR2, SUE-PCOR3, SUE-PCOR4, SUE-PCOR6, SUE-PCOR7, SUE-PCOR8, SUE-PCOR9, SUE-PCOR10, SUE-PCOR11, SUE-PCOR12	15,3	Área ubicada sobre depósitos aluviales los cuales son influenciados por la formación Quenamari miembro Chacacuniza con presencia de tobas		Área ubicada al suroeste del tajo oeste	

6.4.3. Parámetros y métodos de análisis

La Tabla 6-23 muestra los parámetros, y métodos de análisis considerados por los laboratorios acreditados ante el Instituto Nacional de Calidad (Inacal), que proporcionaron materiales (coolers y bolsas con cierre hermético) para la evaluación de calidad de suelos para muestreo de nivel de fondo (2017 y 2018); además muestra la cantidad de puntos de muestreo evaluados en 2017 y 2018.

Tabla 6-23. Parámetros evaluados y métodos de análisis, y cantidad de puntos de muestreo de suelos – 2017 y 2018

N.°	Parámetros (mg/kg PS)	Cantidad de puntos muestreados	Método de ensayo de referencia	Laboratorio de ensayo acreditado
Julio de 2017 (época seca)				
1	Metales totales	71	EPA Method 200.8 Rev. 5.4 (1994)	AGQ Perú S.A.C.
Mayo 2018 (época seca)				
2	Metales totales	27	EPA 3050 B: 1996 / EPA 6010 B: 1996	ALS LS PERÚ S.A.C.
3	Mercurio total		EPA 7471 B, Rev 2, February 2007	

PS: Peso seco.

6.4.4. Equipos utilizados

Los equipos utilizados para el muestreo de suelos en épocas seca (2017 y 2018) para la presente EAT se detallan en la Tabla 6-24.

Tabla 6-24. Equipos utilizados para el muestreo de suelos en épocas seca (julio 2017 y mayo 2018)

Equipos	Marca	Modelo	Serie
2017			
Equipo de posicionamiento GPS	Garmin	Oregon 650	62051001043
2018			
Equipo de posicionamiento GPS	Garmin	Montana 680	4HU004995 4HU005171

Una mayor descripción de los equipos listados y aquellos que no se describen, en la tabla anterior, se detalla en el informe N.° 092-2017-OEFA/DE-SDCA-CMVA (Anexo 6) y reporte de campo N.° 015-2018-STEC (Anexo 3).

6.4.5. Aseguramiento de la calidad

El aseguramiento de la calidad consistió en realizar muestras duplicados, ocho en el 2017 y dos en el 2018, el parámetro analizado fue metales totales con la finalidad de garantizar datos fiables y comparables.

6.4.6. Procesamiento de datos

El procesamiento de datos se realizó de la siguiente manera:

Primero, se procesó el total de datos reportados por el laboratorio, para cada metal. Posteriormente se identificaron los valores por debajo del límite inferior de cuantificación (valores censurados) y también se identificaron los valores perdidos, los cuales fueron remplazados por valores estimados mediante el uso del programa R-Studio. Mediante el test de Dixon (1953) y el test de Rosner (1975) con la finalidad de identificar los valores anómalos.

Segundo, se procesó los datos que estuvieron por debajo del límite de cuantificación mediante un método estadístico robusto (Kaplan-Meier,1958), que sustituyó los valores no detectados con valores que coincidieron con la distribución del conjunto de datos (Klee, 2014).

Finalmente, se determinó el comportamiento de cada variable (metales), mediante el tratamiento estadístico univariante[20] del conjunto de datos por tipo de suelo y por tipo de metal, mediante el software ProUCL 5.0 de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA), para obtener los valores de nivel de fondo y referencia.

Las variables analizadas fueron: 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).

6.5. Comunidades hidrobiológicas

En los apartados siguientes se muestra información acerca de la evaluación de las comunidades hidrobiológicas (perifiton y macroinvertebrados bentónicos) consignándose 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.

6.5.1. Guía utilizada para la evaluación

La metodología aplicada en la evaluación de las comunidades hidrobiológicas tuvo como base la guía «Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú»[21], donde se establecen los criterios técnicos y lineamientos generales a aplicarse, como la logística mínima necesaria, establecimiento de los puntos de muestreo, preparación de materiales, equipos en indumentaria de protección, procedimiento para la toma de muestras, preservación, almacenamiento, conservación y transporte de muestras, entre otros.

6.5.2. Ubicación de puntos

Los puntos de muestreo de se establecieron considerando los recursos hídricos superficiales más representativos, en ambientes lóticos (ríos, quebradas y bofedales[22]) y lénticos (lagunas). La descripción y ubicación de los puntos de muestreo evaluados en julio 2017 (época seca) y febrero 2018 (época húmeda) se presentan en la Tabla 6-25.

20 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.

21 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. Por Samanez, V.I., Rimarachín, C.V., Palma, G.C., Arana, M.J., Ortega, T.H., Correa, R.V. & Hidalgo, D.M.

22 Para el presente informe, se está considerando a los bofedales como ambiente lótico, ya que la toma de muestras se ha realizado en la descarga de agua de los mismos.

Tabla 6-25. Ubicación de puntos de muestreo de comunidades hidrobiológicas evaluados en épocas seca (2017) y húmeda (2018)

N.°	Ambiente acuático		Parámetro		Puntos de muestreo	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 19L		Altitud (m s.n.m.)	Descripción
	Tipo	Nombre	P	Mb		Este (m)	Norte (m)		
Ambiente lótico									
Ríos y quebradas									
1	R	Isivilla	x	x	HID-RIsiv1[a]	330708	8459891	4378	Río Isivilla, antes de la comunidad campesina Isivilla
2	R	Corani	x	x	HID-RCora1[a]	325984	8467016	4022	Río Corani, antes de la comunidad campesina Corani-Aconsaya
3	R	Quelcaya	x	x	HID-RQuel1[a]	312107	8449667	4599	Río Quelcaya aguas arriba de la comunidad campesina de Quelcaya
4	R		x	x	HID-RQuel2[a]	311435	8453528	4500	Río Quelcaya aguas abajo de la comunidad campesina de Quelcaya
5	R	Chimboya y tributarios	x	--	HID-RChim1[a]	316552	8466772	4268	Río Chimboya antes del centro poblado de Aymaña.
6	R		x	x	HID-QAcan1[a]	316690	8466141	4250	Quebrada Acanchara, aguas arriba del centro poblado de Aymaña
7	R		x	x	HID-RChim2[a]	321643	8465576	4146	Río Chimboya, aguas abajo del centro poblado de Aymaña
8	Q		x	x	HID-QQuel1[a]	321887	8465590	4150	Quebrada Quelcaya, antes de la confluencia al río Corani
9	Q	Sin nombre	x	x	HID-QSN2[b]	316033	8447611	4873	Quebrada sin nombre, ubicado aguas arriba de la confluencia con la quebrada Minaspata
10	Q	Piruacarca	x	x	HID-QPiru1[b]	316633	8447182	4839	Quebrada Piruacarca ubicado a 30 m aguas arriba de la confluencia con las quebradas Minaspata y Supayhuasi
11	Q	Minaspata	x	x	HID-QMina1[b]	316424	8447505	4851	Quebrada Minaspata, ubicado a 50 m aguas arriba de la confluencia con las quebradas Piruacarca y Supayhuasi
12	Q	Supayhuasi	x	x	HID-QMina2[b]	316883	8447536	4825	Quebrada Supayhuasi, ubicado a 20 m aguas abajo de la confluencia con las quebradas Piruacarca y Minaspata
13	Q	Supayhuasi	x	x	HID-QSupa2[b]	317890	8447674	4781	Quebrada Supayhuasi, ubicado a 3 km al sureste de la comunidad campesina de Chacaconiza
14	Q	Collpa	x	x	HID-QColc1[b]	320669	8448586	4463	Quebrada Collpa, ubicado antes de la comunidad campesina de Chacaconiza

N.°	Ambiente acuático		Parámetro		Puntos de muestreo	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 19L		Altitud (m s.n.m.)	Descripción
	Tipo	Nombre	P	Mb		Este (m)	Norte (m)		
Ríos y quebradas									
15	Q	Sillatoco	x	x	HID-QSill1[b]	320910	8449574	4402	Quebrada Sillatoco, ubicado antes de la comunidad campesina de Chacaconiza
16	Q	Sititoco	x	x	HID-QSiti1[b]	312317	8449667	4630	Quebrada Sititoco, ubicado antes de la confluencia con el río Quelcaya
17	R	Quelcaya	x	x	HID-RQuel1[b]	312107	8449667	4599	Río Quelcaya, ubicado aguas arriba de la comunidad campesina de Quelcaya
18	R	Quelcaya	x	x	HID-RQuel2[d]	311435	8453528	4500	Río Quelcaya, ubicado aguas abajo de la comunidad campesina Quelcaya
19	Q	Minaspata	x	x	HID-QSN1[b*]	315474	8447269	4948	Quebrada Minaspata, ubicado a la salida del bofedal son nombre a 800 m aguas arriba de la confluencia con la quebrada Minaspata
20	Q	Intisayana	x	x	HID-QInti1[b]	317239	8448013	4834	Quebrada Intisayana ubicado a 20 m aguas arriba de la confluencia con la quebrada Supayhuasi
21	Q	Imaginamayu	x	--	HID-QImag4[b]	320611	8456305	4341	Quebrada Imagina Mayu, ubicado a la altura de la laguna Chullumpicocha
22	R	Chacaconiza	x	--	HID-RJara2[b]	321432	8454299	4363	Río Chacaconiza, ubicado aguas abajo de la comunidad campesina Chacaconiza
23	R	Chacaconiza	x	--	HID-RChac1[b]	320926	8450087	4401	Río Chacaconiza, ubicado a 300 m al norte del centro poblado de Chacaconiza
24	Q	Imaginamayu	x	x	HID-QImag2[b]	319142	8453398	4483	Quebrada Imagina Mayu, ubicado a 50 m aguas abajo de la confluencia con la quebrada Pausicucho
25	Q	Imaginamayu	x	x	HID-QImag1[b]	319084	8453335	4484	Quebrada Imagina Mayu, ubicado a 100 m aguas arriba de la confluencia con la quebrada Pausicucho
26	Q	Pausicucho	--	x	HID-QPaus1[b]	319104	8453318	4482	Quebrada Pausicucho, ubicado aguas arriba de la confluencia con la quebrada Imaginamayu
27	Q	Sin nombre	x	x	HID-QMina3[b*]	315666	8448424	4940	Quebrada sin nombre, ubicado a 10 m aguas arriba de la cascada que desemboca en la quebrada Minaspata

ORGANISMO DE EVALUACIÓN Y FISCALIZACIÓN AMBIENTAL - OEFA
SUBDIRECCIÓN TÉCNICA CIENTÍFICA

N.°	Ambiente acuático		Parámetro		Puntos de muestreo	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 19L		Altitud (m s.n.m.)	Descripción
	Tipo	Nombre	P	Mb		Este (m)	Norte (m)		
Ríos y quebradas									
28	Q	Minaspata	x	x	HID-QMina4[b*]	315951	8448386	4871	Quebrada Minaspata, ubicado a 10 m aguas abajo de la cascada antes de la confluencia con la quebrada sin nombre
29	Q	Escalera Cucho Pugio	x	x	HID-QEsca1[b]	318933	8448714	4460	Quebrada Escalera Cucho Pugio, ubicado en la comunidad campesina de Chacaconiza
30	Q	Supayhuasi	x	x	HID-QSupa3[b]	319480	8449214	4439	Quebrada Supayhuasi, ubicado a 300 m al sur sureste de la comunidad campesina de Chacaconiza
31	R	Jarapampa	--	x	HID-RJara1[b]	322196	8456801	4316	Río Jarapampa, ubicado a 50 m aguas abajo de la confluencia de la quebrada Imaginamayu
32	Q	Intisayana	x	x	HID-QInti2[c]	317176	8448340	4858	Quebrada Intisayana, ubicado en la naciente
33	Q	Santocato	x	x	HID-QSant1[c]	317701	8447785	4831	Quebrada Santocato, ubicado al ingreso a bofedal
34	Q	Intisayana	x	x	HID-QInti3[c]	317223	8448329	4855	Quebrada Intisayana, ubicado en la naciente
35	Q	Pinchalli	x	x	HID-QPinc1[c]	317551	8447581	4882	Quebrada Pinchalli, ubicado aguas arriba de futuros componentes mineros
36	Q	Pinchalli	x	x	HID-QPinc2[c]	317388	8447492	4992	Quebrada Pinchalli, ubicado aguas abajo de futuros componentes mineros
37	Q	Sin nombre	x	x	HID-QSN1A[c]	315211	8447306	4992	Quebrada sin nombre, ubicado aguas arriba del futuro tajo
38	Q	Imaginamayu	x	x	HID-QImagA[c]	319144	8451264	4674	Quebrado Imagina Mayu, ubicado aguas arriba de bofedales sin nombre después de la confluencia de tres quebradas sin nombre
39	Q	Chaupitera	x	x	HID-QChau2[c]	312590	8446823	4771	Quebrada Chaupitera, ubicado a 20 m aguas arriba de la confluencia con la quebrada Misachancara
40	Q	Misachancara	x	x	HID-QMisa1[c]	312531	8446823	4720	Quebrada Misachancara, ubicado a 50 m aguas abajo de la confluencia con la quebrada Chaupitera
41	Q	Sallapata	x	x	HID-QSall1[c]	312313	8446599	4777	Quebrada Sallapata, ubicado a 350 m aguas arriba de la confluencia con la quebrada Misachancara
42	Q	Chaupitera	x	x	HID-QChau1[c]	313528	8446694	4819	Quebrada Chaupitera, ubicado a 400 m aguas arriba de la confluencia con la quebrada Misachancara

N.°	Ambiente acuático		Parámetro		Puntos de muestreo	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 19L		Altitud (m s.n.m.)	Descripción
	Tipo	Nombre	P	Mb		Este (m)	Norte (m)		
Ríos y quebradas									
43	Q	Maijo Aje	x	x	HID-QMaij1[c]	314055	8446276	4820	Quebrada Maijo Aje, ubicado al oeste del futuro tajo
44	Q	Simiaje	--	x	HID-QSimi2[c]	313930	8444773	4845	Quebrada Simiaje, ubicado a 100 m después de la confluencia con la quebrada sin nombre
45	Q	Sin nombre	x	x	HID-QSN3[c]	314020	8444610	4860	Quebrada sin nombre, ubicado a 100 m antes de la confluencia con la quebrada Simiaje
46	Q	Collpamayo	x	x	HID-QColl1[c]	317387	8444078	4988	Quebrada Collpamayo, ubicado aguas arriba de la cascada
47	Q	Minacucho	x	x	HID-QMinac1[c]	319301	8444217	4575	Quebrada Minacucho, ubicado a 750 m aguas arriba de la confluencia con la quebrada Collpamayo
48	Q	Collpamayo	x	x	HID-QColl2[c]	318605	8444563	4683	Quebrada Collpamayo, ubicado sobre el futuro embalse de la poza de agua Sur
49	Q	Collpamayo	x	x	HID-QColl3[c]	319948	8445559	4664	Quebrada Collpamayo, ubicado a 1,3 km aguas abajo del futuro dique sur del depósito de relaves
Bofedales									
50	B	Negromina	x	x	HID-Cor-bof42[b*]	317040	8449398	5065	Bofedal Negromina, naciente
51	B	Sornahuiña	x	x	HID-Cor-bof46[b*]	316849	8449649	5073	Bofedal Sornahuiña, naciente
52	B	Sin nombre	x	x	HID-Cor-bof34[d]	315015	8453269	4770	Bofedal sin nombre, ubicado a 500 m al noreste del bofedal Sornahuiña
53	B	Sin nombre	x	x	HID-Cor-bof35[d]	315449	8452751	4815	Bofedal sin nombre, ubicado a 700 m al sureste del bofedal Sornahuiña
54	B	Sin nombre	x	--	HID-Cor-Bof13[c]	319177	8451418	4669	Bofedal sin nombre, ubicado en la naciente de la quebrada Imagina Mayu
55	B	Sin nombre	x	--	HID-Cor-Bof9[c]	320591	8455627	4408	Bofedal sin nombre, próximo a la laguna Chullumpicocha
56	B	Sin nombre	x	--	HID-Cor-bof13A[c]	315889	8449163	5000	Bofedal sin nombre, ubicado en la naciente de la quebrada Minaspata
57	B	Minaspata	x	--	HID-BMina2[b]	315933	8448748	4934	Bofedal Minaspata, ubicado en la naciente de la quebrada Minaspata
58	B	Sin nombre	x	--	HID-Cor-bof26[c]	315017	8448504	5031	Bofedal sin nombre, ubicado aguas arriba del futuro tajo
59	B	Apacheta	x	--	HID-Cor-bof50[c]	315087	8446181	4972	Bofedal Apacheta, ubicado al oeste del futuro tajo y la zona de depósito de desmonte y relave

N.°	Ambiente acuático		Parámetro		Puntos de muestreo	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 19L		Altitud (m s.n.m.)	Descripción
	Tipo	Nombre	P	Mb		Este (m)	Norte (m)		
Ambiente léntico									
Lagunas									
60	L	Chullumpicocha	x	--	HID-LChul1[b]	321002	8455663	4401	Laguna Chullumpicocha
61	L	Cochapala	x	--	HID-LCoch1[c]	317991	8443232	5078	Laguna Cochapala
Efluentes									
62	E	Sin nombre	x	--	HID-EF-BC-02[c]	315919	8447948	4872	Bocamina sin nombre, ubicado en el área del futuro tajo
63	E	Sin nombre	x	--	HID-EF-BC-03A[c]	315767	8447820	4910	Bocamina sin nombre, ubicado en el área del futuro tajo
64	E	Sin nombre	x	--	HID-EF-BC-03[c]	315767	8447820	4910	Bocamina sin nombre, ubicado en el área del futuro tajo

a: punto de muestreo considerado en época seca (2017), ubicado fuera del área de la influencia ambiental del proyecto minero Corani.
b: punto de muestreo considerado en épocas seca (2017) y húmeda (2018), ubicado dentro del área de la influencia del proyecto minero Corani. Las altitudes corresponden a lo registrado en el monitoreo del 2018.
c: punto de muestreo considerado en época húmeda (2018), ubicado dentro del área de la influencia del proyecto minero Corani.
d: punto de muestreo considerado en época húmeda (2018), ubicado fuera del área de la influencia del proyecto minero Corani.
*: el punto HID-QMina4, en el 2017 se evaluó bajo el código HID-BMina1.
R, Q, E, B, L: Río, Quebrada, Efluente, Bofedal, Laguna.
P, Mb: Perifiton, Macroinvertebrados bentónicos.
Nota: la evaluación de la época seca se encuentra detallada en el informe N.° 092-2017-OEFA/DE-SDCA-CMVA.

6.5.3. Parámetros y métodos de análisis

En esta sección se detallan las comunidades hidrobiológicas muestreadas, los parámetros analizados y los métodos empleados para el análisis de las muestras, según el parámetro a determinar, como se especifica en la Tabla 6-26.

Tabla 6-26. Parámetros evaluados y métodos de análisis, y cantidad de puntos de comunidades hidrobiológicas – 2017 y 2018

N.°	Parámetro	Unidad	Cantidad de puntos muestreados	Método de ensayo de referencia	Laboratorio de ensayo acreditado
Julio de 2017 (época seca)					
1	Macroinvertebrados bentónicos	Organismos/ 0,27 m^2	23	SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 10 500 C, 22nd Ed. 2012	NSF Envirolab S.A.C.
2	Perifiton	Organismos/ cm^2	24	SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 10 300 C, 22nd Ed. 2012	OEFA*
Febrero de 2018 (época húmeda)					
4	Macroinvertebrados bentónicos	Organismos/ 0,27 m^2	53	SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 10 500 C, 22nd Ed. 2012	OEFA*
6	Perifiton	Organismos/ cm^2	46	SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 10 300 C, 22nd Ed. 2012	

* Las muestras fueron evaluadas por especialistas taxónomos de la Dirección de Evaluación Ambiental del OEFA.
SMEWW: Estándar Métodos para la Examinación de Agua y Agua Residuales.

6.5.4. Equipos utilizados

Antes de salir a campo, se realizaron los ajustes y 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 6-27.

Tabla 6-27. Equipos utilizados para el muestreo de comunidades hidrobiológicas en época seca (julio 2017) y en época húmeda (febrero 2018)

N.°	Equipo	Marca	Modelo	Serie
Julio 2017				
1	Equipo de posicionamiento GPS	Garmin	Montana 680	4HU004984
				4HU004985
2	Multiparámetro portátil digital (pH, temperatura, oxígeno disuelto y conductividad eléctrica)	HACH	HQ40d	150500000917
				150500000923
Febrero 2018				
3	Equipo de posicionamiento GPS	Garmin	Montana 680	4HU005019 4HU004978
4	Multiparámetro portátil digital (pH, temperatura, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica, potencial óxido-reducción)	HACH	HQ40d	150500000896 150500000921

Una mayor descripción de los equipos listados y aquellos que no se describen, en la tabla anterior, se detalla en el informe N.° 092-2017-OEFA/DE-SDCA-CMVA (Anexo 6) y reporte de campo N.° 005-2018-STEC (Anexo 3).

6.5.5. Aseguramiento de la calidad

El aseguramiento de la calidad en la colecta de las comunidades hidrobiológicas y su posterior análisis se basa en las indicaciones descritas en la publicación «Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú», de las secciones 4.3 Aseguramiento de la calidad (perifiton) y 5.3 Aseguramiento de la calidad (macroinvertebrados bentónicos).

6.5.6. Procesamiento de datos

Para el análisis de los resultados obtenidos en la evaluación de comunidades hidrobiológicas, se procedió a caracterizar las comunidades del perifiton y macroinvertebrados bentónicos, teniendo en cuenta lo presentado a continuación.

6.5.6.1. Composición, riqueza y abundancia

Se representó la clasificación taxonómica (phylum, clase, orden, familia y especie) de las comunidades de perifiton (microalgas y microorganismos) y de macroinvertebrados bentónicos evaluados en los ambientes lóticos correspondientes al área de influencia del proyecto minero Corani. Esta clasificación taxonómica se encuentra en los anexos del presente informe (Anexo 2).

La evaluación de la riqueza y densidad (abundancia) de las comunidades de perifiton (microalgas y microorganismos) se desarrollaron en base a la categoría taxonómica phylum. La evaluación de la riqueza y la abundancia de la comunidad de

macroinvertebrados bentónicos se desarrolló en base a la categoría taxonómica orden.

Es necesario indicar que los resultados de abundancia se analizaron en base a la densidad de la muestra, representándose los resultados para perifiton (microalgas y microorganismos) en organismos/cm^2 y para macroinvertebrados bentónicos en organismos/muestra.

6.5.6.2. Diversidad alfa

La diversidad alfa está relacionada al número de especies de un grupo indicador que se encuentra en una determinada estación o área que puede variar mucho de un lugar a otro, aún dentro de un mismo tipo de comunidad y en un mismo ecosistema (Moreno & Halffter, 2000).

Números de Hill (diversidad verdadera)

Los índices de diversidad verdadera son modificaciones de los índices comunes de Shannon (H ') y Simpson (D) con la finalidad de ajustar la sensibilidad para determinar el comportamiento de la diversidad. En base a esta modificación, se empezó a hacer uso el término «números efectivos de especies», que son las unidades de medición de la diversidad verdadera (Moreno et al., 2011). De ese modo, los datos obtenidos de las comunidades hidrobiológicas se analizan con números efectivos de especies (Hill, 1973; Jost, 2006).

Para la evaluación de diversidad de especies (diversidad alfa) se utilizaron 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 usó la variable N1 como la modificación del índice Shannon-Wiener (H') (Jost, 2006) que tiene como fórmula:

$$N1 = exp(H') \quad (6.4)$$

Donde:

H': índice de Shannon-Wiener

Por otro lado, se usó la variable N2 como la modificación del índice de Simpson (D) (Jost, 2006) que tiene como fórmula:

$$N2 = \frac{1}{\text{Índice de Simpson}} \quad (6.5)$$

Por último, se desarrolló el índice de equidad de Pielou, el cual mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor va de 0 a 1, de forma que 1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes (Pielou, 1975). Su fórmula es la que se indica a continuación:

$$J' = \frac{H'}{H'max} \quad (6.6)$$

Donde:

J': índice de equidad de Pielou
H': índice de diversidad de Shannon-Wiener
H' max: Ln(S)
S: número de especies

6.5.6.3. Diversidad beta

Para la evaluación de diversidad beta se utilizó 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 empleó la fórmula:

$$B = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{S}|X_{ij}-X_{ik}|}{\sum_{i=1}^{S}[X_{ij}+X_{ik}]} \quad (6.7)$$

Donde:

B: medida de Bray Curtis entre las muestras j y k
X_{ij}: número de individuos de la especie i en la muestra j
X_{ik}: número de individuos de la especie i en la muestra k
S: número de especies

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

6.5.6.4. Calidad ecológica según los macroinvertebrados bentónicos

La calidad ecológica en los distintos sectores evaluados se realizó a través del índice biótico *Andean Biotic Index* (denominado como ABI por sus siglas en inglés), el protocolo de calidad ecológica de ríos altoandinos simplificado (CERA-S) y el índice multimétrico de estado ecológico de ríos altoandinos (IMEERA) obtenido mediante el programa CABIRA, que permite obtener la calidad biológica de ríos altoandinos.

Calidad ecológica de ríos altoandinos (CERA-S)

El protocolo CERA-S da como resultado el estado ecológico de los ríos mediante la combinación de la valoración hidromorfológica (Tabla 6-28) y la calidad biológica (macroinvertebrados bentónicos). La base del protocolo es la valoración de la calidad biológica del río y las características de su entorno y su representación mediante una combinación sencilla de colores que permite, a quien no tiene una formación científica especializada, observar rápidamente cual es el estado de salud de un río (Encalada et al., 2011).

Tabla 6-28. Características y puntuaciones hidromorfológica según el protocolo CERA-S

Características y puntuaciones hidromorfológica				
Características			Presencia o tipo	Puntuación
Estructura y naturalidad de la vegetación de ribera	Vegetación de ribera	Paramo o puna	Presencia de Paramo Herbáceo	5
			Presencia de Paramo mixto	5
			Presencia de Paramo Frailejones	5
			Presencia de Páramo degradado (Hierbas cortas y pisadas)	2
			Presencia de tierra baldía o cangahua	0
		Bosque	Bosque de Polylepis	5
			Bosque mixto	5
			Plantaciones de eucaliptos y pinos	3
			Matorral arbustos	3
			Presencia de cultivos o pastos	1
			Tierra baldía o cagahua	0

Características y puntuaciones hidromorfológica		
Características	Presencia o tipo	Puntuación
Continuidad de la ribera	Continuo	5
	Manchas grandes	3
	Vegetaciones aisladas	1
Conectividad de la vegetación de ribera con otros elementos del paisaje adyacentes	Paisaje compuesto de vegetación (páramo o bosque) en más de un 75%	5
	Paisaje compuesto de bosques con cultivos inferior a 50%	3
	Paisajes con cultivos con más del 50%	1
	Vegetación próxima a elementos de urbanismo que ocupan menos del 50%	2
	Vegetación próxima a elementos de urbanismo que ocupan más del 50%	0
Presencia de basura y escombros	riberas sin basura ni escombros	5
	Ribera con basura y/o escombros escasos	2
	Ribera con basura y/o escombros abundantes	0
Naturalidad del canal fluvial	Canal natural sin alteraciones antropológica	5
	Canal modificado por terrazas sin una estructura sólida o cemento	3
	Canal con estructuras rígidas parciales	1
	Canal totalmente modificado por estructuras rígidas	0
Composición del sustrato*	Bloques	1
	Piedras	1
	Cantos	1
	Grava	1
	Arena	1
	Arcilla y lodo	1
Regímenes de la velocidad y profundidad del rio**	Rápido-somero	1
	Rápido-profundo	1
	Lento-somero	1
	Lento-profundo	1
Elemento de heterogeneidad	Hojarasca	1
	Troncos y ramas	1
	Diques naturales	1
	Raíces sumergidas	1
	Vegetaciones acuáticas sumergidas (musgos y plantas)	1
	Vegetaciones acuáticas sumergidas (Algas)	1

*: se suman cada tipo de sustrato.
**: se suma cada tipo y si están las 4 opciones se suma 1 adicional.

La sumatoria obtenida se compara con la tabla de «calidad hidromorfológica» (Tabla 6-29).

Tabla 6-29. Calidad hidromorfológica acuerdo a la puntuación del protocolo CERA-S

Puntuación hidromorfológica	Estado ecológico
>35	Excelente
29 – 35	Bueno
21 – 28	Moderada
11 – 20	Mala
0 – 10	Pésima

En la Tabla 6-30 están clasificados los invertebrados indicadores de calidad más comunes presentes en los ríos altoandinos, lo cual se obtiene la calidad biológica mediante la presencia o ausencia de los macroinvertebrados.

Tabla 6-30. Calidad biológica de acuerdo a la puntuación del protocolo CERA-S

Presencia de macroinvertebrados bentónicos					Calidad biológica
Blephariceridae	Plecoptera	Leptoceridae	Limnephilidae	Leptophlebidae	Excelente*
Hyalella	Elmidae	Scirtidae	Hidrobiosidae	Leptohyphydae	Bueno**
Chironomidae verde	Simulidae	Hirudinea	Gateropoda	Baetidae	Moderada ***
Chironomidae rojo	Syrphydae	Oligochaeta			Mala****
Sin vida					Pésima*****

*: solo si encuentras al menos dos de los invertebrados de la fila azul.
**: solo si encuentras como mínimo dos invertebrados de la fila verde o uno de la azul y otro del verde o amarillo.
***: si encuentras solo uno de la fila verde y uno amarillo, o dos de la fila amarillo.
****: si encuentras solo un invertebrado de la fila azul, verde o amarillo con otros de la fila naranja, o solo dos naranjas.
*****: si solo encuentras un tipo de invertebrado o ninguno.

La calidad ecológica se obtiene mediante la recombinación de la calidad hidromorfológica y la calidad biológica, lo cual en la Tabla 6-31 se observa el patrón de la recombinación entre las diferentes calidades.

Tabla 6-31. Calidad ecológica: recombinación entre la calidad hidromorfológica y biológica según el protocolo CERA-S

Recombinación de las calidades		Calidad biológica				
Calidad hidromorfológica						

En la Tabla 6-32 se obtiene el resultado final de las diferentes calidades ecológicas según el protocolo CERA-S, después de la recombinación de la calidad hidromorfológica y la calidad biológica.

Tabla 6-32. Calidad ecológica según el protocolo CERA-S

Calidad ecológica
Excelente
Bueno
Moderada
Mala
Pésima

Índice Biótico Andino (Andean Biotic Index - ABI)

La calidad de los hábitats acuáticos en los distintos grupos evaluadas se realizó a través del ABI (índice biótico andino en inglés *Andean Biotic Index*). Este índice fue desarrollado para ríos altoandinos (sobre los 2000 m s.n.m.) y se obtiene sumando los valores de sensibilidad de cada familia de macroinvertebrados bentónicos presente en cada punto de muestreo (Tabla 6-33). Cabe indicar que índice ABI, forma parte de un protocolo de evaluación de la Calidad Ecológica de los Ríos Andinos (CERA) (Acosta et al., 2009).

Tabla 6-33. Puntajes de sensibilidad asignadas a las familias de macroinvertebrados bentónicos para la obtención del índice ABI

Orden / Clase	Familia	Puntaje	Orden / Clase	Familia	Puntaje
Turbellaria	*	5	Tricoptera	Polycentropodidae	8
Hirudinea	*	3		Xiphocentronidae	8
Oligochaeta	*	1		Glossosomatidae	7
Gasteropoda	Ancylidae	6		Limnephilidae	7
	Hydrobiidae	3		Hydroptilidae	6
	Limnaeidae	3		Hydropsychidae	5
	Physidae	3	Lepidoptera	Pyralidae	4
	Planorbidae	3	Coleoptera	Dryopidae	5
Bivalvia	Sphaeriidae	3		Elmidae	5
Amphipoda	Hyalellidae	6		Hydraenidae	5
Hydracarina		4		Lampyridae	5
Ephemeroptera	Leptophlebiidae	10		Psephenidae	5
	Oligoneuridae	10		Ptilodactylidae	5
	Leptohyphidae	7		Scirtidae(helodidae)	5
	Baetidae	4		Gyrinidae	3
Odonata	Polythoridae	10		Dytiscidae	3
	Calopterygidae	8		Hydrophilidae	3
	Gomphidae	8		Staphylinidae	3
	Aeshnidae	6	Diptera	Blepharoceridae	10
	Coenagrionidae	6		Athericidae	10
	Libellulidae	6		Simuliidae	5
Plecoptera	Perlidae	10		Tipulidae	5
	Gripopterygidae	10		Ceratopogonidae	4
Heteroptera	Corixidae	5		Dixidae	4
	Gerridae	5		Dolichopodidae	4
	Naucoridae	5		Empididae	4
	Notonectidae	5		Limoniidae	4
	Veliidae	5		Stratiomyidae	4
	Belostomatidae	4		Tabanidae	4
Tricoptera	Anomalopsychidae	10		Psychodidae	3
	Calamoceratidae	10		Chironomidae	2
	Helicopsychidae	10		Culicidae	2
	Odontoceridae	10		Ephydridae	2
	Hydrobiosidae	8		Muscidae	2
	Leptoceridae	8		Syrphidae	1
	Philopotamidae	8			

Fuente: Acosta *et al.*, 2009

La sumatoria obtenida se compara con la tabla de «estados de calidad ecológica de agua» (Tabla 6-34) propuesta por (Acosta *et al.*, 2009).

Tabla 6-34. Estado de la calidad ecológica del agua según el ABI en Perú

Estado de la calidad ecológica	ABI	Color
Muy bueno	>74	Azul
Bueno	45 – 74	Verde
Moderado	27 – 44	Amarillo
Malo	11 – 26	Naranja
Pésimo	<11	Rojo

6.6. Evaluación hidroquímica

Para la evaluación de los aspectos químicos del agua y los tipos de reacciones que ocurren en este medio, la presente EAT tomó como base la totalidad de información de calidad de agua superficial y subterránea, ubicados en el área de influencia del proyecto minero Corani de Bear Creek Mining S.A.C.

La evaluación de los aspectos químicos del agua y los tipos de reacciones que ocurren en este medio, consideró la totalidad de los resultados de agua (ríos, quebradas, bofedales, lagunas, piezómetros y manantiales) ubicados en el área de estudio. Es importante mencionar que Custodio y Llamas (1996) considera 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 se consideran como fuentes de agua subterránea.

6.6.1. Ubicación de puntos

Los puntos de muestreo considerados en esta sección corresponden a los puntos en ríos, quebradas, bofedales, lagunas y manantiales evaluados durante el 2017 y 2018, y piezómetros y efluentes evaluados durante el 2018 (Tablas 6-2, 6-3, 6-4 y 6-5).

En la época seca (julio 2017), se evaluaron un total 44 puntos de muestreo para los cuerpos de agua. De ese total, 17 correspondieron a quebradas, 12 a manantiales, ocho a ríos, seis a bofedales y uno a laguna. Mientras que, la segunda ejecución se desarrolló en febrero 2018 correspondiente a la época húmeda, donde se evaluaron un total de 82 puntos de muestreo, de los cuales 46 fueron quebradas, 5 fueron ríos, 4 fueron manantiales, 4 fueron efluentes, 13 fueron bofedales y 10 fueron piezómetros.

6.6.2. Procesamiento de datos

El procesamiento de datos se realizó de la siguiente manera:

6.6.2.1. Balance iónico

Se inicia con el control de calidad de los resultados reportados por el laboratorio, que consiste en realizar el balance iónico (BI), este análisis se basa en el equilibrio porcentual de cargas en las muestras. Cuando las sales se disuelven en agua para formar iones, los aniones son atraídos al polo positivo del agua mientras que los cationes son atraídos al polo negativo (Arnórsson, 2000).

$$BI = 100 * \frac{\sum Cationes - \sum Aniones}{\sum Cationes + \sum Aniones} \quad (6.8)$$

Para los rangos de error aceptables se ha tomado de referencia lo planteado por (Custodio y Llamas, 1976), basado en el valor de conductividad eléctrica (Tabla 6-35).

Tabla 6-35. Valores aceptables de error aceptable en función de la conductividad eléctrica

Conductividad Eléctrica (µs/cm)	50	200	500	2000	>2000
Error aceptable (%)	±30	±10	±8	±4	±4

Fuente: tomado de Custodio y Llamas, 1976.

6.6.2.2. Selección de la serie analítica

Se seleccionó la serie analítica con la finalidad de describir las propiedades de los componentes hidroquímicos del agua. Los parámetros analizados fueron los siguientes:

- Parámetros fisicoquímicos: pH, temperatura, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto y bicarbonatos.
- Parámetros Inorgánicos: sulfatos y cloruros.
- Metales totales y metales disueltos: Al, Ag, Sb, As, Be, Ba, B, Bi, Cd, Ca, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, Pb, Hg, Se, Si, Sn, Sr, Tl, Ti, V y Zn, siendo estos los principales (serie estándar para metales totales y disueltos).

6.6.2.3. Diagramas hidroquímicos

El análisis de resultado comprendió la elaboración de diagramas hidroquímicos que permitan caracterizar las aguas en función a su concentración de sales, predominancia catiónica y aniones (tipo de agua) e interacción con la parte orgánica y roca.

Para la obtención de los diagramas hidroquímicos (facies e índices) se utilizó el software libre Aqion versión 6.2.6 y Diagrammes.

Diagrama de Stiff

Esta gráfica está compuesta por tres ejes horizontales, cada uno de ellos uniendo un catión y un anión. Todos los cationes se disponen al costado izquierdo del diagrama, y los aniones al derecho. Siempre el Na^+ se confronta con el Cl^-, el Ca^{+2} con el HCO_3^- y el Mg^{+2} con el SO_4^{-2} (a veces también se pueden mostrar otros dos iones, como el Fe^{+2} contra el NO_3). Todos los ejes horizontales están a la misma escala (lineal) y las concentraciones están dadas en meq/L.

Dos características sobresalen en este tipo de diagrama: por un lado, permite visualizar claramente diferentes tipos de agua (cada una con una configuración particular) y, en forma simultánea, permite dar idea del grado de mineralización (ancho de la gráfica). En la Figura 6-1 se muestran algunas apreciaciones de este diagrama que caracterizan varios tipos de aguas.

También los diagramas de Stiff se presentarán en un mapa el mismo que tomará la denominación de mapa hidroquímico, con lo que se visualizará la variación espacial de la mineralización del agua en el área de influencia del proyecto minero Corani de Bear Creek Mining S.A.C.

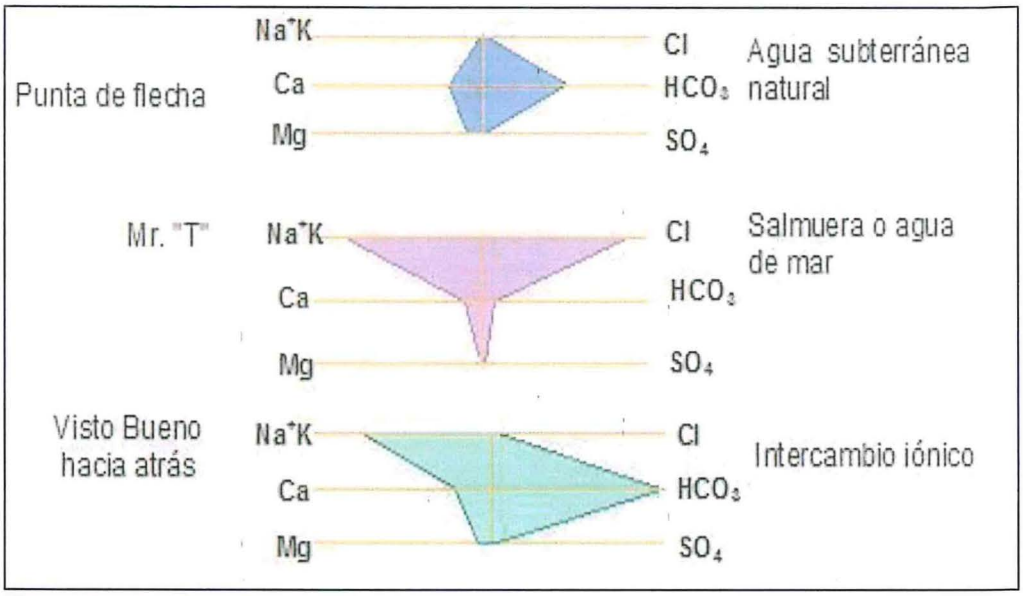

Figura 6-1. Diagrama de Stiff

Diagrama de Piper

Es una de las gráficas más utilizadas, en él se incluyen aniones y cationes en forma simultánea. Este gráfico permite representar muchos análisis sin dar origen a confusiones. Las aguas geoquímicamente similares quedan agrupadas en áreas bien definidas (Custodio, 1976).

Está formado por dos triángulos equiláteros, donde se representan los cationes y aniones mayoritarios. Los vértices del triángulo de cationes son Ca^{+2}, Mg^{+2}, Na^{+} y K^{+}. Los vértices del triángulo de aniones son SO_4^{-2}, Cl^{-} y HCO_3^{-}. Los datos de los diagramas triangulares se proyectan en un rombo central en el que se representa la composición del agua deducida a partir de aniones y cationes.

Las concentraciones de los iones dadas en meq/l se expresan como porcentaje con respecto a la suma de aniones y cationes respectivamente. En cada triángulo se reúnen solo tres aniones y tres cationes. A cada vértice le corresponde el 100% de un anión o catión (Figura 6-2).

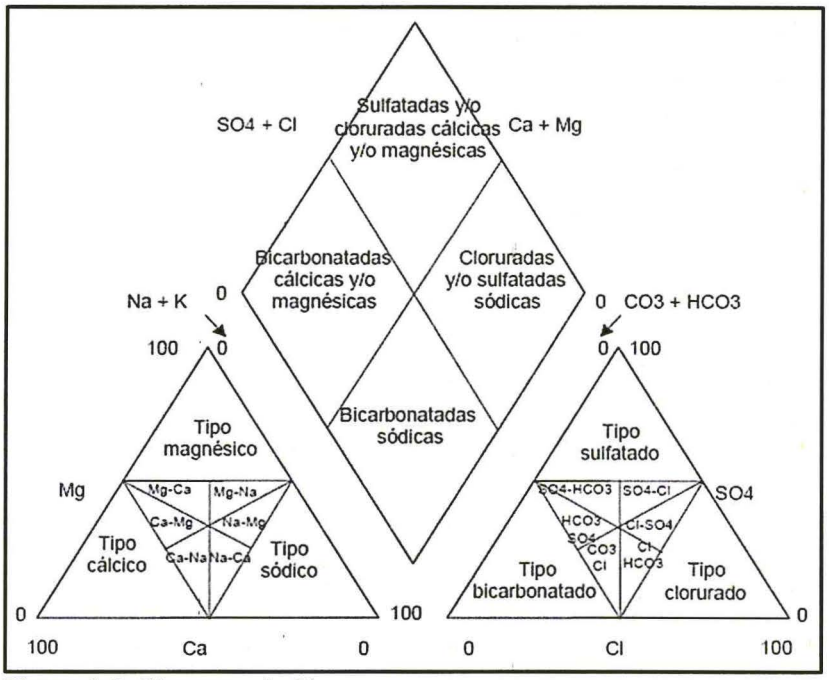

Figura 6-2. Diagrama de Piper

6.6.2.4. Índices hidroquímicos

En este ítem se integrará los aspectos hidroquímicos con los geoquímicos, a través de indicadores, que se obtienen de los análisis de las aguas y su interacción con su medio circundante. El agua subterránea y el agua superficial puede ser influenciado por el medio que lo rodea, quiere decir que puede influir sobre la relación de iones disueltos; también pueden darse procesos modificadores que inciden sobre los aspectos recién mencionados.

Diagrama de Ficklin

Se empleó la clasificación del diagrama de Ficklin, basada en el pH vs. metales combinados (pesados), donde las aguas de mina pueden ser clasificadas de acuerdo con el pH y contenido total de metales disueltos (Figura 6-3).

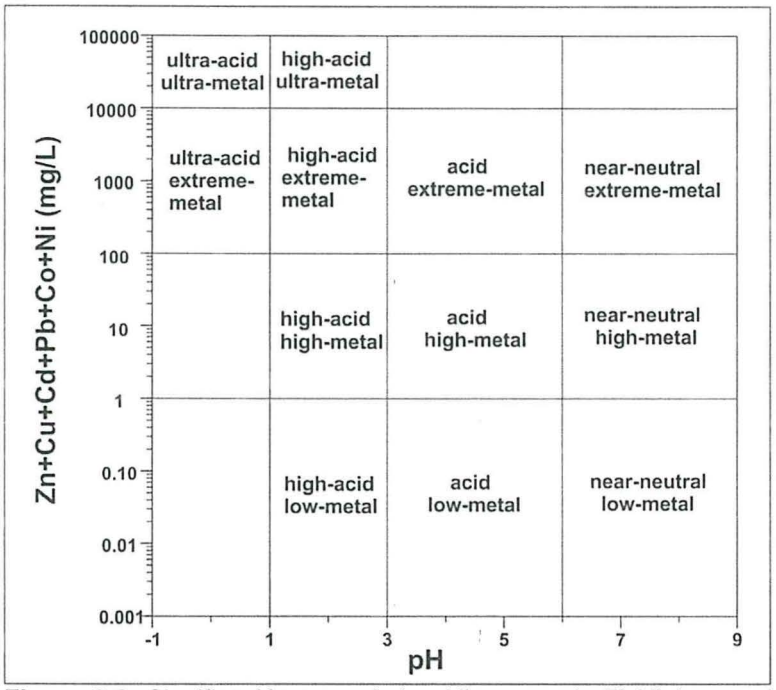

Figura 6-3. Clasificación geoquímica (diagrama de Ficklin) para el agua, basado en la suma de metales disueltos y el pH
Fuente: Adaptado de Ficklin et al. (1992) y Plumlee et al. (1999)

Procesos de interacción agua-roca

La química de las aguas subterráneas puede estar controlada por diferentes procesos y mecanismos. Entre los factores que pueden influir se encuentran el estado físico del acuífero, la mineralogía de la roca huésped y las condiciones climáticas. Gibbs (1970), propone dos diagramas, donde se grafican las variaciones de las razones $(Na^{+}+K^{+})/(Na^{+}+K^{+}+Ca^{2+})$ para los cationes y $Cl^{-}/(Cl^{-}+HCO^{3-})$ para los aniones en función del total se sólidos disueltos (TSD). Estos diagramas permiten identificar el mecanismo controlador de la química en las aguas subterráneas, los cuales pueden ser la interacción con la roca, la precipitación o la evaporación (Figura 6-4).

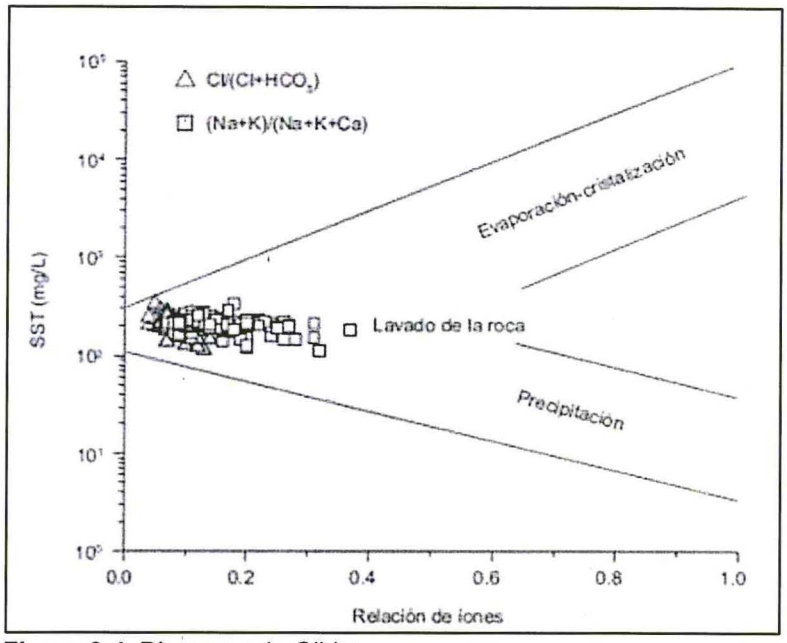

Figura 6-4. Diagrama de Gibbs

6.7. Caracterización geológica

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

6.7.1. Referencias para la caracterización geológica

Los estándares o protocolos tomados como referencia para la caracterización geológica corresponden a los servicios geológicos del Perú, Colombia y Estados Unidos. Las recomendaciones mencionadas en las guías y manuales internacionales que se listan en la Tabla 6-36.

Tabla 6-36. Referencias para la caracterización geológica en el área de influencia del proyecto minero Corani de BCM

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 tecniques	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	Estados Unidos	Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS, en inglés *United States Geological Survey)*	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

Las referencias de la geología regional corresponden a los cuadrángulos de Nuñoa-29u1 (Gómez et al., 2014) y Corani-34u2 (Rodríguez et al., 2015), que forma parte de la carta geológica nacional (CGN) a escala 1:50 000 del Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (en adelante, Ingemmet). La referencia local corresponde a los estudios realizados en los instrumentos de gestión ambiental (IGA) del administrado.

6.7.2. Ubicación de puntos

La caracterización geológica se realizó en el área de influencia ambiental del proyecto minero Corani. Los puntos de observación geológica (POG) se ubicaron estratégicamente en zonas asociadas a los componentes mineros proyectados (tajo, depósito de desmonte, poza de relaves, planta y depósitos de material orgánico y excedente), y componentes ambientales como puntos de agua superficial, agua subterránea, suelos en áreas de potencial afectación (APA) y suelos en bofedales (Tabla 6-37).

Tabla 6-37. Ubicación de los puntos de observación geológica

N.°	Puntos de observación geológica	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 19 L		Altitud (m s.n.m.)	Descripción
		Este (m)	Norte (m)		
1	CG-CO-01	317 687	8 448 070	4 882	Aproximadamente a 200 m al noreste de la quebrada Santoalla
2	CG-CO-02	317 168	8 448 452	4 886	Naciente de la quebrada Intisayana
3	CG-CO-03	315 951	8 448 386	4 014	Parte baja de la quebrada Minaspata
4	CG-CO-04	315 666	8 448 424	4 939	Parte alta de la quebrada Minaspata
5	CG-CO-05	317 551	8 447 581	4 813	Quebrada Pinchalli 1, cerca de la desembocadura con la quebrada Supayhuasi
6	CG-CO-06	317 388	8 447 492	4 813	Quebrada Pinchalli 2, cerca de la desembocadura con la quebrada Supayhuasi
7	CG-CO-06A	315 950	8 447 262	4 929	Quebrada S/N, altura de Bocaminas BC-08
8	CG-CO-07	315 952	8 447 949	4 738	Parte baja del sector Lola, cerca de la quebrada Minaspata
9	CG-CO-08	315 249	8 447 221	4 987	Bofedal Minaspata
10	CG-CO-09	314 359	8 447 404	5 021	Aproximadamente a 450 m al lado este de la laguna Chaupitera
11	CG-CO-10	315 068	8 446 572	4 976	Parte media de la quebrada Majio Aje
12	CG-CO-11	313 873	8 446 240	4 838	Confluencia de la quebrada Majio Aje con la quebrada Quellopujio
13	CG-CO-12	312 313	8 446 599	4 795	Desembocadura de la quebrada Tucsa con la quebrada Quellopujio
14	CG-CO-13	314 020	8 446 610	4 860	Quebrada Quellopujio, a la altura del sector Simiaje

Fuente: informe N.° 88-2018-OEFA/DEAM-STEC

6.7.3. Equipos y materiales utilizados

Los equipos y materiales utilizados para la caracterización geológica se detallan en la Tabla 6-38. La verificación del correcto funcionamiento se realizó previo a la actividad de campo.

Tabla 6-38. Equipos y materiales utilizados para la caracterización geológica en época húmeda (febrero 2018)

Equipos y materiales	Marca	Modelo	Serie
Equipos			
Equipo de posicionamiento GPS	Garmin	Montana 680	4HU004069
Brújula	Brunton	S/M	5060309436
Materiales			
Lápiz rayador imantado	General	N.° 88CM	UPC 31116
Lupa 20X	Bausch & Lomb	Coddington magnifer	---
Ácido clorhídrico	7647-01-0	2626	---
Picota	Estwing	22 Oz	---

6.7.4. Procesamiento de datos

Las mediciones y descripciones macroscópicas de afloramientos rocosos y depósitos superficiales se realizaron *in situ*, en la cual se tomaron 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), estructuras mineralizadas (EM: galerías, vetas y mantos). La descripción macroscópica consistió en determinar la litología, minerales de alteración, minerales primarios, secundarios y accesorios, y minerales con contenido metálico.

Los puntos de control geológico y el mapa de campo fueron georreferenciados y digitalizados en el software ArcGis 10.3 para preparar el mapa geológico local. Además, se generó secciones geológicas a escala 1:10 000, con la finalidad de entender el contexto geológico del subsuelo en zonas aledañas a los componentes mineros proyectados.

El procesamiento de los datos obtenidos de la caracterización geológica se detalla a continuación.

6.7.4.1. Mapa geológico local

Los datos obtenidos en el cartografiado de campo fueron interpretados y plasmados en un mapa geológico local, el mismo que contiene las unidades litológicas, litoestratigráficas, estructuras (diaclasas, fracturas, fallas, pliegues, diques, etc.), alteraciones y zonas con mineralización. Se generaron secciones geológicas relacionadas a los componentes mineros y ambientales, adicionalmente, las unidades litológicas fueron descritas de forma detallada. Esta información permitió entender el contexto geológico sobre el cual se desarrollarán las actividades mineras.

6.7.4.2. Relación con áreas de potencial afectación y bofedales

La caracterización geológica en áreas de potencial afectación permitió conocer la litología del basamento (roca parental), mineralogía, tipos de alteración y depósito cuaternario sobre el cual se desarrolló el suelo.

6.7.4.3. Relación con los puntos de monitoreo de agua superficial y subterránea

La caracterización geológica nos permitió entender la asociación de la mineralogía de las rocas con los parámetros físicos (pH, CE y OD) y químicos de las aguas superficiales y subterráneas. Además, se logró entender las características hidroquímicas y el contexto hidrogeológico en función a las estructuras y litopermeabilidad.

6.8. Geoquímica de roca

La geoquímica de roca fue realizada en afloramientos y fragmentos de rocas asociadas a los componentes mineros proyectados, durante mayo 2018. Además, esta información fue complementada con la base de datos litogeoquímica del Perú, publicada por Ingemmet (2016).

6.8.1. Referencias para la geoquímica de rocas

Los estándares para el muestreo de roca fueron tomados del servicio geológico del Perú y Chile. Además, se tomó en consideración las recomendaciones establecidas en las guías y manuales internacionales que se detallan en la Tabla 6-39.

Tabla 6-39. Documentos técnicos empleados

Referencia	Sección	País	Institución o autor	Año
Guía Metodológica para la Estabilidad Química de Faenas e Instalaciones Mineras	Toda la guía	Chile	Servicio Nacional de Geología y Minería (Sernageomin)	2015
Manual de inventario de recursos minerales	Toda la guía	Perú	Dirección de Recursos Minerals y Energéticos - Ingemmet	2013
Manual de muestreo para exploración, minería subterránea y rajo abierto	Toda la guía	Chile	Angel Lambert B.	2006
Introducción al muestreo minero	Toda la guía	Chile	Marco Antonio Alfaro Sironvalle	2002

6.8.2. Ubicación de puntos

El muestreo de rocas se realizó en zonas asociadas a componentes mineros proyectados (tajo principal, depósito de desmonte y depósito de relaves). En el Tabla 6-40, se detalla las coordenadas y la ubicación de los 2 puntos de muestreo.

Tabla 6-40. Ubicación de los puntos de muestreo de rocas evaluados en época seca (mayo 2018)

Puntos de muestreo	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 19 L		Altitud (m s.n.m.)	Descripción
	Este (m)	Norte (m)		
COMIN-01	316497	8446833	4864	Ubicado en la quebrada Piruacarca, en el borde noreste del depósito de desmonte y depósito de relaves
COMIN-02	315590	8447417	4910	Ubicado en la margen izquierda de la quebrada sin nombre, dentro del área del tajo proyectado

6.8.3. Parámetros y métodos de análisis

Los parámetros analíticos considerados para la geoquímica de rocas fueron metales totales, la prueba estática de balance ácido-base (ABA[23]) y extracción secuencial de Tessier. En la Tabla 6-41, se muestran los parámetros y los métodos de análisis.

[23] ABA – Acid Base Accounting.

Tabla 6-41. Parámetros evaluados y métodos de análisis de rocas - 2018

N.°	Parámetros		Unidad	Método de ensayo de referencia	Laboratorio de ensayo acreditado
1	Metales totales		mg/Kg	EPA 3050 B. 1996/EPA 6010 B: 1996	ALS LS PERÚ S.A.C.
2	Extracción secuencial de metales pesados por el método de Tessier		mg/kg	PE-4421. Espectrometría ICP-OES	AGQ PERÚ S.A.C.
3	ABA	Azufre total	%	PE-4408. Análisis elemental	
		Fizz rating	---	PE-4409. Inspeccción visual	
		pH pasta	---	PE-4416. Electrometría	
		Potencial de acidez máximo (MPA)	kg CaCO3/Ton	PE-4407. Calculado	
		Potencial de neutralización neto (NNP)	kg CaCO3/Ton	PE-4407. Calculado	
		Potencial de neutralización Sobek	kg CaCO3/Ton	PE-4402. Volumetría	
		Ratio potencial de neutralización (RNP)	---	PE-4407. Calculado	
		Sulfato total	%	PE-4005. Análisis elemental	
		Sulfuro total	%	PE-4016. Análisis elemental	

6.8.4. Equipos utilizados

Los equipos utilizados para la geoquímica de roca se detallan en la Tabla 6-42. La verificación del correcto funcionamiento se realizó previo a la actividad de campo.

Tabla 6-42. Equipos y materiales utilizados para el muestreo de rocas evaluados en época seca (mayo 2018)

Equipos	Marca	Modelo	Serie
Equipo de posicionamiento GPS	Garmin	Montana 680	4HU004995

Una mayor descripción de los equipos listados y aquellos que no se describen, en la tabla anterior, se detalla en el reporte de campo N.° 015-2018-STEC (Anexo 3).

6.8.5. Procesamiento de datos

El análisis litogeoquímico se realizó en función a los elementos mayores y elementos traza. Los elementos mayores se analizaron mediante diagramas de discriminación en base a la relación de SiO_2 versus Na_2O+K_2O (álcalis totales) y SiO_2 versus K_2O y los elementos traza fueron comparados con los valores de corteza continental propuesto por Rudnick (1995) mediante los perfiles de concentración de elementos.

El análisis de la concentración de elementos se realizó mediante diagramas de dispersión con la finalidad de determinar los metales presentes en cada componente minero proyectado.

Las pruebas de balance ácido-base (ABA) permitió determinar el balance entre la producción y el consumo de ácido de las rocas asociadas a los componentes proyectados.

Adicionalmente, se realizó la evaluación de metales solubles a través del método de extracción secuencial, según la metodología de Tessier, el cual considera en su técnica original los siguientes elementos: cadmio, cobalto, cobre, níquel, plomo, zinc, hierro y manganeso; esta prueba permitió caracterizar la potencial movilidad y biodisponibilidad de ciertos elementos.

6.9. Flora silvestre

Se presenta la metodología de la evaluación de flora silvestre realizado en época húmeda (mayo[24] 2018).

6.9.1. Guías utilizadas para la evaluación

Las referencias que se utilizaron para la evaluación de flora silvestre se detallan en la Tabla 6-43.

Tabla 6-43. Referencias para la evaluación de flora silvestre en el área de influencia del proyecto minero Corani de BCM

Referencia	Sección	País	Institución	Dispositivo legal	Año
Guía de inventario de la flora y vegetación del Ministerio del Ambiente	Todas	Perú	Minam	R.M. N.° 059-2015-MINAM	2015
Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal	Todas	Bolivia	Bolfor	---	2000

Las muestras colectadas fueron analizadas en el Laboratorio de Florística del Museo de Historia Natural, mediante el uso claves especializadas como las de Mcbride et al. (1936 y siguientes); Ferreyra (1944 y 1946); Molau (1990); Sagástegui y Leiva (1993); Tovar (1993); entre otros. Además, las determinaciones fueron corroboradas cuando fue necesario por consulta a especialistas y/o comparación con muestras del Herbario San Marcos (USM) y base de datos de herbarios virtuales como las del Missouri Botanical Garden (MO) y Field Museum Herbarium (F).

Para el ordenamiento de especies de angiospermas se utilizó el Sistema de Clasificación del Angiosperm Phylogeny Group III (APG III) y para los pteridofitos y afines el Sistema de Clasificación propuesto por Smith et al (2006).

6.9.2. Ubicación de transectos

Los transectos fueron ubicados sobre lugares que presentaron la cobertura vegetal típica de la formación vegetal en estudio. Durante este estudio se evaluaron 48 transectos, agrupados en 6 EF[25] (que corresponden a 7 ecosistemas frágiles[26]), que a la vez se ubicaron en cuatro microcuencas. Cabe resaltar que, para el caso del

[24] En zonas altoandinas, como el departamento Puno (lugar donde se ubica en proyecto minero Corani), para el componente de flora silvestre, mayo, aún corresponde a un mes de época húmeda.

[25] Para le presente evaluación, se ha considerado el sufijo EF, como ecosistemas frágiles y formaciones vegetales asociadas.

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

EF 1, se ha considerado la evaluación de 2 ecosistemas frágiles (un bofedal y una laguna altoandina).

En la Tabla 6-44, se evaluaron 37 transectos en bofedal, seis en roquedal, tres en césped de puna, y dos evaluaciones cualitativas en suelos crioturbados.

Tabla 6-44. Ubicación de transectos de flora silvestre evaluados en época seca (mayo 2018)

Ecosistema frágil	Código inicial de transecto[a]	Código inicial de transecto[b]	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 19 L				Altitud (m s.n.m.)	Formación Vegetal
			Inicio		Fin			
			Este (m)	Norte (m)	Este (m)	Norte (m)		
Microcuenca Supayhuasi								
EF 3	Bof13-FLb1	FL21	316239	8449048	316233	8449033	4992	Bofedal
	Bof13-FLb2	FL22	316113	8449099	316095	8449098	4968	Bofedal
	Bof7-FLb5	FL23	316016	8448962	316005	8448943	4984	Bofedal
	Bof7-FLb6	FL24	315631	8448711	315658	8448758	4985	Vegetación de roquedal
	Bof7-FLr3	FL25	315773	8448674	315780	8448665	4968	Bofedal
EF 4	Bof7-FLb1	FL26	316120	8448210	316104	8448200	4866	Bofedal
	Bof7-FLb2	FL27	316135	8447923	316164	8447883	4871	Bofedal
	Bof7-FLb3	FL28	316840	8447511	316815	8447504	4827	Bofedal
	Bof7-FLb4	FL29	316362	8447718	316370	8447697	4871	Bofedal
	Bof7-FLb6	FL30	315773	8448943	315780	8448665	4968	Bofedal
	Bof7-FLr1	FL31	317071	8447149	317100	8447191	4891	Vegetación de roquedal
	Bof7-FLr2	FL32	315930	8448436	315973	8448478	4911	Vegetación de roquedal
Microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa								
EF 6	Bof10-FLb1	FL39	321032	8452646	321043	8452625	4384	Bofedal
	Bof10-FLb2	FL40	321108	8452177	321118	8452196	4385	Bofedal
	Bof10-FLb3	FL41	320779	8451615	320790	8451603	4397	Bofedal
	Bof10-FLb4	FL42	321045	8450834	321061	8450817	4396	Bofedal
	Bof10-FLb6	FL43	320745	8450540	320746	8450515	4297	Bofedal
	Bof10-FLb7	FL44	320693	8450324	320686	8450307	4316	Bofedal
	Bof10-FLb8	FL45	320400	8450146	320391	8450125	4332	Bofedal
	Bof10-FLb9	FL46	320176	8449657	320157	8449652	4332	Bofedal
	Bof10-FLb10	FL47	319785	8449427	319762	8449431	4345	Bofedal
	Bof10-FLr1	FL48	320773	8452927	320747	8452876	4460	Vegetación de roquedal
Microcuenca Imaginamayu								
EF 1	Bof9-FLb1	FL1	320581	8455309	320563	8455300	4427	Bofedal
	Bof9-FLb2	FL2	320669	8455748	320674	8455770	4401	Bofedal
	Bof9-FLb3	FL3	320708	8456107	320686	8456115	4361	Bofedal
	Lag-FLl1	FL4	320994	8455592	321040	8455588	4397	Bofedal
	Lag-FLl2	FL5	321175	8455614	321174	8455663	4402	Césped de puna
EF 2	Bof11-FLb1	FL6	317194	8449419	317216	8449428	5055	Bofedal
	Bof11-FLb2	FL7	317347	8449553	317336	8449541	5069	Bofedal
	Bof11-FLb3	FL8	317499	8449678	317486	8449660	5051	Bofedal
	Bof11-FLb4	FL9	317590	8449863	317583	8449847	5018	Bofedal
	Bof11-FLb5	FL10	317576	8449996	317597	8450008	4999	Bofedal

Ecosistema frágil	Código inicial de transecto[a]	Código inicial de transecto[b]	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 19 L				Altitud (m s.n.m.)	Formación Vegetal
			Inicio		Fin			
			Este (m)	Norte (m)	Este (m)	Norte (m)		
	Bof11-FLb6	FL11	317846	8450047	317838	8450067	4977	Bofedal
	Bof11-FLb7	FL12	318090	8449989	318081	8450006	4959	Bofedal
	Bof11-FLb8	FL13	316970	8449476	316998	8449463	5105	Bofedal
	Bof11-FLb9	FL14	316764	8449558	316782	8449551	5106	Bofedal
	Bof11-FLb10	FL15	316705	8449768	316724	8449762	5089	Bofedal
	Bof11-FLb11	FL16	316472	8449885	316483	8449872	5047	Bofedal
	Bof11-FLb12	FL17	316320	8450083	316337	8450073	5019	Bofedal
	Bof11-FLr2	FL18	317339	8449852	317298	8449817	5072	Vegetación de roquedal
	Bof11-FLr3	FL19	316525	8449681	316478	8449686	5069	Vegetación de roquedal
	Bof11-FLcr1	FL20*	317111	8449678	---	---	---	Vegetación de suelos crioturbados
Microcuenca Quelcaya								
EF 5	Bof14-FLb1	FL33	314986	8446253	315001	8446240	5001	Bofedal
	Bof14-FLb2	FL34	315083	8446178	315102	8446166	5013	Bofedal
	Bof14-FLb3	FL35	315173	8446125	315191	8446113	5024	Bofedal
	Bof14-FLp1	FL36	315053	8445844	315006	8445865	5037	Césped de puna
	Bof14-FLp2	FL37	314884	8446011	314905	8446055	4997	Césped de puna
	Bof14-FLcr1	FL38*	315303	8446232	---	---	---	Vegetación de suelos crioturbados

a: codificación de transectos tomados en campo
b: codificación de transectos modificados en gabinete y considerados para la presente evaluación
*: puntos en donde se realizó solo evaluación cualitativa

6.9.3. Parámetros de análisis

Los parámetros analizados en las comunidades de flora silvestre de manera cualitativa y cuantitativa se detallan en la Tabla 6-45.

Tabla 6-45. Parámetros analizados en la evaluación de flora silvestre - 2018

N.°	Parámetros a evaluar	Cantidad de zonas de muestreo	Observaciones
1	Riqueza de especies	46 transectos y 2 puntos de evaluación cualitativa en 6 ecosistemas frágiles	Los transectos se presentan en la Tabla 6-44
2	Diversidad de especies		
3	Abundancia		
4	Equidad		
5	Similitud		

6.9.4. Equipos utilizados

Los equipos utilizados para la evaluación de flora silvestre se detallan en la Tabla 6-46.

Tabla 6-46. Equipos utilizados para la evaluación de flora silvestre en época seca (mayo 2018)

N.°	Equipo	Marca	Modelo	Serie
1	Equipo de posicionamiento GPS	Garmin	Montana 680	4HU005169
2			Oregón 650	30D046674

Una mayor descripción de los equipos listados y aquellos que no se describen, en la tabla anterior, se detalla en el reporte de campo N.° 043-2018-STEC (Anexo 3).

6.9.5. Procesamiento de datos

Los índices de riqueza, diversidad y equidad fueron obtenidos mediante la utilización del programa PAST (Versión 1.7).

A continuación, se detallan los criterios de análisis (índices biológicos) utilizados.

6.9.5.1. Riqueza de especies (d)

Representa el número de especies en una unidad muestral, un número específico de individuos, área o biomasa. Si es expresada por unidad de área, es conocida como la densidad de la especie. Para tal efecto, fórmula utilizada es:

$$d = (S-1)/logN \quad (6.10)$$

Donde:

d = riqueza de especies o número de especies
S = número de especies presentes.
N = número total de individuos presentes

6.9.5.2. Índice de Shannon-Wiener (H)

El índice de Shannon-Wiener, también conocido como función Shannon-Wiener, mide la diversidad de especies mediante el uso de la Teoría de la Información (Shannon, 1948). Se emplea como indicador del comportamiento del ecosistema o la organización a la que ha llegado el ecosistema, también mide las perturbaciones o desorganización del mismo ecosistema.

La diversidad específica de una comunidad depende del número de especies, que se puede llamar riqueza y la abundancia relativa de las especies, llamada generalmente equidad.

$$H = -\sum p_i \, Log^2 p_i \quad (6.11)$$

Donde:

H = diversidad (bits/individuo).
pi = ni / N = frecuencia de ocurrencia de la especie i
N = Σni = número total de individuos registrados en el transecto.

6.9.5.3. Índice de dominancia de Simpson (1-D)

Utilizado para hallar la diversidad de las especies. Muestra la probabilidad de que dos individuos dentro de una comunidad sean de la misma especie al ser tomados al azar. Para tal efecto, la fórmula utilizada es:

$$D = 1 - \sum_{i=1}^{s} (p_i)^2 \quad (6.12)$$

Donde:

D = Índice de diversidad de Simpson.
pi = Proporción de individuos del taxón «i» en la comunidad
s = El número total de especies.

El índice de Simpson da menor peso a especies raras y mayor peso a especies más comunes. El rango de valores rige desde 0 (baja diversidad) a un máximo de 1-1/s.

6.9.5.4. Abundancia como cobertura vegetal

La cobertura de una especie, es la proporción del terreno ocupado por la proyección perpendicular de las partes aéreas de los individuos de la especie considerada y sirve para determinar la dominancia de las especies (Matteucci & Colma, 1982). Por ello, la fórmula utilizada fue:

$$Cobertura\ vegetal = \frac{Nº\ toque\ por\ especie}{Nº\ toques\ totales} x100 \qquad (6.13)$$

6.9.5.5. Equidad (E)

Mide la tendencia de las especies a presentarse de manera igualmente frecuente. Una alta equidad ocurre cuando las especies son igualmente frecuentes en la comunidad (Odum, 1972). De modo contrario, la dominancia implica que unas cuantas especies (o una sola especie) presentan un mayor número de individuos, mientras que la mayoría de las especies presentan bajo número de individuos.

La riqueza (d) y el índice de Shannon-Wiener (H') nos permiten calcular la medida de uniformidad E, expresada como la relación entre diversidad observada (H') y diversidad máxima ($\log_e$ d). Para tal efecto, la fórmula utilizada fue:

$$E = \frac{H}{Hmax} = \frac{H}{Log_e\, d} \qquad (6.14)$$

6.9.5.6. Índice de similaridad de Morisita-Horn

Los coeficientes de similaridad han sido utilizados, especialmente para comparar comunidades con atributos similares. Los índices de similaridad pueden ser calculados en base a datos cualitativos (presencia/ausencia) o cuantitativos (abundancia) (Mostacedo y Fredericksen, 2000).

Uno de los modelos más utilizados para cuantificar semejanza es el de Morisita-Horn. Este índice relaciona la la riqueza de especies con la abundancia. Sin embargo, es fuertemente influenciado por la abundancia de la especie más común. Para evitar esto, existe una versión modificada. La expresión utilizada es:

$$IM - H = \frac{2\,\Sigma(an_i x bn_i)}{(da + db)aNxbN} \qquad (6.15)$$

Donde:

aN: número de individuos de la comunidad A
ani: número de individuos de la iesima especies en A
da: Σ an² /aN²

De los modelos de tipo cuantitativo se ha señalado que la versión antes presentada del índice de Morisita es la más satisfactoria (Mostacedo y Fredericksen, 2000).

El intervalo de valores para este índice va de 0 cuando no hay especies compartidas entre ambos sitios, hasta 1 cuando los dos sitios tienen la misma composición y abundancia de especies.

6.9.5.7. Curva de acumulación de especies

Una curva de acumulación de especies representa gráficamente la forma como las especies van apareciendo en las unidades de muestreo, o de acuerdo con el incremento en el número de individuos. Es por esto que, en una gráfica de curvas de acumulación, el eje Y es definido por el número de especies acumuladas y el X por el número de unidades de muestreo o el incremento del número de individuos. Cuando una curva de acumulación es asintótica indica que, aunque se aumente el número de unidades de muestreo o de individuos censados, es decir, aumente el esfuerzo, no se incrementará el número de especies, por lo que tenemos un buen muestreo (Villarreal *et ál.*, 2006).

Para evaluar el muestreo realizado se usó el modelo de Clench, el cual predice la riqueza total y el esfuerzo requerido para añadir un número determinado de especies a la muestra (Clench, 1979). Esto se realiza con el valor del número de especies al cual una curva de acumulación de especies alcanza la asíntota (Soberón y Llorente, 1993). Su expresión matemática es:

$$Sn = a \cdot n / (1 + b \cdot n) \qquad (6.16)$$

Donde:

a: tasa de incremento de nuevas especies al comienzo del inventario
b: parámetro relacionado con la forma de la curva
n: unidades de fuerza de muestreo

El modelo se ajusta a una regresión no linear, con dos parámetros, usando el algoritmo Quasi-Newton. Se utilizaron los programas EstimateS Win 8.20 y Statistica 7.

6.9.5.8. Especies de interés para la conservación

Para determinar el estado de las especies en estado de conservación registradas en el Área de Estudio se determina su presencia o ausencia en tres listas de conservación, dos a nivel internacional (Cites y UICN) y una a nivel nacional. Para el nivel internacional: la lista roja de especies amenazadas de la *Internacional Union for Conservation of Nature*[27] (por sus siglas en inglés, IUCN) (2018), y los apéndices de la Convención Internacional sobre el Comercio de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (en adelante, Cites) (2015) en donde el Apéndice I señala las especies en peligro y los Apéndices II y III señalan las especies que están más relacionadas con la extracción y comercio. Para el nivel nacional se consideró la lista de categorización de especies amenazadas de flora silvestre, aprobado según Decreto Supremo N.° 043-2006-AG.

[27] Traducido al español como Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza.

6.9.5.9. Especies endémicas

Las especies endémicas son aquellas entidades biológicas que presentan una distribución geográfica restringida a un área determinado (León *et ál.*, 2006) y son un componente importante para la conservación. Para la determinación de las especies endémicas se empleó el libro rojo de las Plantas Endémicas del Perú realizada por León *et ál.* (2006) y literatura específica para cada grupo taxonómico cuando fue necesario.

6.9.5.10. Análisis multivariado

El análisis multivariado (AM) es la parte de la estadística y del análisis de datos que estudia, analiza, representa e interpreta los datos que resultan de observar más de una variable estadística sobre una muestra de individuos. Se realizó el análisis de escalonamiento multidimensional no métrico (NMDS), el cual determina la cercanía entre un grupo de elementos reduciendo el número de dimensiones, realizando iteraciones para explicar las distancias observadas en base a similaridades predichas mediante un número de ejes (Oksanen, 2011). Los datos se analizaron con el Índice de similaridad de Morisita.

6.10. Fauna silvestre

A continuación, se describe la metodología que se consideró para la evaluación de fauna silvestre (aves, anfibios, reptiles y mamíferos silvestres), en época seca (mayo 2018).

6.10.1. Guía utilizada para la evaluación

La guía que se utilizará para la evaluación de fauna silvestre se detalla en la Tabla 6-47.

Tabla 6-47. Referencia para la evaluación de fauna silvestre en el área de influencia del proyecto minero Corani de BCM

Grupo taxonómico	Referencia	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
Aves		Capítulo 6				
Mamíferos		Capítulo 4				

6.10.2. Ubicación de puntos

En esta sección se detalla la ubicación de los puntos de muestreo de fauna silvestre tanto para anfibios y reptiles, aves y mamíferos silvestres. Los puntos de muestreo se ubicaron tomando en cuenta la presencia de ecosistemas frágiles[28] específicamente bofedales y hábitats aledaños, considerando la disposición de los componentes mineros propuestos en el instrumento de gestión ambiental (IGA) del administrado, y el riesgo de futuros impactos sobre los hábitats y/o formaciones vegetales producidos por las operaciones y actividades mineras futuras.

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

6.10.2.1. Anfibios y reptiles

La evaluación de anfibios y reptiles en el área de influencia del proyecto minero Corani de Bear Creek Mining S.A.C. se realizó entre el 18 y 23 de mayo de 2018. Se emplearon los métodos de búsquedas por encuentros visuales (en adelante, VES) y evaluación de transectos de 100 m en hábitats acuáticos. En general, las evaluaciones se realizaron en horario diurno entre las 9:00 y 17:00 horas, habiéndose invertido en las VES un esfuerzo de 36,3 horas/hombre (Tabla 6-48) y en los transectos un esfuerzo de 14,6 horas/hombre (Tabla 6-49).

Tabla 6-48. Ubicación de búsquedas por encuentros visuales (VES) de anfibios y reptiles evaluados en época seca (mayo 2018)

Ecosistema frágil	Códigos VES	Fecha	Hora Inicio	Hora Final	Distancia (m)	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 19 L (Inicio)		Altitud Inicio (m s. n. m.)	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 19 L (Fin)		Altitud Fin (m s.n.m.)	Descripción
						Este (m)	Norte (m)		Este (m)	Norte (m)		
Microcuenca Supayhuasi												
EF 3	Co-He-V21	21/05/2018	15:00	15:32	396	315915	8448753	4948	316025	8448894	4958	Márgenes de la quebrada que atraviesa el bofedal aguas arriba de la caída de agua, vegetación correspondiente a bofedal
	Co-He-V23	21/05/2018	16:10	16:40	451	315897	8449194	5003	316098	8449222	4989	Laderas de las colinas en el flanco norte del bofedal. Se evaluó la vegetación de césped de puna y bordes de roquedal
	Co-He-V22	21/05/2018	15:36	16:08	417	315993	8449008	4971	315788	8449101	5015	Roquedal y la vegetación asociada, ubicado en la ladera de la zona noroeste del bofedal
EF 4	Co-He-V7	19/05/2018	11:30	12:00	747	316026	8448155	4870	316185	8447964	4865	Zona norte del bofedal Minaspata. La vegetación de esta zona del bofedal esta mayormente seca, no existen pozas de agua
	Co-He-V9	19/05/2018	12:45	13:20	694	316360	8447670	4859	316610	8447447	4843	Zona sur del bofedal Minaspata. Los primeros 150 m corresponden a la zona más impactada del bofedal por los pasivos ambientales
	Co-He-V10	19/05/2018	13:30	14:05	399	316693	8447497	4842	316859	8447566	4834	Zona sur del bofedal Minaspata, los últimos 100 m se evaluaron laderas adyacentes dominadas por césped de puna
	Co-He-V24	22/05/2016	9:06	9:36	235	316192	8447189	4906	316140	8447125	4945	Ladera de pendiente moderada donde se evaluó vegetación de césped de puna. Se ubicó hacia suroeste del bofedal Minaspata
	Co-He-V8	19/05/2018	12:10	12:40	263	316298	8447907	4863	316415	8447779	4861	Ladera de montaña ubicada en el flanco noreste del bofedal Minaspata, donde predominan los suelos crioturbados
Microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa												
EF 6	Co-He-V33	23/05/2018	12:40	13:10	710	320844	8451981	4399	320868	8451481	4395	Sector noreste del bofedal Chacaconiza, con pozas dispersas y vegetación típica de estos ecosistemas
	Co-He-V34	23/05/2018	14:40	15:10	849	320855	8450865	4397	320623	8450458	4407	Sector central del bofedal Chacaconiza, con pozas dispersas y vegetación típica de estos ecosistemas. Se evaluaron 20 m de la margen izquierda de la quebrada Chacaconiza

Ecosistema frágil	Códigos VES	Fecha	Hora Inicio	Hora Final	Distancia (m)	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 19 L (Inicio)		Altitud Inicio (m s. n. m.)	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 19 L (Fin)		Altitud Fin (m s.n.m.)	Descripción
						Este (m)	Norte (m)		Este (m)	Norte (m)		
	Co-He-V35	23/05/2018	16:50	17:20	807	320258	8450003	4427	320245	8449632	4420	Sector sureste del bofedal Chacaconiza, con pozas dispersas y vegetación típica de estos ecosistemas. Algunas porciones del bofedal se encontraron secas
	Co-He-V30	23/05/2018	9:15	9:45	448	321002	8452967	4402	320890	8452649	4412	Sector norte del bofedal Chacaconiza, suelo de pendiente donde predominó el césped de puna, se evaluaron algunas acumulaciones de piedras formados por los pobladores
	Co-He-V31	23/05/2018	10:00	10:30	322	320895	8452582	4416	320885	8452426	4396	Ladera de pendiente moderada con suelos cubiertos por pajonales. Se ubicó en el sector noroeste del bofedal Chacaconiza
	Co-He-V32	23/05/2018	12:05	12:35	237	320843	8452180	4403	320830	8452070	4398	Canal de agua que bordea el flanco este del bofedal Chacaconiza
Microcuenca Imaginamayu												
EF 1	Co-He-V2	18/05/2018	10:26	10:57	912	320461	8455124	4429	320502	8455366	4425	Sector central del bofedal Imaginamayu, se evaluaron las pozas de aguas y vegetación asociada
	Co-He-V4	18/05/2018	11:45	12:10	625	320551	8455549	4422	320705	8455788	4402	Sector norte del bofedal Imaginamayu, presenta numerosas pozas y zonas de césped de puna en los bordes
	Co-He-V1	18/05/2018	9:50	10:20	652	320580	8454939	4440	320526	8455018	4433	Ladera ubicada al sur del bofedal Imaginamayu, donde predomina el césped de puna, se en los alrededores del roquedal (50 m)
	Co-He-V3	18/05/2018	11:07	11:40	625	320408	8455412	4431	320482	8455524	4432	Laderas de colinas ubicadas en el flanco oeste del bofedal Imaginamayu. Suelo cubierto de césped de puna. Últimos 50 m se evaluaron bordes de roquedal
	Co-He-V5	18/05/2018	12:25	12:55	405	320768	8455850	4405	320753	8456085	4383	Laderas de colinas ubicadas en el sector noroeste del bofedal Imaginamayu. Predomina la vegetación de césped de puna que esta impactado por la intensa actividad de pastoreo
	Co-He-V6	18/05/2018	15:19	15:55	639	320701	8454590	4448	320660	8454274	4493	Laderas ubicadas hacia el sur del bofedal Imaginamayu. En este sector existen parches de pajonal, que se intercala con el césped de puna

Ecosistema frágil	Códigos VES	Fecha	Hora Inicio	Hora Final	Distancia (m)	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 19 L (Inicio)		Altitud Inicio (m s. n. m.)	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 19 L (Fin)		Altitud Fin (m s.n.m.)	Descripción
						Este (m)	Norte (m)		Este (m)	Norte (m)		
EF 2	Co-He-V13	20/05/2018	11:17	11:54	521	317718	8449940	4994	317973	8450020	4971	Sector norte de la zona este del bofedal Negrominas, donde se evaluaron las pozas de agua y vegetación circundante
	Co-He-V18	21/05/2018	12:10	12:40	187	316318	8450054	5025	316307	8450210	5005	Sector oeste del bofedal Negrominas, donde se evaluaron las pozas de agua y la vegetación circundante
	Co-He-V20	21/05/2018	13:50	14:20	296	316797	8449676	5071	316915	8449522	5074	Sector central de bofedal Negrominas, donde se evaluaron las pozas de agua
	Co-He-V12	20/05/2018	10:43	11:15	388	317440	8449684	5034	317576	8449857	5006	Roquedal que se encontró en la zona este del bofedal Negrominas
	Co-He-V14	20/05/2018	13:40	14:10	515	318085	8450129	4980	317728	8450166	5009	Roquedal con una pendiente fuerte, se ubicó en la zona este del bofedal Negrominas, localidad Surahuayna
	Co-He-V17	21/05/2018	10:00	10:30	402	316347	8449775	5072	316261	8449987	5038	Sector oeste del bofedal Negrominas, que correspondió al borde de roquedal y laderas con predominancia de césped de puna
	Co-He-V11	20/05/2018	10:00	10:37	416	317259	8449398	5057	317355	8449506	5049	Ladera de pendiente moderada donde predominaron los suelos crioturbados. Se ubicó en el sector sureste del bofedal Negrominas
	Co-He-V15	20/05/2018	14:15	14:48	465	317604	8450197	5013	317289	8450055	5050	Parte alta de los roquedales que se encontraron en el borde este del bofedal Negrominas
	Co-He-V16	21/05/2018	9:08	9:40	493	316721	8449470	5089	316557	8449664	5080	Ladera de pendiente fuerte donde predominaron los suelos crioturbados. Se ubicó en la zona oeste del bofedal Negrominas
	Co-He-V19	21/05/2018	13:00	13:30	564	316483	8449938	5041	316879	8449741	5076	Borde entre bofedal y ladera donde predominaron los suelos crioturbados. Se ubicó en la parte media del bofedal Negrominas
Microcuenca Quelcaya												
EF 5	Co-He-V28	22/05/2018	15:15	15:45	323	315187	8445902	4984	315040	8445783	5041	Ladera de pendiente moderada, presentó césped de puna, se evaluó también los alrededores de un roquedal pequeño. Se ubicó en el sector sur del bofedal
	Co-He-V25	22/05/2018	10:15	10:45	309	315315	8445954	5014	315340	8446025	5012	Borde entre bofedal y ladera donde predominaron los suelos crioturbados Se ubicó en la naciente de la quebrada Simiaje, en la zona sureste del bofedal

Ecosistema frágil	Códigos VES	Fecha	Hora Inicio	Hora Final	Distancia (m)	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 19 L (Inicio)		Altitud Inicio (m s. n. m.)	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 19 L (Fin)		Altitud Fin (m s.n.m.)	Descripción
						Este (m)	Norte (m)		Este (m)	Norte (m)		
	Co-He-V29	22/05/2018	15:53	16:23	446	314981	8445812	5042	314942	8445906	5027	Ladera de pendiente moderada donde predominó el césped de puna con piedras dispersas, se ubicó en la zona sur del bofedal
	Co-He-V26	22/05/2018	11:08	11:38	336	315229	8446188	5005	315070	8446267	4986	Borde entre bofedal y ladera donde predominaron los suelos crioturbados. Se ubicó en el flanco noreste del bofedal
	Co-He-V27	22/05/2018	13:50	14:20	586	314988	8446223	4961	315220	8446044	4995	Bofedal donde se evaluó las pozas dispersas y la vegetación asociada

Tabla 6-49. Ubicación de transectos en hábitats acuáticos evaluados en época seca (mayo 2018)

Ecosistema frágil	Códigos Transecto	Fecha	Hora Inicio	Hora Final	Coordenadas UTM WGS 84 - Zona 19L (Inicio)		Altitud Inicio (m s.n.m.)	Coordenadas UTM WGS 84 - Zona 19L (Fin)		Altitud Fin (m s.n.m.)	Descripción
					Este (m)	Norte (m)		Este (m)	Norte (m)		
Microcuenca Supayhuasi											
EF 4	Co-He-T3	19/05/2018	10:30	11:15	315951	8448328	4872	315957	8448226	4873	Ubicado al noroeste del bofedal Minaspata. Vegetación de ribera característica de bofedal y suelos erosionados
	Co-He-T4	19/05/2018	14:56	15:45	316532	8447423	4837	316438	8447471	4843	Ubicado en la parte media de la quebrada Supayhuasi. Márgenes conformados por roquedales, suelos erosionados y sectores de césped de puna
Microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa											
EF 6	Co-He-T8	23/05/2017	11:00	11:40	320833	8452342	4401	320728	8452396	4448	Ubicado en el sector norte del bofedal Chacaconiza. En sus márgenes predominó la vegetación de césped de puna
	Co-He-T9	23/05/2017	15:56	16:30	320235	8450074	4438	320168	8450155	4467	Ubicado en el sector suroeste del bofedal Chacaconiza, localidad Canchapata. En sus márgenes predominó la vegetación de césped de puna
	Co-He-T10	23/05/2017	13:10	14:10	320881	8451369	4386	320862	8451274	4400	Canal de agua utilizado para la inundación del bofedal, localidad Chaupitiana. Se ubicó en la parte media del bofedal Chacaconiza
Microcuenca Imaginamayu											
EF 1	Co-He-T1	18/05/2018	13:00	13:40	320679	8456145	4369	320688	8456034	4367	Ubicado sobre la descarga del bofedal Imaginamayu, en el sector norte del mismo

Ecosistema frágil	Códigos Transecto	Fecha	Hora Inicio	Hora Final	Coordenadas UTM WGS 84 - Zona 19L (Inicio)		Altitud Inicio (m s.n.m.)	Coordenadas UTM WGS 84 - Zona 19L (Fin)		Altitud Fin (m s.n.m.)	Descripción
					Este (m)	Norte (m)		Este (m)	Norte (m)		
	Co-He-T2	18/05/2018	14:40	15:00	320730	8454781	4430	320699	8454674	4436	Ubicado al sureste del bofedal Imaginamayu. Vegetación de ribera conformada por césped de puna
EF 2	Co-He-T5	20/05/2018	12:30	13:12	318268	8450048	4932	318159	8450045	4951	Ubicado sobre la descarga del bofedal Negrominas. Se caracterizó por presentar un lecho conformado por bloques de roca y arena
	Co-He-T6	21/05/2018	11:27	12:20	316276	8450339	4976	316304	8450238	4991	Ubicado sobre la descarga del bofedal Negrominas, localidad Ojopata. Curso de agua que atravesó un roquedal, el cual alberga macollos de pajonal
Microcuenca Quelcaya											
EF 5	Co-He-T7	22/05/2017	12:15	13:10	314827	8446378	4946	314911	8446302	4962	Ubicado sobre la quebrada Simiaje, en el sector noroeste del bofedal

ORGANISMO DE EVALUACIÓN Y FISCALIZACIÓN AMBIENTAL - OEFA - MINAM
SUBDIRECCIÓN TÉCNICA

6.10.2.2. Aves

En el área de estudio se evaluó cuatro microcuencas y una laguna, ubicada dentro de la microcuenca Imaginamayu. En estas microcuencas se ejecutaron en total 38 transectos lineales y 1 conteo total (laguna). La ubicación y descripción de los transectos lineales y conteo total se encuentran en la Tabla 6-50.

Tabla 6-50. Ubicación de puntos de aves evaluados en época seca (mayo 2018)

Ecosistema frágil	Puntos de evaluación	Fecha	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 19 L (Inicio)		Altitud Inicio (m s.n.m.)	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 19 L (Fin)		Altitud Fin (m s.n.m.)	Método de evaluación	Descripción
			Este (m)	Norte (m)		Este (m)	Norte (m)			
Microcuenca Supayhuasi										
EF 3	AV 20	21/05/2018	315821	8448750	4930	316250	8449012	4962	T	Césped de puna conservado, con presencia de pequeñas rocas y piedras a los alrededores
EF 3	AV 21	21/05/2018	316316	8449088	4968	315819	8449221	4988	T	
EF 3	AV 22	22/05/2018	316154	8448632	4972	316407	8449083	5008	T	
EF 3	AV 23	22/05/2018	315981	8449091	4983	315661	8448692	4961	T	Roquedal con geografía accidentada, presencia de poca vegetación a los bordes y con pendiente elevada
EF 4	AV 06	19/05/2018	315983	8448408	4835	316477	8447939	4830	T	Bofedal impactado, de pendiente leve con bordes rocosos y piedras a los bordes
EF 4	AV 07	19/05/2018	316201	8447872	4827	316584	8447523	4812	T	
EF 4	AV 08	19/05/2018	316648	8447498	4809	316852	8447505	4798	T	
EF 4	AV 09	19/05/2018	316 412	8447225	4845	315948	8447419	4884	T	Césped de puna conservado, con presencia de pequeñas rocas y piedras a los alrededores
Microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa										
EF 6	AV 27	23/05/2018	321099	8452828	4445	321071	8452525	4440	T	Bofedal impactado, con poca pendiente, con presencia de cuerpos de agua, bordes de roquedal, césped de puna y suelos crioturbados
EF 6	AV 28	23/05/2018	321030	8452290	4442	320983	8451768	4444	T	
EF 6	AV 29	23/05/2018	321010	8451683	4447	320987	8451157	4456	T	
EF 6	AV 30	23/05/2018	320977	8451091	4459	320939	8450588	4466	T	
EF 6	AV 31	23/05/2018	320952	8450525	4467	320896	8450038	4473	T	
EF 6	AV 32	23/05/2018	320817	8449996	4478	320318	8449800	4495	T	
EF 6	AV 33	23/05/2018	320262	8449754	4497	319823	8449449	4510	T	
EF 6	AV 34	23/05/2018	319756	8449423	4512	319496	8449238	4520	T	

Ecosistema frágil	Puntos de evaluación	Fecha	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 19 L (Inicio)		Altitud Inicio (m s.n.m.)	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 19 L (Fin)		Altitud Fin (m s.n.m.)	Método de evaluación	Descripción
			Este (m)	Norte (m)		Este (m)	Norte (m)			
EF 6	AV 35	23/05/2018	319398	8449335	4546	319810	8449644	4539	T	Césped de puna impactado, de pendiente alta, ubicado en la ladera de cerro, con presencia de pequeños cuerpos de agua.
EF 6	AV 36	23/05/2018	319912	8449663	4534	320078	8450143	4580	T	
EF 6	AV 37	23/05/2018	321190	8450416	4242	321309	8450915	4259	T	Roquedal de pendiente alta y con presencia de poca vegetación
EF 6	AV 38	23/05/2018	321329	8450471	4264	321355	8451477	4300	T	Césped de puna impactado, ubicado en la ladera de cerro, con pendiente alta, ubicado cerca de la carretera
Microcuenca Imaginamayu										
EF 1	AV 01	18/05/2018	319073	8455635	4562	319542	8455672	4473	T	Césped de puna conservado, con presencia de pequeñas rocas y piedras a los alrededores
EF 1	AV 02	18/05/2018	319703	8455646	4481	320148	8455858	4407	T	
EF 1	AV 03	18/05/2018	320224	8455737	4388	320685	8455949	4400	T	
EF 1	Laguna	18/05/2018	321022	8455691	4394	-	-	-	CT	Laguna altoandina con presencia de césped de puna a los alrededores
EF 1	AV 04	18/05/2018	320582	8454920	4425	320604	8455535	4407	T	Bofedal impactado, de pendiente leve con bordes rocoso y piedras a los bordes
EF 1	AV 05	18/05/2018	320605	8455635	4402	320669	8456150	4360	T	
EF 2	AV 10	20/05/2018	316899	8449394	5 080	317387	8449582	5046	T	Bofedal conservado, con pendiente moderada. Presencia de roquedales y césped de puna en los alrededores. En la zona se registró pequeños cuerpos de agua
EF 2	AV 11	20/05/2018	317444	8449629	5041	317707	8449945	5003	T	
EF 2	AV 12	20/05/2018	317867	8449995	4994	318158	8450036	4965	T	
EF 2	AV 13	20/05/2018	318123	8449814	5041	317650	8449624	5076	T	Roquedal de pendiente elevada, con nula presencia de vegetación y de geografía accidentada

Ecosistema frágil	Puntos de evaluación	Fecha	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 19 L (Inicio)		Altitud Inicio (m s.n.m.)	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 19 L (Fin)		Altitud Fin (m s.n.m.)	Método de evaluación	Descripción
			Este (m)	Norte (m)		Este (m)	Norte (m)			
EF 2	AV 14	20/05/2018	317628	8449576	5099	317445	8449148	5104	T	Suelos crioturbados con presencia de pocas rocas y piedras. De pendiente elevada, con presencia de un pequeño cuerpo de agua
EF 2	AV 15	20/05/2018	317411	8449099	5107	317023	8449350	5100	T	Bofedal conservado, con presencia de pequeños cuerpos de agua
EF 2	AV 16	21/05/2018	316705	8449468	5035	316323	8449809	5017	T	Suelos crioturbados de pendiente leve
EF 2	AV 17	21/05/2018	316582	8449953	5007	316464	8450293	4946	T	Roquedal con presencia de poca vegetación y de pendiente elevada
EF 2	AV 18	21/05/2018	316389	8450216	4954	316601	8449801	5011	T	Bofedal conservado de pendiente leve, con pequeños cuerpos de agua a lo largo de su extensión
EF 2	AV 19	21/05/2018	316674	8449766	5018	316979	8449481	5031	T	
Microcuenca Quelcaya										
EF 5	AV 24	22/05/2018	315292	8446035	5003	314878	8446340	4953	T	Bofedal impactado, de pendiente leve, con presencia de rocas y piedras a los bordes
EF 5	AV 25	22/05/2018	315308	8448527	5039	314791	8445900	5055	T	Césped de puna impactado, ubicado en una pendiente moderada, con presencia de rocas de diferentes tamaños
EF 5	AV 26	22/05/2018	314987	8446488	4969	315416	8446217	5053	T	Suelos crioturbados, de pendiente elevada, con bordes rocosos y piedras de pequeño tamaño y de geografía accidentada

T: transecto lineal, CT: conteo total

6.10.2.3. Mamíferos

Para la evaluación de mamíferos se realizaron 12 transectos de evaluación y se instalaron 10 cámaras trampa, cuya ubicación y descripción de los mismos se muestran en las Tablas 6-51 y 6-52 respectivamente.

Tabla 6-51. Ubicación de transectos de evaluación de mamíferos en época seca (mayo 2018)

Ecosistema frágil	Puntos de evaluación	Fecha	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 19 L (Inicio)		Altitud Inicio (m s.n.m.)	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 19 L (Fin)		Altitud Fin (m s.n.m.)	Descripción
			Este (m)	Norte (m)		Este (m)	Norte (m)		
Microcuenca Supayhuasi									
EF 3	CoMaIn-5	20/05/2018	315666	8448483	4940	315945	8449085	4993	Césped de puna, asociado a formación de roquedal y pajonal
EF 4	CoMaIn-4	20/05/2018	317230	8447248	4618	316936	8446889	4936	Roquedal, asociado a vegetación de pajonal
Microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa									
EF 6	CoMaIn-11	23/05/2018	0321465	8449978	4563	0321565	8450967	4566	Roquedal, asociado a vegetación de pajonal, parte alta de la comunidad campesina Chacaconiza
EF 6	CoMaIn-12	23/05/2018	0321540	8451402	4539	0321344	8452568	4430	Ladera de roquedal cercano al bofedal aledaño a la comunidad campesina de Chacaconiza
Microcuenca Imaginamayu									
EF 1	CoMaIn-1	18/05/2018	0319335	8455456	4537	0319618	8455124	4477	Roquedal, asociado a vegetación de pajonal
EF 1	CoMaIn-2	20/05/2018	0319896	8455292	4380	0320521	8455504	4420	Roquedal, asociado a vegetación de pajonal en pendiente
EF 1	CoMaIn-3	20/05/2018	0320764	8454204	4514	0320398	8454738	4453	Roquedal, asociado a vegetación de pajonal a unos 100 metros de distancia de bofedal en dirección norte desde el punto

Ecosistema frágil	Puntos de evaluación	Fecha	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 19 L (Inicio)		Altitud Inicio (m s.n.m.)	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 19 L (Fin)		Altitud Fin (m s.n.m.)	Descripción
			Este (m)	Norte (m)		Este (m)	Norte (m)		
EF 2	CoMaIn-6	20/05/2018	0316914	8449254	4962	0317806	8448891	5075	Roquedal, asociado a suelo arenoso con pendiente pronunciada
EF 2	CoMaIn-7	21/05/2018	0317447	8449453	5078	0318171	8450001	4973	Roquedal, asociado a suelo arenoso
EF 2	CoMaIn-8	21/05/2018	0317958	8450161	4996	0317030	8449650	5087	Roquedal, asociado a vegetación de pajonal
Microcuenca Quelcaya									
EF 5	CoMaIn-9	22/05/2018	0315216	8445775	5050	0314327	8446010	4939	Roquedal, asociado a vegetación de pajonal
EF 5	CoMaIn-10	22/05/2018	0313968	8446394	4899	0315329	8446064	5002	Roquedal, asociado a vegetación de pajonal

Tabla 6-52. Ubicación de cámaras trampa evaluados en época seca (mayo 2018)

Ecosistema frágil	Puntos de evaluación	Fecha	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 19 L		Altitud (m s.n.m.)	Descripción
			Este (m)	Norte (m)		
Microcuenca Supayhuasi						
EF 3	CoMaCT-4	22/05/2018	315796	8448996	5019	Formación de roquedal parte alta del bofedal del sector Minaspata
EF 4	CoMaCT-3	20/05/2018	317111	8447009	4971	Formación roquedal en aparente corredor de vicuñas
Microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa						
EF 6	CoMaCT-8	23/05/2018	321567	8451171	4564	Formación roquedal, en de la parte este del bofedal de Chacaconiza
EF 6	CoMaCT-9	23/05/2018	321551	8450293	4653	Formación roquedal, en ladera entre depresiones de la parte este del bofedal de Chacaconiza
EF 6	CoMaCT-10	23/05/2018	321342	8452665	4424	Formación roquedal, en ladera cercano a carretera de acceso a la comunidad campesina de Chacaconiza
Microcuenca Imaginamayu						
EF 1	CoMaCT-1	19/05/2018	320472	8454192	4513	Formación roquedal asociado a pajonal con una pendiente leve del terreno
EF 1	CoMaCT-7	23/05/2018	320223	8455085	4478	Formación de roquedal asociado a pajonal
EF 2	CoMaCT-2	21/05/2018	317780	8450196	5008	Formación de roquedal, asociado a suelo con escasa vegetación
EF 2	CoMaCT-5	21/05/2018	317618	8449011	5096	Formación roquedal, cercano a cerco perimétrico ubicado entre roquedal
Microcuenca Quelcaya						
EF 5	CoMaCT-6	22/05/2018	315051	8445648	5112	Formación de roquedal y terreno arenoso en la parte alta de cerro

6.10.3. Parámetros de análisis

Los parámetros que se evaluarán en las comunidades de fauna silvestre (anfibios, reptiles, aves y mamíferos) serán: composición taxonómica, riqueza de especies, abundancia (número de individuos), diversidad alfa y diversidad beta. Estos parámetros se obtendrán de una evaluación cuantitativa y cualitativa (Tabla 6-53).

Tabla 6-53. Parámetros analizados en la evaluación de los grupos taxonómicos de fauna silvestre - 2018

Parámetros		Grupo de fauna silvestre		
		Anfibios y reptiles	Aves	Mamíferos
Composición de especies		x	x	x
Riqueza de especies		x	x	x
Abundancia		x	x	x
Índices de diversidad	Índice de Shannon-Wiener (H')	x	x	x
	Índice de Simpson (1-D)	x	x	x
	Índice de Equidad de Pielou (J')	x	x	
	Índice de Morisita	x	x	
	Índice de Jaccard			x
Curva de acumulación de especies		x	x	x
Análisis multivariado	Escalamiento multidimensional no métrico (NMDS)	x		
	Análisis de componentes principales (PCA)	x		

6.10.4. Equipos utilizados

Antes de salir a campo, se verificaron y ajustaron los equipos. Los registros de verificación y los certificados de calibración del equipo de la evaluación de fauna silvestre, se muestra en los reportes de campo el Anexo A.

Tabla 6-54. Equipos utilizados para la evaluación de fauna silvestre en época seca (mayo 2018)

N.°	Equipo	Marca	Modelo	Serie
1	Multiparámetro portátil digital	HACH	HQ40D	150500000066
2				150500000299
3	Equipo de posicionamiento GPS	Garmin	Montana 680	4HU005169
4				4HU005183
5			Oregon 650	30D046674
6				30D058635
7				30D048604
8	Cámara trampa	Bushnell	119877	B170305061
9	Cámara trampa	Bushnell	119877	B170316431
10	Cámara trampa	Bushnell	119877	B170304202
11	Cámara trampa	Bushnell	119877	B170315541
12	Cámara trampa	Bushnell	119877	B170305100
13	Cámara trampa	Bushnell	119877	B170315487
14	Cámara trampa	Bushnell	119877	B170303244
15	Cámara trampa	Bushnell	119877	B170314141
16	Cámara trampa	Bushnell	119877	B170316214
17	Cámara trampa	Bushnell	119877	B170316410
18	Cámara trampa	Bushnell	119877	B170303430

Una mayor descripción de los equipos listados y aquellos que no se describen, en la tabla anterior, se detalla en el reporte de campo N.° 043-2018-STEC (Anexo 3).

6.10.5. Procesamiento de datos

La información obtenida de los muestreos de campo será analizada posteriormente de acuerdo con los métodos cuantitativos y cualitativos usados para las evaluaciones ecológicas. Para la fauna silvestre se realizarán los siguientes cálculos:

Para el análisis de datos obtenidos en la evaluación de la componente fauna silvestre, se aplicó las siguientes variables:

6.10.5.1. Composición, riqueza y abundancia

Se realizará la clasificación taxonómica por cada grupo evaluado de fauna silvestre (anfibios, reptiles, aves y mamíferos) siguiendo orden taxonómico (orden, familia y especie).

Para la determinación taxonómica de las especies de anfibios y reptiles registrados y/o colectados durante las evaluaciones, se utilizarán claves taxonómicas especializadas (Peters y Donoso-Barros 1979, Rodríguez et al. 1993), descripciones científicas, bases de datos internacionales, así como colecciones científicas de referencia (Colección de Herpetología del Museo de Historia Natural de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco).

En el caso de aves, el listado de las aves seguirá la clasificación taxonómica de la lista de aves de Perú (Plenge, 2017). Para la caracterización de las aves se presentará la riqueza de especies por hábitats evaluado en el área de estudio.

Riqueza específica (S): Es la forma más sencilla de medir la biodiversidad, ya que se basa únicamente en el número de especies presentes, sin tomar en cuenta el valor de importancia de las mismas (Moreno, 2001).

En los resultados se presentará la riqueza total de especies por grupo de fauna silvestre evaluado.

En el caso de los mamíferos mayores, la evaluación por transecto también permite estimar su abundancia (Peres, 1999); para lo cual se emplearon los índices de ocurrencia (IO) y abundancia (IA) de especies de Boddicker (Boddicker *et al.*, 2002).

La abundancia es la suma total de los individuos de una especie o especies obtenida mediante un muestreo (Bibby *et al.* 1998). Esta abundancia junto con la riqueza de especies obtenida de la evaluación cuantitativa se utilizará para el cálculo de los índices de diversidad alfa y beta.

Para el cálculo de las especies potencialmente presentes en el área de estudio se utilizó la curva de acumulación de especies de Clench. La ecuación de Clench está recomendada para estudios en sitios de área extensa y para protocolos en los que, cuanto más tiempo se pasa en el campo (es decir, cuanta más experiencia se gana con el método de muestreo y con el grupo taxonómico), mayor es la probabilidad de añadir nuevas especies al inventario (Soberón y Llorente, 1993). Su expresión matemática es:

$$Sn = a \cdot n/(1+b \cdot n) \qquad (6.16)$$

Donde:

a: tasa de incremento de nuevas especies al comienzo del inventario
b: parámetro relacionado con la forma de la curva
n: unidades de fuerza de muestreo

Respecto a la evaluación de anfibios y reptiles, para determinar la eficiencia del inventario de especies se calculó la cobertura de muestreo para el área de estudio (Chao y Jost, 2012). Se utilizó el enfoque de rarefacción/extrapolación basado en el número de muestras (datos de incidencia) para estimar la tasa de aumento de la riqueza de especies en base al número de búsquedas por encuentros visuales evaluados (VES). Se construyeron las curvas de acumulación, mediante una técnica de remplazamiento con un Bootstrap de 100 repeticiones, para calcular los intervalos de confianza en el programa iNEXT (Hsieh *et ál.*, 2013).

6.10.5.2. Diversidad alfa

Se usarán índices de diversidad alfa como el Índice de Shannon-Wiener y el índice de Simpson.

El *índice de Shannon-Wiener*, expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra. Mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a que especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección (Magurran, 1988; Peet, 1974; Baev & Penev, 1995, citados en Moreno, 2001). Asume que los individuos son seleccionados al azar y que están representadas en la muestra. Adquiere valores entre cero, cuando hay una sola especie, y el logaritmo de S, cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos (Magurran, 1988 citado en Moreno, 2001). Su fórmula es:

$$H' = -\sum p_i ln p_i \qquad (6.17)$$

Donde:

H': índice de diversidad de la muestra
pi: Proporción del total de la muestra que corresponde a la especie *i*

El valor de H' se encuentra acotado entre 0 y ln(S), donde «S» es el número total de especies. Tiende a cero en comunidades poco diversas y es igual al logaritmo de la riqueza específica (o H'max.) en comunidades de máxima equitatividad.

El *índice de diversidad de Simpson*, manifiesta la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean la misma especie. Está fuertemente influido por la importancia de las especies más dominantes (Magurran, 1988; Peet, 1974 citados en Moreno, 2001). Como su valor es inverso a la equidad, la diversidad puede calcularse mediante la fórmula:

$$D = 1 - \sum pi^2 \qquad (6.18)$$

Donde:

pi: abundancia proporcional de la especie *i*, es decir, el número de individuos de la especie *i* dividido entre el número total de individuos de la muestra.

6.10.5.3. Diversidad beta

Para la evaluación de la diversidad beta, se usará un índice de similitud, para este análisis se empleará el índice de Morisita (cuantitativo, basado en abundancias) se calculará mediante el programa estadístico Past (Hammer *et al.*, 2001). Este índice de similaridad son ampliamente empleado y recomendado para inventarios biológicos (Moreno, 2001). El índice de Morisita estima similitudes basado en las abundancias registradas por especies (Krebs, 1999) en los hábitats evaluados.

El *índice de Morisita*, expresa cuan semejantes son dos muestras en base a la abundancia proporcional de cada especie en dichas muestras (Magurran, 1988; Krebs, 1989; Moreno, 2001). Este índice está definido por:

$$Morisita_{jk} = \frac{2\sum_{i=1}^{s}(x_{ij}x_{ik})}{(\lambda_1+\lambda_2)\sum_{i=1}^{s}x_{ij}\sum_{i=1}^{s}x_{ik}} \quad (6.19)$$

Donde:

X_{ij}, X_{ik}: Número individuos de la especie i en las muestras j y k
N_j: $\sum X_{ij}$: Total de individuos en la muestra j
N_k: $\sum X_{ik}$: Total de individuos en la muestra k

Para facilitar el análisis de los valores de similitud de manera visual, se procederá a la elaboración de dendrogramas mediante la unión de pares promedio (Sokal y Michener, 1958; Crisci y López, 1983) utilizando el programa estadístico PAST (Hammer *et al.*, 2001).

El índice de Jaccard, se usó para determinar las similitudes entre los tipos de bosques entre una y otra unidad de muestreo se utilizó el Índice de Jaccard (Moreno, 2001), donde los valores que se aproximan a 1 indican mayor similitud entre las comunidades de mamíferos comparadas. La fórmula es el siguiente:

$$Ij = a/a+b+c \quad (6.20)$$

Donde:

a: Número de especies en ambas comunidades o muestras (compartidas)
b: Número de especies en la comunidad «b» pero no en la «a»
c: Número de especies en la comunidad «a» pero no en la «b»

6.10.5.4. Análisis multivariado

Para visualizar la estructura de la comunidad de especies de anfibios y reptiles, ponderados por su abundancia en función del tipo de hábitat, se realizó un análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS). Este análisis se llevó a cabo en base a la distancia de Bray Curtis con 1000 permutaciones en el paquete Vegan para R (Oksanen et al., 2017)

Para caracterizar los transectos evaluados, de la comunidad de anfibios y reptiles, se calculó el promedio de los valores medidos, en el punto de inicio y punto de fin, para cada uno de los parámetros ambientales: pH, conductividad eléctrica (µS/cm), temperatura (°C), oxígeno disuelto (mg/L) y altitud (m s.n.m.). Luego, se realizó el análisis de componentes principales (PCA) con el objetivo de simplificar el total de parámetros obtenidos durante las evaluaciones y visualizar la relación de los

transectos en relación a las variables asociadas a los ejes del PCA que mayor porcentaje de variación explicaron. Este análisis se realizó en el programa estadístico PAST V. 3.0.

6.10.5.5. Determinación de especies endémicas y amenazadas de fauna silvestre

En cuanto a los anfibios y reptiles, las especies endémicas se determinarán mediante la revisión de bibliografía especializada como las descripciones originales de las especies o aquellas que indiquen la ampliación de rango. Adicionalmente se consultarán bases de datos en línea como «Reptile Database» (Uetz y Hošek, 2017), «Amphibian species of the world» (Frost, 2017), Amphibiaweb (2018) y la página de la Lista Roja de especies amenazadas de la UICN (2017).

Para aves, las especies endémicas y migratorias de Perú se determinaron según Schulenberg *et al.* (2010) y Plenge (2017), las especies endémicas de los biomas se determinaron según Stolz *et al.* (1996) y las especies endémicas según el *Endemic Bird Area*[29] (por sus siglas en inglés, EBA) se determinaron de acuerdo a la lista de los EBA de la BirdLife Internacional.

Las especies endémicas de mamíferos se determinan utilizando la publicación de Pacheco *et ál.* (2009) sobre diversidad y endemismo de los mamíferos del Perú.

Para determinar las especies amenazadas de fauna silvestre (anfibios y reptiles, aves, y mamíferos) obtenidas en la presente EAT, se contrastará con la lista de clasificación y categorización de las especies amenazadas de fauna silvestre legalmente protegidas, aprobado según Decreto Supremo N.° 004-2014-MINAGRI, y con la clasificación internacional según UICN (2017). Asimismo, se listará las especies incluidas en los apéndices de la Cites (2017) y las especies incluidas en los apéndices de la *Convention on the Conservation of Migratory Species of Wild Animals*[30] (por sus siglas en inglés, CMS) (2015).

7. RESULTADOS

En este capítulo se analiza los resultados obtenidos durante la EAT en el área de influencia del proyecto minero Corani de Bear Creek Mining S.A.C., de las matrices evaluadas: agua superficial (ríos, quebradas, lagunas, bofedales[31] y manantiales), agua subterránea, efluente, sedimentos, aire; además de estudios especializados como nivel de fondo, comunidades hidrobiológicas, evaluación hidroquímica, caracterización geológica, geoquímica de roca, flora y fauna silvestre. Cabe precisar, que la presente evaluación contempla los resultados obtenidos durante el 2017 y 2018, dentro del área de influencia del proyecto minero Corani; sin embargo, los resultados obtenidos solo durante el 2017, fuera del área de influencia, se encuentran detallados en el informe N.° 092-2017-OEFA/DE-SDCA-CMVA (Anexo 6).

Los resultados son presentados en tres partes, la primera parte corresponde a la comparación con las normas ambientales aprobados en el IGA[32] de Bear Creek Mining S.A.C., la segunda parte corresponde a la comparación con normas vigentes o referencias internacionales, y la tercera a estudios especializados considerados en la EAT presente, los cuales son presentados a continuación.

---

29 Traducido al español como área de aves endémicas.
30 Traducido al español como Convención sobre la conservación de las especies migratorias de animales silvestres.
31 Para el presente informe, se está considerando a los bofedales como ambiente lótico, ya que la toma de muestras se ha realizado en la descarga de agua de los mismos.
32 Segundo Informe Técnico Sustentatorio del proyecto Corani, aprobado mediante Resolución Directoral N.° 340-2017-SENACE/DCA, con fecha 02 de noviembre de 2017.

Con la finalidad de tener una mejor interpretación de los resultados obtenidos de la presente evaluación, los resultados son presentados en cuatro zonas (Figura 7-1), las cuales se describen a continuación:

Microcuenca Supayhuasi (zona I): Está delimitado por los bofedales en la naciente de la quebrada Minaspata y por las quebradas sin nombre, Sala Sala, Intisayana, Piruacarca, Minaspata, Pinchalli y Supayhuasi hasta antes de la comunidad campesina de Chacaconiza.

Microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa (zona II): Está delimitado por la quebrada Collpamayo y proyectada hasta el río Jarapampa aguas abajo de la afluencia de la quebrada Imaginamayo, durante el recorrido de la quebrada Collpamayo y después de la confluencia con la quebrada Suapayhuasi forma el río Chacaconiza, el cual después de la intercesión con la quebrada Imaginamayu recibe el nombre de río Jarapampa.

Microcuenca Imaginamayu (zona III): Está delimitado por las quebradas Imaginamayu, Pausicucho y la laguna Chullumpicocha, además de bofedales Negromina, Sornahuiña y sin nombre.

Microcuenca Quelcaya (zona IV): Está delimitado por las quebradas sin nombre, Simiaje, Quellopujio, Maijo Aje, Chaupitera, Misachancara, Sallapata y Sititoco, el río Quelcaya y bofedales sin nombre.

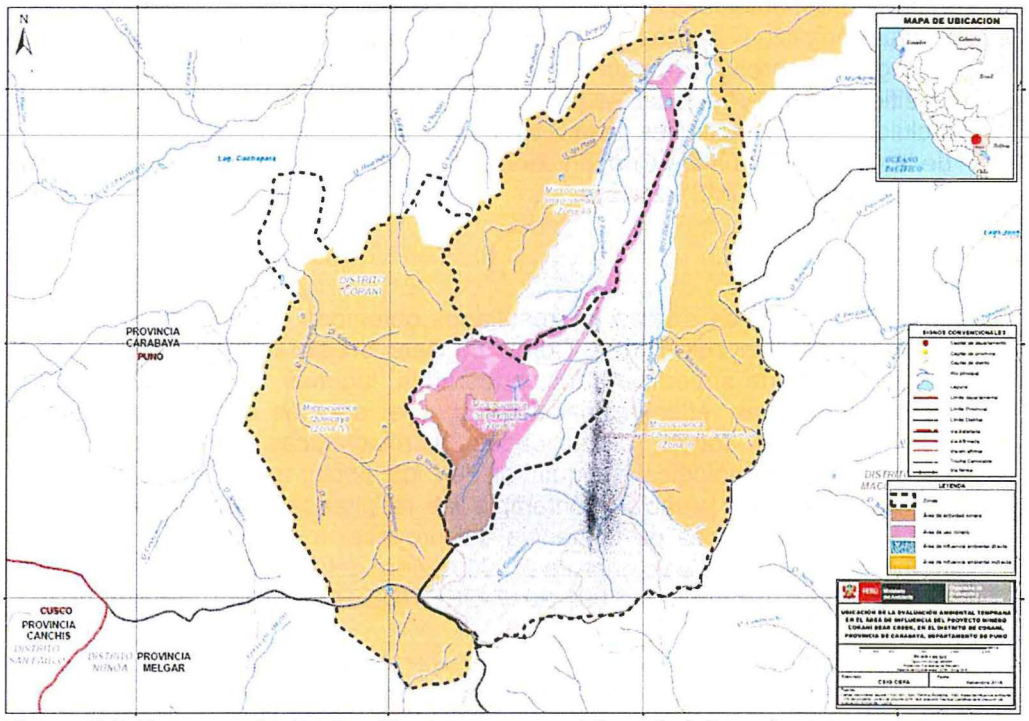

Figura 7-1. Esquema de distribución de zonas en el área de influencia del proyecto minero Corani de Bear Creek Mining S.A.C.

7.1. Comparación con la norma vigente

7.1.1. Calidad de agua superficial

De acuerdo al segundo informe técnico sustentatorio del proyecto Corani, aprobado mediante Resolución Directoral N.° 340-2017-SENACE/DCA, los resultados de calidad de agua superficial fueron comparados con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua categorías 3 y 4, aprobados mediante Decreto Supremo N.° 004-2017-MINAM (en adelante, ECA para agua Cat3 y Cat4): *categoría 3 (riego de vegetales y bebida de animales)*, se consideró la subcategoría D1 (riego de vegetales) agua para riego no restringido y subcategoría D2 (bebida de animales), y *categoría 4 (conservación del ambiente acuático)*, se consideró la subcategoría E2 (ríos de la costa y sierra).

Los resultados se exponen mediante representaciones gráficas, de aquellos parámetros evaluados que excedieron los ECA para agua Cat3 o Cat4. En el Anexo 2 se encuentra el detalle de los resultados de calidad de agua superficial de los parámetros evaluados, comparados con los estándares referidos.

Microcuenca Supayhuasi (zona I)

La microcuenca Supayhusi en febrero 2018 (en adelante, época húmeda), comprendió 28 puntos de muestreo de agua superficial, de los cuales 5 se ubicaron en bofedales y 23 en quebradas; y, en julio 2017 (en adelante, época seca) de los 12 puntos de muestreo, 1 se ubicó en bofedales y 11 en quebradas. En la Tabla 7-1 se muestra el resumen de los parámetros que excedieron los valores de los ECA para agua Cat3 o Cat4.

Tabla 7-1. Resultados de calidad de agua superficial que excedieron los ECA para agua en la microcuenca Supayhasi

Punto de muestreo	Julio 2017 (época seca)			Febrero 2018 (época húmeda)		
	Decreto Supremo N.° 004-2017-MINAM					
	Categoría 3		Categoría 4	Categoría 3		Categoría 4
	Riego de vegetales	Bebida de animales	Ríos de costa y sierra	Riego de vegetales	Bebida de animales	Ríos de costa y sierra
Cor-bof13A	NE	NE	NE	pH	pH	pH Fósforo
BMina2	Oxígeno disuelto Manganeso	Oxígeno disuelto Manganeso	Oxígeno disuelto Fósforo	pH	pH	pH Fósforo
Cor-bof26	NE	NE	NE	pH	pH	pH
Cor-bof28	NE	NE	NE	pH	pH	pH Fósforo
Cor-bof27	NE	NE	NE	pH	pH	pH Fósforo
Cor-bof19	NE	NE	NE	pH Conductividad eléctrica Arsénico Cadmio Cobalto Cobre Hierro Manganeso Plomo Zinc	pH Arsénico Cadmio Cobre Manganeso Plomo Zinc	pH Conductividad eléctrica Arsénico Cobre Mercurio Níquel Fósforo Plomo Talio Zinc Cadmio disuelto

Punto de muestreo	Julio 2017 (época seca)			Febrero 2018 (época húmeda)		
	Decreto Supremo N.° 004-2017-MINAM					
	Categoría 3		Categoría 4	Categoría 3		Categoría 4
	Riego de vegetales	Bebida de animales	Ríos de costa y sierra	Riego de vegetales	Bebida de animales	Ríos de costa y sierra
QMina3	---	pH	Mercurio	pH	pH	pH Fósforo
QMina4	pH	pH	Fósforo Plomo Zinc	pH	pH	pH Fósforo
QSN1A	NE	NE	NE	pH Hierro Manganeso	pH Manganeso	pH Plomo Cadmio disuelto
QSN1B	NE	NE	NE	pH	pH	pH Plomo Cadmio disuelto
QSN1	pH Bario Hierro Manganeso	pH Manganeso	pH Bario Plomo Zinc Cadmio disuelto	pH Bario Plomo	pH Plomo	pH Bario Fósforo Plomo Zinc Cadmio disuelto
QSN2	pH Aluminio Cadmio Cobre Manganeso Plomo Zinc	pH Aluminio Cadmio Cobre Manganeso Plomo	pH Cobre Plomo Talio Zinc Cadmio disuelto	pH Arsénico Bario Cadmio Cobre Hierro Manganeso Plomo Zinc	pH Manganeso Plomo	pH Bario Cobre Plomo Talio Zinc Cadmio disuelto
QSala1	NE	NE	NE	pH Cadmio Plomo	pH Plomo	pH Cobre Plomo Talio Zinc Cadmio disuelto
QSala2	NE	NE	NE	pH Arsénico Cadmio Hierro Manganeso Plomo Zinc	pH Arsénico Manganeso Plomo	pH Arsénico Cobre Plomo Talio Zinc Cadmio disuelto
QMina1	pH Cadmio Hierro Manganeso Plomo Zinc	pH Manganeso Plomo	pH Plomo Talio Zinc Cadmio disuelto	pH Arsénico Bario Cadmio Cobre Hierro Manganeso Plomo Zinc	pH Arsénico Manganeso Plomo	pH Sólidos totales suspendidos Arsénico Bario Cobre Mercurio Fósforo Plomo Talio Zinc Cadmio disuelto
QPiru2	NE	NE	NE	pH Plomo	pH Plomo	pH Plomo Cadmio disuelto

Punto de muestreo	Julio 2017 (época seca)			Febrero 2018 (época húmeda)		
	Decreto Supremo N.° 004-2017-MINAM					
	Categoría 3		Categoría 4	Categoría 3		Categoría 4
	Riego de vegetales	Bebida de animales	Ríos de costa y sierra	Riego de vegetales	Bebida de animales	Ríos de costa y sierra
QPiru1	pH Cadmio Manganeso Plomo	pH Manganeso Plomo	pH Plomo Zinc Cadmio disuelto	pH Bario Hierro Manganeso Plomo	pH Manganeso Plomo	pH Sólidos totales suspendidos Bario Fósforo Plomo Talio Zinc Cadmio disuelto
QMina2	pH Aluminio Cadmio Cobre Hierro Manganeso Plomo Zinc	pH Aluminio Cadmio Manganeso Plomo	pH Cobre Plomo Talio Zinc Cadmio disuelto	pH Aluminio Arsénico Bario Cadmio Cobre Hierro Manganeso Plomo Zinc	pH Aluminio Arsénico Manganeso Plomo	pH Sólidos totales suspendidos Arsénico Bario Cobre Mercurio Fósforo Plomo Talio Zinc Cadmio disuelto
QInti4	NE	NE	NE	pH	pH	pH Fósforo
QInti2	NE	NE	NE	---	---	Fósforo
QInti3	NE	NE	NE	---	---	Fósforo Cadmio disuelto
QInti1A	NE	NE	NE	pH	pH	pH Fósforo
QInti1	---	---	Mercurio	---	---	Fósforo
QPinc1	NE	NE	NE	pH	pH	pH Plomo
QPinc2	NE	NE	N	pH	pH	pH Fósforo Plomo
QSant1	NE	NE	NR	pH	pH	pH Fósforo
QSupa2	pH Aluminio Cadmio Manganeso Plomo Zinc	pH Aluminio Cadmio Manganeso Plomo	pH Cobre Mercurio Plomo Talio Zinc Cadmio disuelto	pH Cadmio Hierro Manganeso Plomo Zinc	pH Manganeso Plomo	pH Sólidos totales suspendidos Fósforo Plomo Talio Zinc Cadmio disuelto
QEsca1	---	pH	Mercurio Fósforo	---	---	Fósforo
QSupa3	pH Cadmio Manganeso Plomo Zinc	pH Manganeso Plomo	pH Fósforo Plomo Zinc Cadmio disuelto	pH Cadmio Manganeso Plomo	pH Manganeso Plomo	pH Fósforo Plomo Talio Zinc Cadmio disuelto

NE: no evaluado
---: no excede los ECA para agua Cat3:D1 y D2 o Cat4:E2

En la Figura 7-2, los valores de pH en los puntos ubicados en la microcuenca Supayhuasi, varían entre 3,16 y 8,57 en época seca; y, entre 2,88 y 7,1 en época húmeda. Los valores de pH en los puntos de muestreo ubicados en bofedales (época húmeda), se registraron por debajo del rango establecido en los ECA para agua Cat3 o Cat4, presentando características ácidas que incumplieron con la norma en mención.

De la evaluación en época húmeda, en los puntos QMina3, QMina4, QSN1A, QSN1B QSN1, QSN2, QSala1, QSala2, QMina1, QPiru2, QPiru1, QMina2, QInti4, QInti1A, QPinc1, QPinc2, QSant1, QSupa2 y QSupa3 se reportaron valores de pH por debajo del rango establecido en los ECA para agua Cat3 o Cat4, presentando características ácidas que incumplieron con la normativa antes mencionada (Figura 7-2).

En tanto que, en la evaluación en época seca, en los puntos QMina3 y QMina4 se consignaron valores de pH por encima del rango establecido en los ECA para agua Cat3:D2 (8,4), y solo el punto QMina4 se encontró por encima del rango establecido en los ECA para agua Cat3:D1 (8,5); los cuales presentaron características básicas que incumplieron con la norma antes señalada (Figura 7-2).

En la Figura 7-3, solo la concentración de arsénico total, en época húmeda, registrada en los puntos de las quebradas QSala2, QMina1, QMina2 y en el punto del bofedal Cor-bof19, excedieron el valor establecido en los ECA para agua Cat3:D1 y D2, y Cat4:E2; y, en el punto de la quebrada QSN2 se excedió el valor establecido en los ECA para agua Cat3:D1.

La concentración de bario total, en época húmeda, en los puntos de las quebradas QSN1, QSN2, QMina1, QPiru1 y QMina2 excedieron el valor establecido en los ECA para agua Cat3:D1 y Cat4:E2; y, en época seca, en el punto de la quebrada QSN1 se excedió el valor establecido en los ECA para agua Cat3:D1 y Cat4:E2 (Figura 7-4).

En la Figura 7-5, la concentración de cobre total en época húmeda, en los puntos de las quebradas QSN2, QSala1, QSala2, QMina1 y QMina2, y en el bofedal Cor-bof19 excedieron el valor establecido en los ECA para agua Cat4:E2; mientras que, el bofedal Cor-bof19 excedió el valor establecido en los ECA para agua Cat3:D1 y D2, y el punto QSN2 excedió el valor establecido en los ECA para agua Cat3:D1. Por otro lado, en época seca, los puntos de las quebradas QSN2, QMina2 y QSupa2, excedieron el valor establecido en los ECA para agua Cat4:E2; además, el punto QSN2 excedió el valor establecido en los ECA para agua Cat3:D1 y D2, y QMina2, excedió el valor establecido en los ECA para agua Cat4:D1.

De la evaluación en época húmeda, en los puntos QMina1 y QMina2, y en el bofedal Cor-bor19 se reportaron concentraciones de mercurio total que excedieron el valor establecido en los ECA para agua Cat4:E2. Asimismo, en época seca, los puntos de las quebradas QMina3, QInti1, QSupa2 y QEsca1 excedieron el valor establecido en los ECA para agua Cat4:E2 (Figura 7-6).

En tanto que, en la evaluación en época húmeda, solo la concentración de níquel total en el punto de bofedal Cor-bof19 excedió el valor establecido en los ECA para agua Cat4:E2 (Figura 7-7).

En la Figura 7-8, la concentración de plomo total en época húmeda, en el punto de bofedal Cor-bof19 y en las quebradas QSN1A, QSN1B, QSN1, QSN2, QSala1, QSala2, QMina1, QPiru2, QPiru1, QMina2, QPinc1, QPinc2, QSupa2 y QSupa3 excedieron el valor establecido en los ECA para agua Cat4:E2; y los puntos en las

quebradas QSN1, QSN2, QSala1, QSala2, QMina1, QPiru2, QPiru1, QMina2, QSupa2 y QSupa3 excedieron el valor establecido en los ECA para agua Cat3:D1 y D2. Asimismo, en época seca, en las quebradas QMina4, QSN1, QSN2, QMina1, QPiru1, QMina2, QSupa2 y QSupa3 excedieron el valor establecido en los ECA para agua Cat4:E2; y los puntos QSN1, QSN2, QSala1, QSala2, QMina1, QPiru2, QPiru1, QMina2, QSupa2 y QSupa3 excedieron el valor establecido en los ECA para agua Cat3: D1 y D2.

Con respecto a la evaluación en época húmeda, la concentración de zinc obtenida en el punto de bofedal Cor-bof19 y en las quebradas QSN2, QSala1, QSala2, QMina1, QPiru1, QMina2, QSupa2 y QSupa3 excedieron el valor establecido en los ECA para agua Cat4:E2; y los puntos de las quebradas QSN2, QSala2, QMina1, QMina2, QSupa2 y el punto de bofedal Cor-bof19 excedieron el valor establecido en los ECA para agua Cat3:D1, y solo el punto de bofedal Cor-bof19 excedió el valor establecido en los ECA para agua Cat3:D2. De igual manera, en época seca, en los puntos de las quebradas QSN2, QMina1, QPiru1, QMina2, QSupa2 y QSupa3 se registraron concentraciones de zinc que excedieron el valor establecido en los ECA para agua Cat4:E2; y los puntos QSN2, QMina1, QMina2, QSupa2 y QSupa3 excedieron el valor establecido en los ECA para agua Cat3:D1 (Figura 7-9).

En tanto que, la evaluación en época húmeda, la concentración de cadmio total registrada en el punto de bofedal Cor-bof19 y en las quebradas QSN2, QSala1, QSala2, QMina1, QMina2, QSupa2 y QSupa3 excedieron el valor establecido en los ECA para agua Cat3:D1; y en el punto de bofedal Cor-bof19 se excedió el valor establecido en los ECA para agua Cat3:D2. Asimismo, en época seca, se reportaron concentraciones de cadmio total en los puntos de las quebradas QSN2, QMina1, QPiru1, QMina2, QSupa2 y QSupa3 que excedieron el valor establecido en los ECA para agua Cat3D1; y los puntos identificados como QSN2, QMina1 y QSupa2, excedieron el valor establecido en los ECA para agua Cat3D2 (Figura 7-10).

La concentración de hierro total, en época húmeda, en el punto de bofedal Cor-bof19 y en las quebradas QSN1A, QSN2, QSala2, QMina1, QPiru1, QMina2 y QSupa2, excedieron el valor establecido en los ECA para agua Cat3:D1. De igual forma, en época seca, los puntos de las quebradas QSN1, QMina1 y QMina2 excedieron el valor establecido en los ECA para agua Cat3:D1 (Figura 7-11).

De la evaluación en época húmeda, la concentración de manganeso total consignada en el punto de bofedal Cor-bof19 y de las quebradas QSN1A, QSN2, QSala2, QMina1, QPiru1, QMina2, QSupa2 y QSupa3 excedieron el valor establecido en los ECA para agua Cat3:D1 y D2. De igual manera, en época seca, se obtuvieron concentraciones de manganeso total en los puntos de las quebradas QSN1, QSN2, QMina1, QPiru1, QMina2, QSupa2 y QSupa3 que excedieron el valor establecido en los ECA para agua Cat3:D1 y D2 (Figura 7-12).

En tanto que, en la evaluación en época húmeda, la concentración de aluminio total en el punto en la quebrada QMina2, excedió el valor establecido en los ECA para agua Cat3:D1 y D2. Mientras que, en época seca, se registraron concentraciones de aluminio total en los puntos de las quebradas QSN2, QMina2 y QSupa2 que excedieron el valor establecido en los ECA para agua Cat3:D1 y D2 (Figura 7-13).

En la Figura 7-14, en época húmeda, solo la concentración de cobalto total reportada en el punto de bofedal Cor-bof19 excedió el valor establecido en los ECA para agua Cat3:D1.

La concentración de talio total registrada, en época húmeda, en el punto de bofedal Cor-bof19 y en las quebradas QSN2, QSala1, QSala2, QMina1, QPiru1, QMina2, QSupa2 y QSupa3 excedieron el valor establecido en los ECA para agua Cat4:E2. En tanto que, en época seca, los puntos de las quebradas QSN2, QMina1, QMina2 y QSupa2 excedieron el valor establecido en los ECA para agua Cat4:E2 (Figura 7-15).

De la evaluación en época húmeda, la concentración de cadmio disuelto reportada en el punto de bofedal Cor-bof19 y en las quebradas QSN1A, QSN1B, QSN1, QSN2, QSala1, QSala2, QMina1, QPiru2, QPiru1, QMina2, QInti3, QSupa2 y QSupa3 excedieron el valor establecido en los ECA para agua Cat4:E2. Mientras que, en época seca, se consignaron concentraciones de cadmio disuelto en los puntos de las quebradas QSN1, QSN2, QMina1, QPiru1, QMina2, QSupa2 y QSupa3 que excedieron el valor establecido en los ECA para agua Cat4:E2 (Figura 7-16).

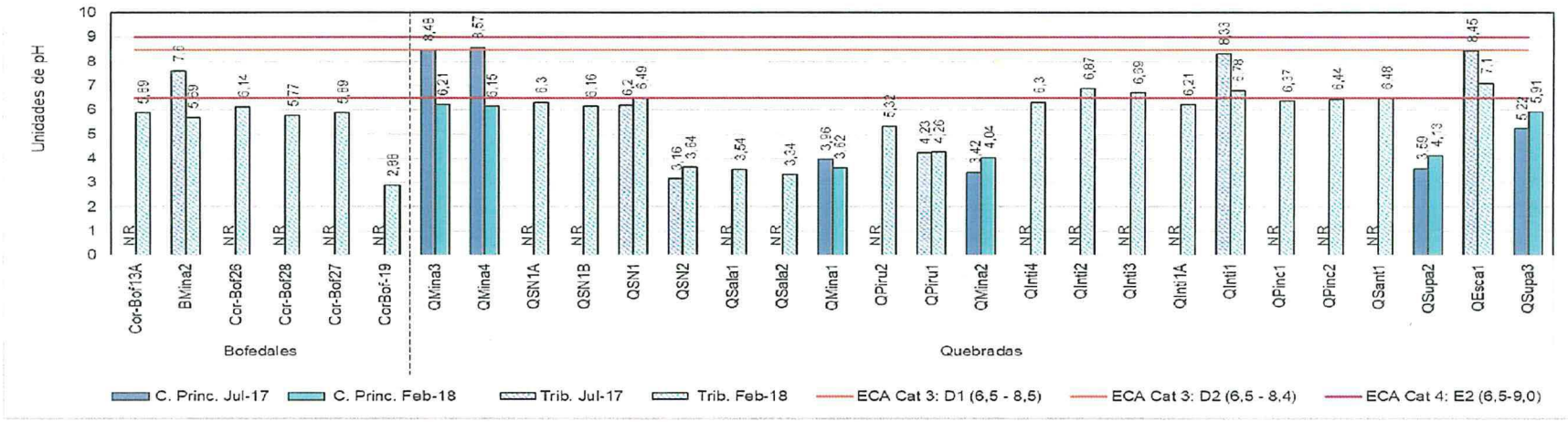

Figura 7-2. Valores de pH en la microcuenca Supayhuasi, comparados con los ECA para agua categoría 3:D1 y D2, y categoría 4:E2
NR: no realizado o evaluado

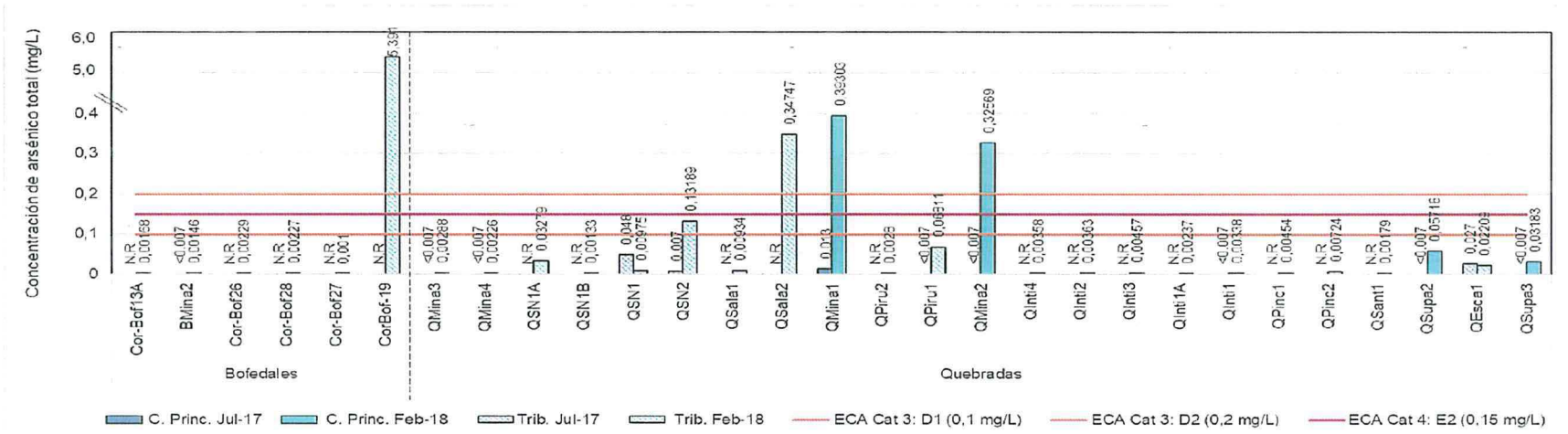

Figura 7-3. Concentración de arsénico total en la microcuenca Supayhuasi, comparados con los ECA para agua categoría 3:D1 y D2, y categoría 4:E2
NR: no realizado o evaluado

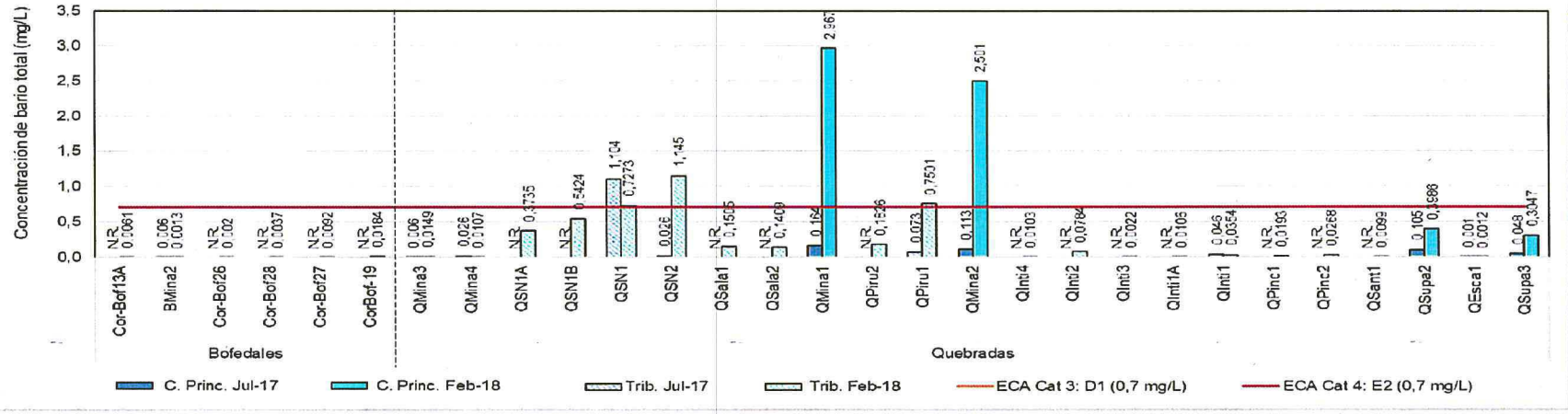

Figura 7-4. Concentración de bario total en la microcuenca Supayhuasi, comparados con los ECA para agua categoría 3:D1 y categoría 4:E2
NR: no realizado o evaluado

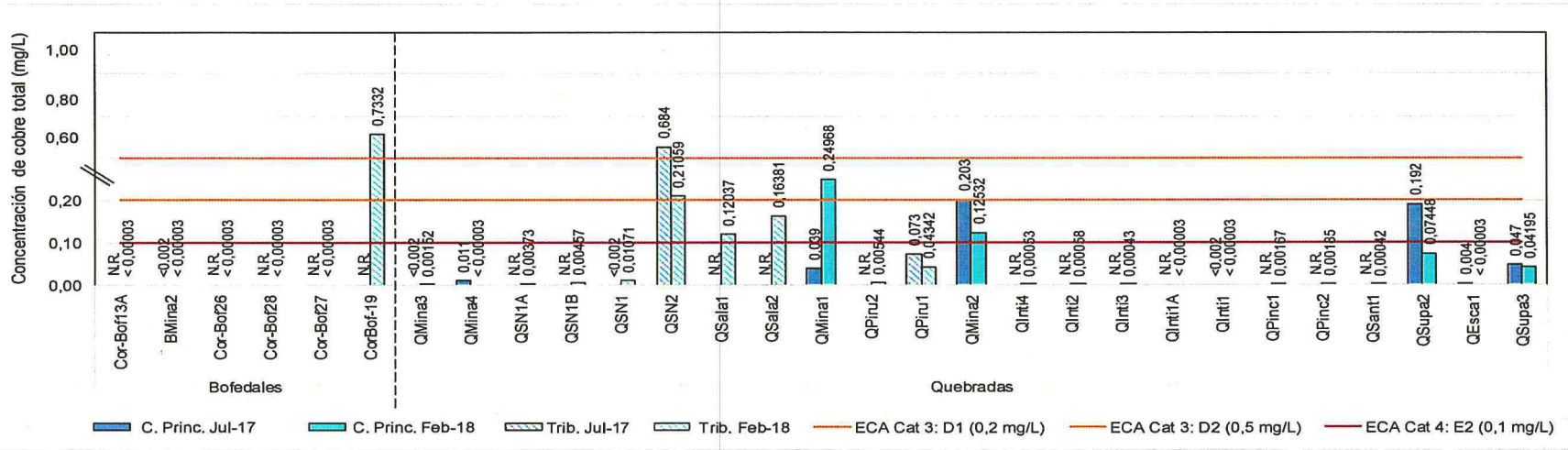

Figura 7-5. Concentración de cobre total en la microcuenca Supayhuasi, comparados con los ECA para agua categoría 3:D1 y D2, y categoría 4:E2
NR: no realizado o evaluado

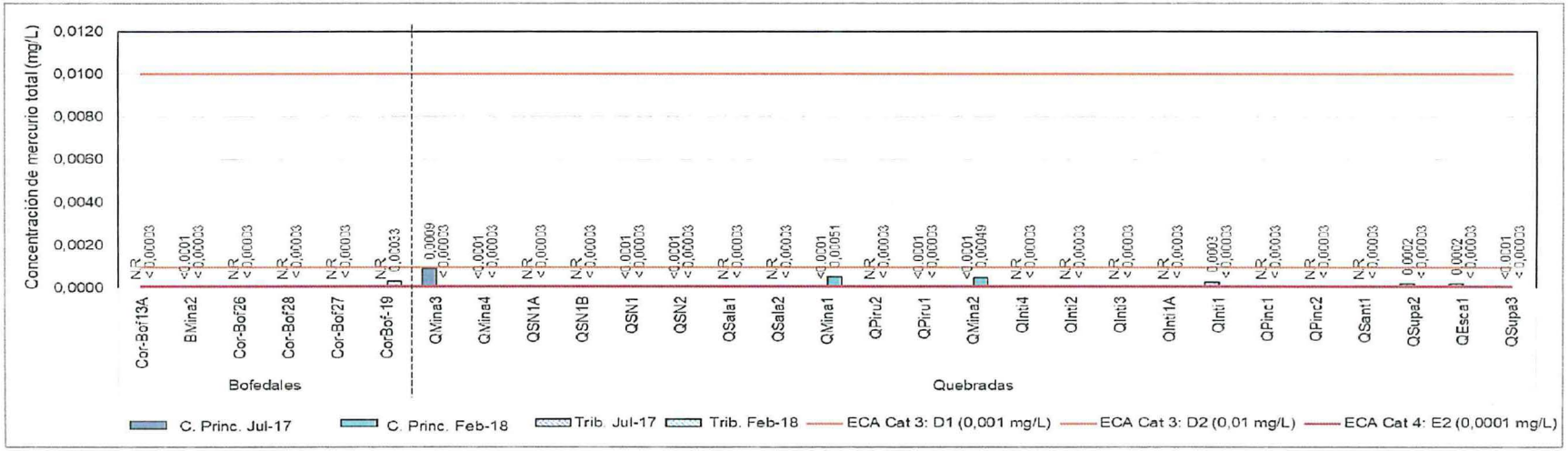

Figura 7-6. Concentración de mercurio total en la microcuenca Supayhuasi, comparados con los ECA para agua categoría 3:D1 y D2, y categoría 4:E2
NR: no realizado o evaluado

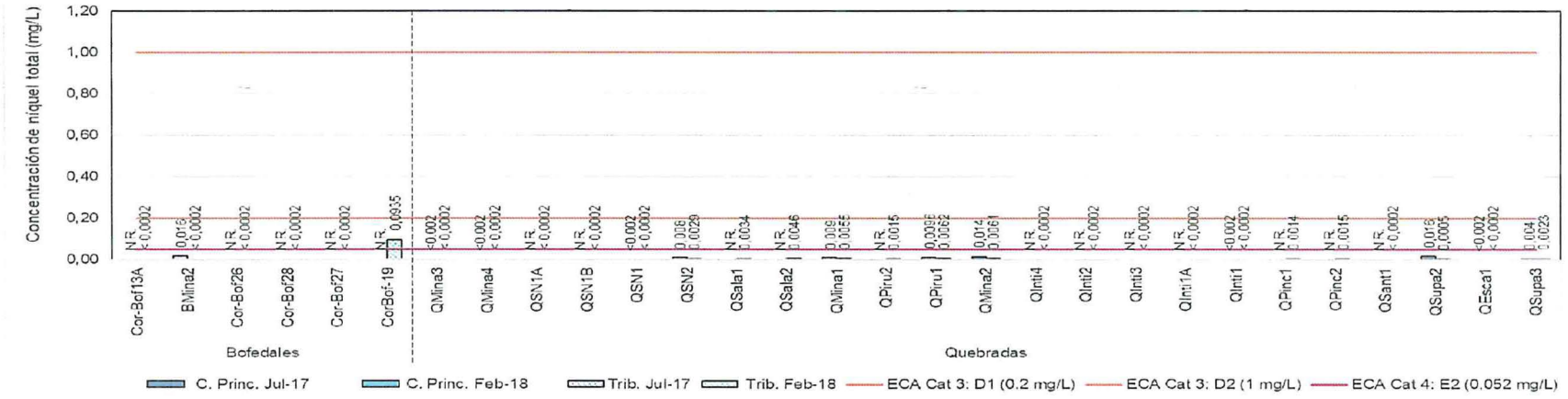

Figura 7-7. Concentración de níquel total en la microcuenca Supayhuasi, comparados con los ECA para agua categoría 3:D1 y D2, y categoría 4:E2
NR: no realizado o evaluado

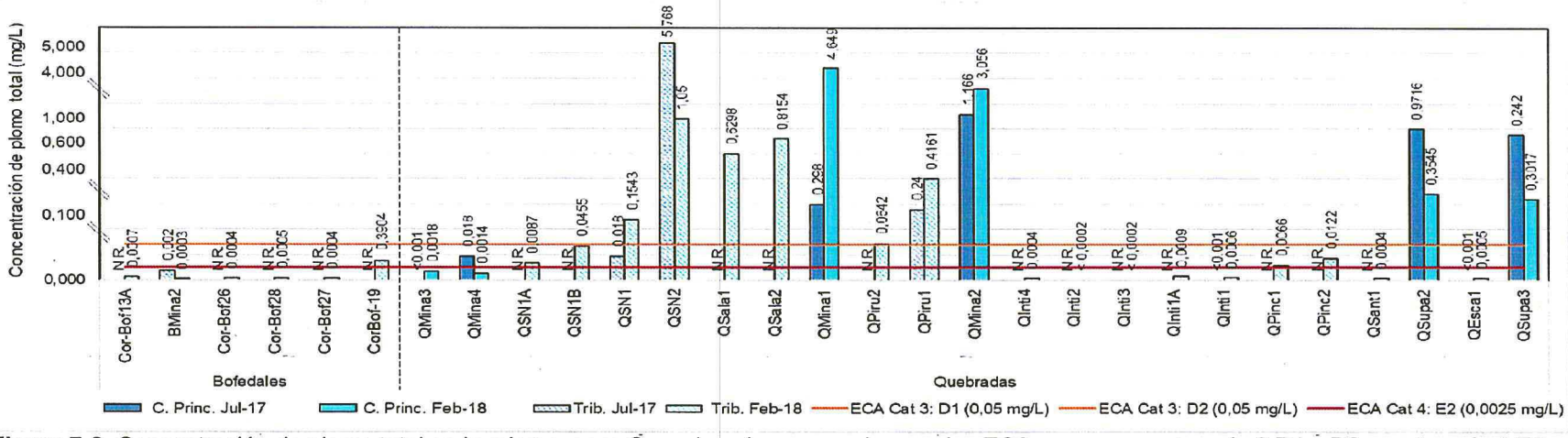

Figura 7-8. Concentración de plomo total en la microcuenca Supayhuasi, comparados con los ECA para agua categoría 3:D1 y D2, y categoría 4:E2
NR: no realizado o evaluado

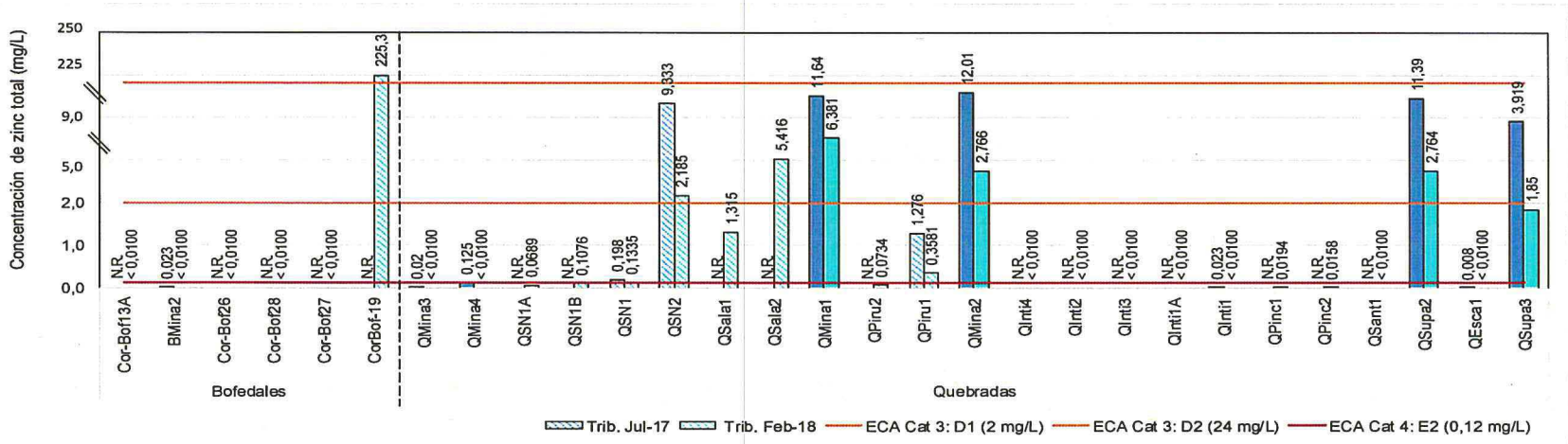

Figura 7-9. Concentración de zinc total en la microcuenca Supayhuasi, comparados con los ECA para agua categoría 3:D1 y D2, y categoría 4:E2
NR: no realizado o evaluado

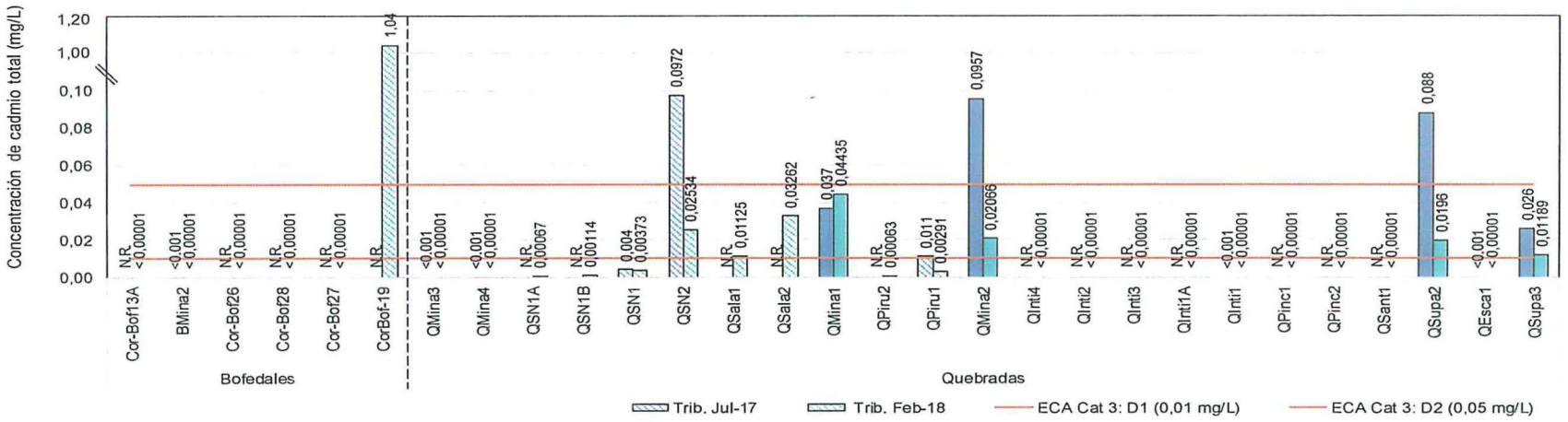

Figura 7-10. Concentración de cadmio total en la microcuenca Supayhuasi, comparados con los ECA para agua categoría 3:D1 y D2, y categoría 4:E2
NR: no realizado o evaluado

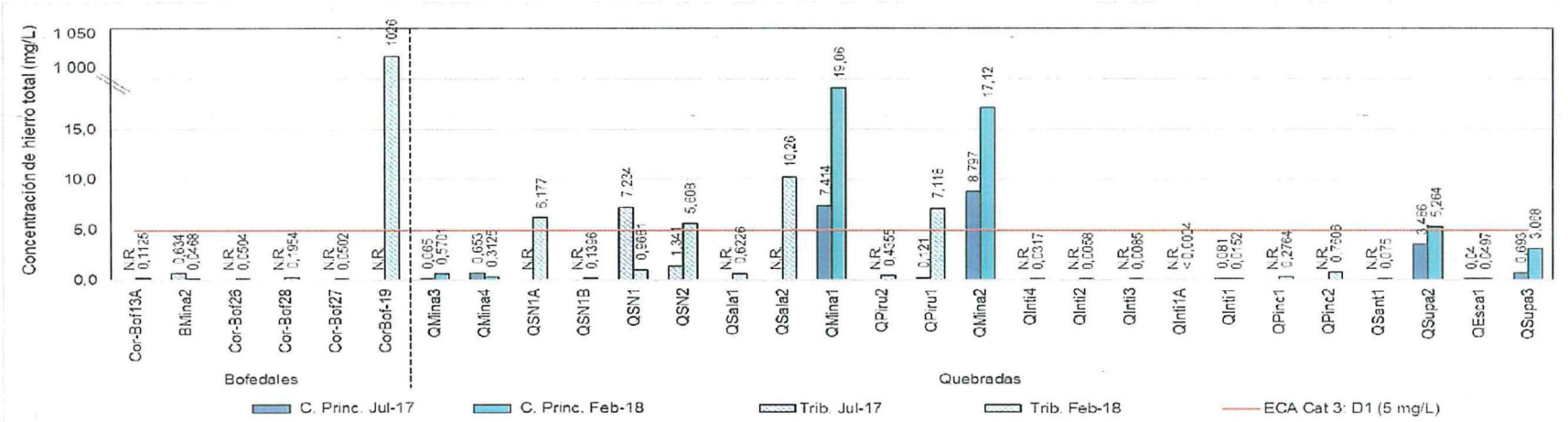

Figura 7-11. Concentración de hierro total en la microcuenca Supayhuasi, comparados con los ECA para agua categoría 3:D1 y D2, y categoría 4:E2
NR: no realizado o evaluado

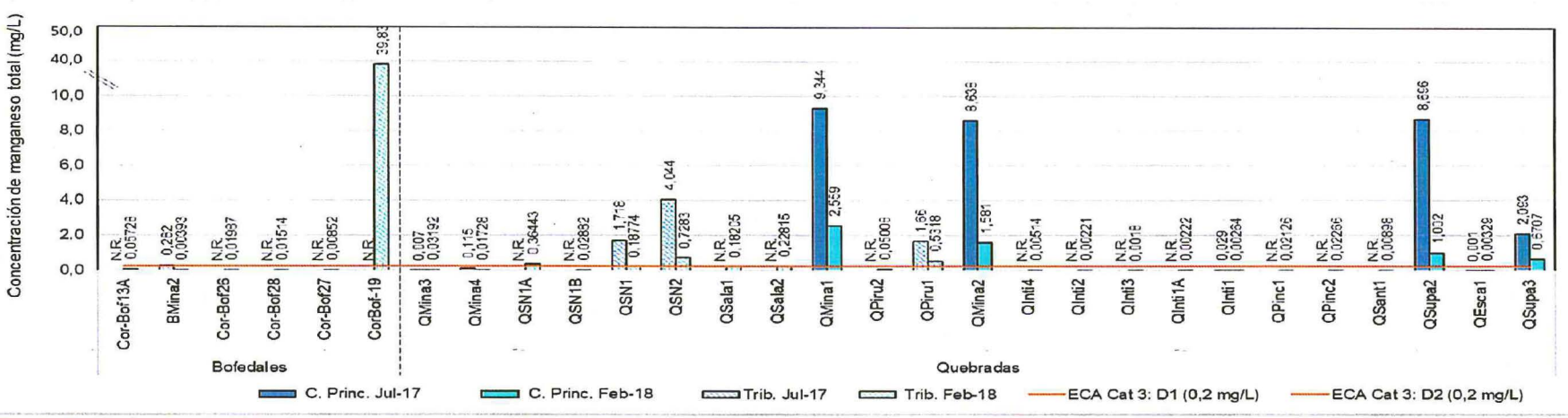

Figura 7-12. Concentración de manganeso total en la microcuenca Supayhuasi, comparados con los ECA para agua categoría 3:D1 y D2, y categoría 4:E2
NR: no realizado o evaluado

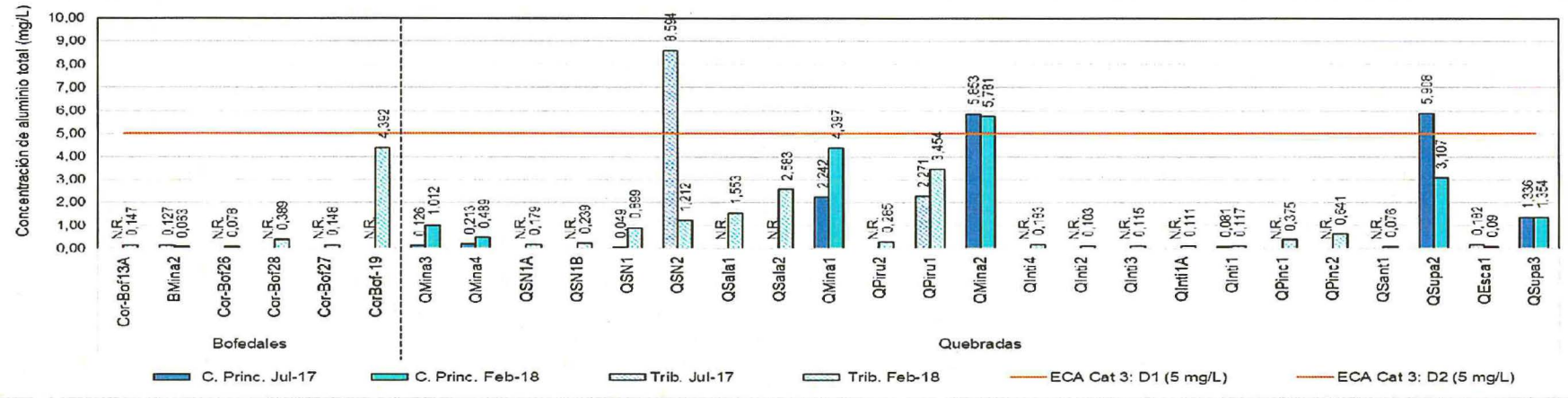

Figura 7-13. Concentración de aluminio total en la microcuenca Supayhuasi, comparados con los ECA para agua categoría 3:D1 y D2, y categoría 4:E2
NR: no realizado o evaluado

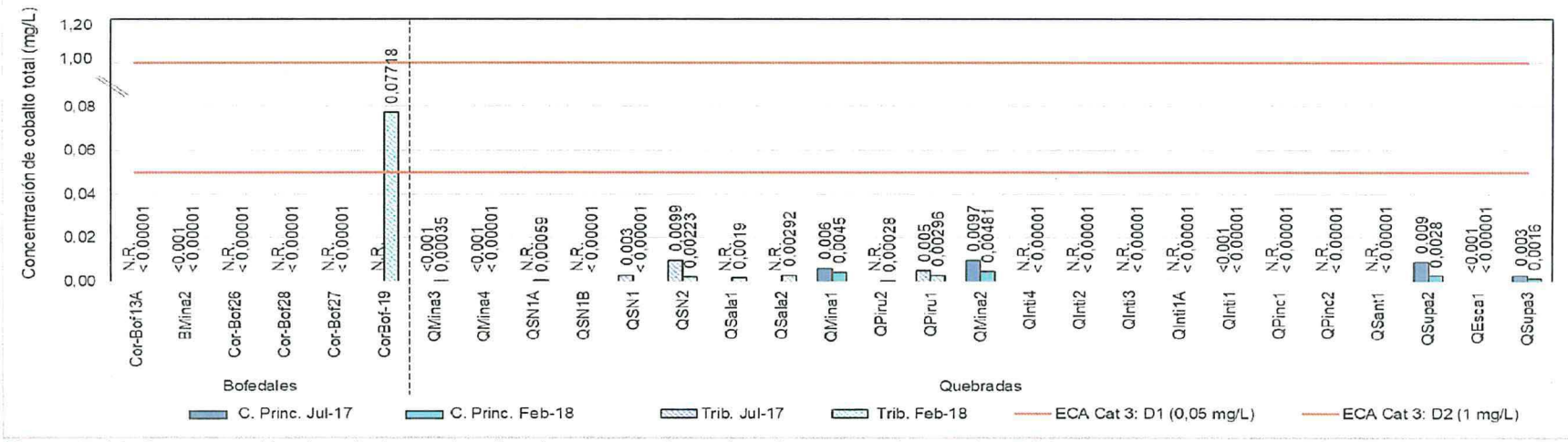

Figura 7-14. Concentración de cobalto total en la microcuenca Supayhuasi, comparados con los ECA para agua categoría 3:D1 y D2, y categoría 4:E2
NR: no realizado o evaluado

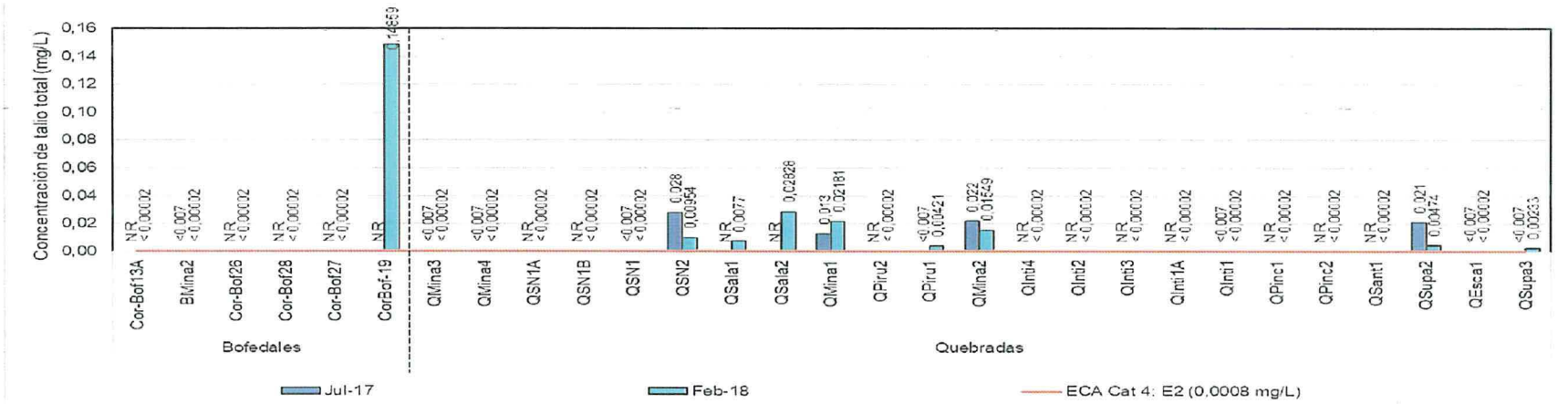

Figura 7-15. Concentración de talio total en la microcuenca Supayhuasi, comparados con los ECA para agua categoría 3:D1 y D2, y categoría 4:E2
NR: no realizado o evaluado

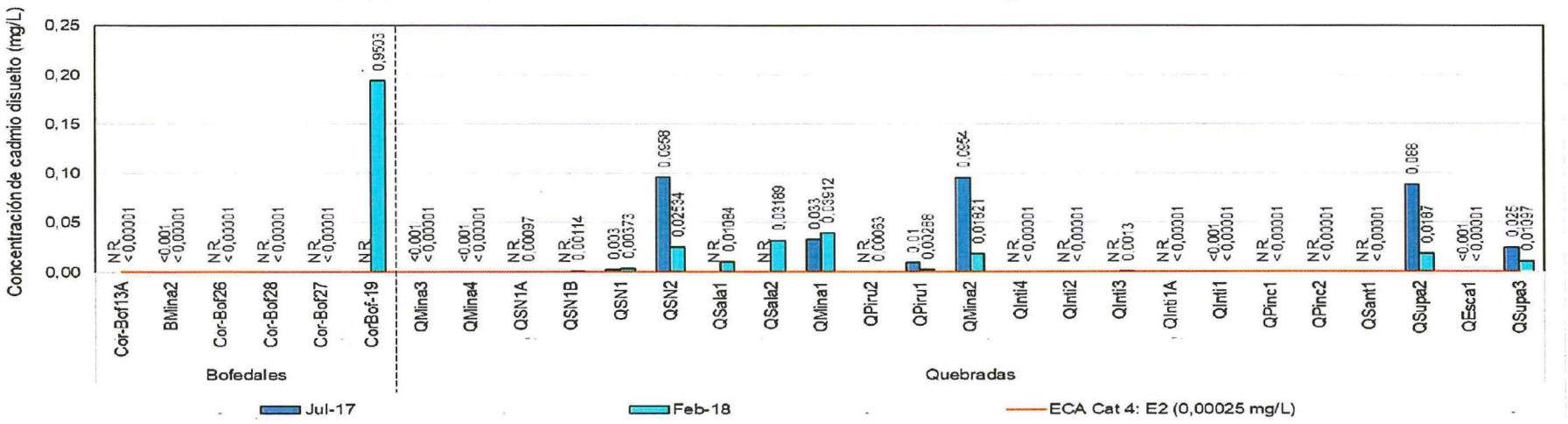

Figura 7-16. Concentración de cadmio disuelto total en la microcuenca Supayhuasi, comparados con los ECA para agua categoría 3:D1 y D2, y categoría 4:E2
NR: no realizado o evaluado

Microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa (zona II)

La microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa, en época húmeda, comprendió 10 puntos de muestreo de agua superficial, de los cuales 1 se ubicó en laguna, 6 en quebradas y 3 en ríos; y, en época seca de los 4 puntos de muestreo, 2 se ubicaron en quebradas y 2 en ríos. En la Tabla 7-2 se muestra el resumen de los parámetros que excedieron los valores de los ECA para agua Cat3 o Cat4.

Tabla 7-2. Resultados de calidad de agua superficial que excedieron los ECA para agua en la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa

Punto de muestreo	Julio 2017 (época seca)				Febrero 2018 (época húmeda)		
	Decreto Supremo N.° 004-2017-MINAM						
	Categoría 3		Categoría 4		Categoría 3		Categoría 4
	Riego de vegetales	Bebida de animales	Lagos y lagunas	Ríos de costa y sierra	Riego de vegetales	Bebida de animales	Ríos de costa y sierra
LCoch1	NE	NE	NE	NE	pH	pH	pH Fósforo
Mana7	---	---	---	Fósforo	pH	pH	pH Fósforo
Mana8	pH	pH	---	pH Fósforo	---	---	Fósforo
Mana13	NE	NE	NE	NE	---	---	Fósforo Cadmio disuelto
QColl1	NE	NE	NE	NE	pH	pH	pH Plomo Zinc Cadmio disuelto
QColl2	NE	NE	NE	NE	pH	pH	pH Fósforo Plomo Talio Zinc Cadmio disuelto
QMinac1	NE	NE	NE	NE	---	---	Fósforo
QColl3	NE	NE	NE	NE	pH	pH	pH Fósforo Plomo
QColc1	---	---	---	---	---	---	Fósforo Plomo
QSill1	---	pH	---	---	pH	pH	pH Fósforo
RChac1	NE	NE	NE	NE	pH Plomo	pH Plomo	pH Fósforo Plomo Talio Zinc Cadmio disuelto
RJara2	Manganeso	Manganeso	---	Plomo Zinc Cadmio disuelto	pH Manganeso Plomo	pH Manganeso Plomo	pH Fósforo Plomo Talio Zinc Cadmio disuelto
RJara1	---	---	---	Fósforo Plomo Zinc	pH Manganeso Plomo	pH Manganeso Plomo	pH STS* Fósforo Plomo Talio Zinc Cadmio disuelto

NE: no evaluado, STS: Sólidos totales suspendidos
---: no excede los ECA para agua Cat3:D1 y D2 o Cat4:E2

En la Figura 7-17, los valores de pH registrados en los puntos ubicados en la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa, varían entre 6,67 y 8,46 en época seca; y, entre 4,24 y 7,26 en época húmeda.

Los valores de pH en época húmeda, en los puntos LCoch1, QColl1, QColl2, QColl3, QSill1, RChac1, RJara2 y RJara1 se encontraron por debajo del rango establecido en los ECA para agua Cat3:D1 y D2, y Cat4:E2, presentando características ácidas que incumplieron la norma en mención. Mientras que, en época seca, solo el punto QSill1 se encontró por encima del rango establecido en los ECA para agua Cat3:D2, presentando características básicas que incumplieron con la normativa antes mencionada (Figura 7-17).

De la evaluación de época húmeda, la concentración de plomo total registrada en los puntos de las quebradas QColl1, QColl2, QColl3, QColc1 y de los ríos RChac1, RJara2 y RJara1 excedieron los valores de los ECA para agua Cat4:E2; y a la vez, estos tres últimos puntos excedieron el valor establecido en los ECA para agua Cat3:D1 y D2. En tanto que, en época seca, los puntos RJara2 y RJara1 reportaron concentraciones de plomo total que excedieron el valor establecido en los ECA para agua Cat4:E2 (Figura 7-18).

La concentración de zinc total en época húmeda, en los puntos de las quebradas QColl1 y QColl2, y en los ríos RChac1, RJara2 y RJara1 excedieron el valor establecido en los ECA para agua Cat4:E2. Asimismo, en época seca, solo se registraron concentraciones de zinc total en los puntos RJara2 y RJara1 que excedieron el valor establecido en los ECA para agua Cat4:E2 (Figura 7-19).

En la Figura 7-20, la concentración de manganeso total consignada en los puntos de los ríos RJara2 (época húmeda y seca) y RJara1(época húmeda), excedieron el valor establecido en los ECA para agua Cat3:D1 y D2.

En tanto que, en la evaluación en época húmeda, solo la concentración de talio total registrada en el punto de la quebrada QColl2 y en los ríos RChac1, RJara2 y RJara1, excedieron el valor establecido en los ECA para agua Cat4:E2 (Figura 7-21).

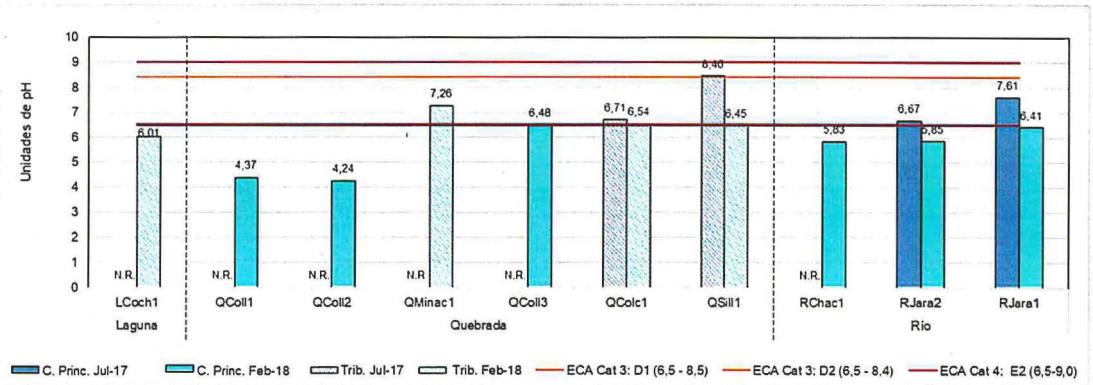

Figura 7-17. Valores de pH en la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa comparados con los ECA para agua categoría 3:D1 y D2, y categoría 4:E2
NR: no realizado o evaluado

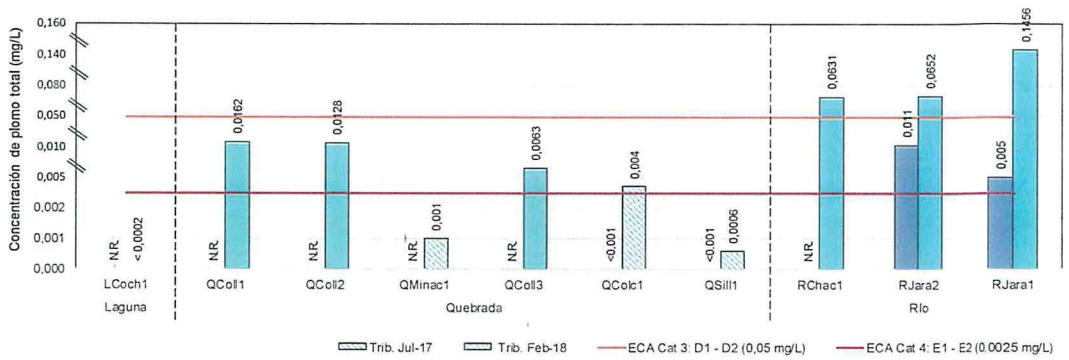

Figura 7-18. Concentración de plomo total en la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa comparados con los ECA para agua categoría 3:D1 y D2, y categoría 4:E2
NR: no realizado o evaluado

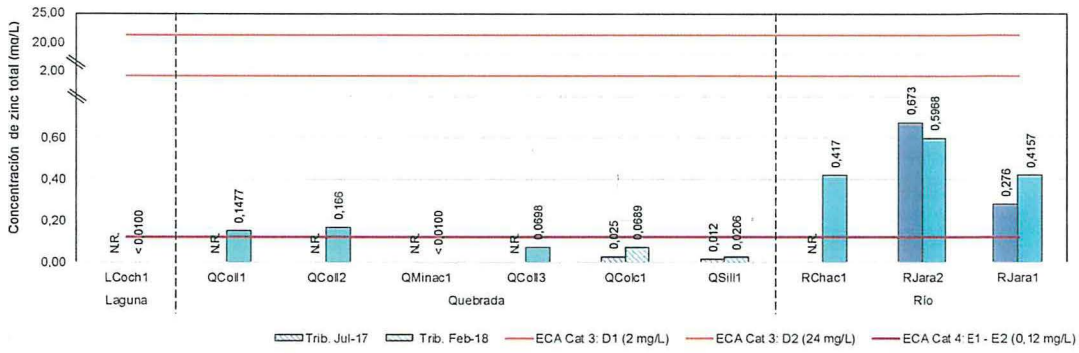

Figura 7-19. Concentración de zinc total en la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa comparados con los ECA para agua categoría 3:D1 y D2, y categoría 4:E2
NR: no realizado o evaluado

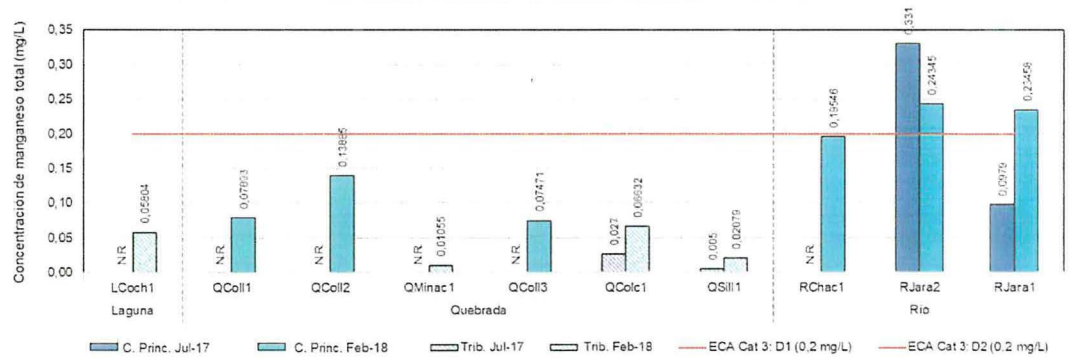

Figura 7-20. Concentración de manganeso total en la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa comparados con los ECA para agua categoría 3:D1 y D2
NR: no realizado o evaluado

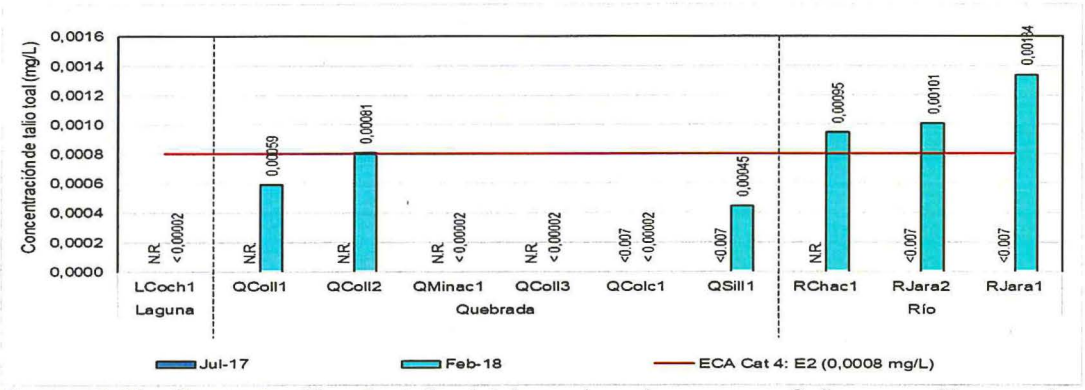

Figura 7-21. Concentración de talio total en la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa comparados con los ECA para agua categoría 4:E2
NR: no realizado o evaluado

Microcuenca Imaginamayu (zona III)

La microcuenca Imaginamayu, en época húmeda, comprendió 10 puntos de muestreo de agua superficial, de los cuales 1 se ubicó en laguna, 5 en quebradas y 4 en bofedales; y, en época seca de los 10 puntos de muestreo, 1 se ubicó en laguna, 4 en bofedales y 5 en quebradas. En la Tabla 7-3 se muestra el resumen de los parámetros que excedieron los valores de los ECA para agua Cat3 o Cat4.

Tabla 7-3. Resultados de calidad de agua superficial que excedieron los ECA para agua en la microcuenca Imaginamayu

Punto	Julio 2017 (época seca)				Febrero 2018 (época húmeda)		
	Decreto Supremo N.° 004-2017-MINAM						
	Categoría 3		Categoría 4		Categoría 3		Categoría 4
	Riego de vegetales	Bebida de Animales	Lagos y lagunas	Ríos de costa y sierra	Riego de vegetales	Bebida de Animales	Ríos de costa y sierra
LChul1	DQO	DQO	Fósforo	---	---	---	Fósforo
Cor-bof46	---	pH	---	---	pH	pH	pH Plomo Zinc
Cor-bof42	---	---	---	Zinc	pH Arsénico Cadmio Hierro Manganeso Zinc	pH Manganeso	pH Plomo Talio Zinc
Cor-Bof13	NE	NE	NE	NE	pH	pH	pH Fósforo
Cor-Bof9	NE	NE	NE	NE	pH DQO	pH DQO	pH Fósforo
QImagA	NE	NE	NE	NE	pH	pH	pH
QPaus1	---	---	---	---	pH Arsénico Hierro	pH	pH Arsénico Fósforo Plomo
QImag1	---	---	---	Zinc	pH	pH	pH Fósforo
QImag2	---	---	---	---	pH	pH	pH Fósforo
QImag4	---	---	---	Fósforo	Fósforo	Fósforo	Fósforo

NE: no evaluado, DQO: Demanda química de oxígeno
---: no excede los ECA para agua Cat3:D1 y D2 o Cat4:E2

En la Figura 7-22, los valores de pH registrados en los puntos ubicados en la microcuenca Imaginamayu, varían entre 6,96 y 8,49 en época seca; y, entre 5,58 y 6,96 época húmeda.

En tanto que, en época húmeda, los valores de pH reportados en los puntos de bofedales Cor-bof46, Cor-bof42, Cor-Bof13 y Cor-Bof9, y en las quebradas QImagA, QPaus1, QImag1 y QImag2 se encontraron por debajo del rango establecido en los ECA para agua Cat3:D1 y D2, y Cat4:E2, presentando características ácidas que incumplieron la norma en mención. Mientras tanto, en época seca, solo el punto Cor-bof46 se encontró por encima del rango establecido en los ECA para agua Cat3:D2, presentando características básicas que incumplieron con la normativa antes señalada (Figura 7-22).

De la evaluación en época húmeda, la concentración de arsénico total consignada en el punto de bofedal Cor-bof42 y de quebrada QPaus1 excedieron el valor establecido en los ECA para agua Cat3:D1. Mientras que, solo la concentración de arsénico total registrada en el punto QPaus1, excedió el valor establecido en los ECA para agua Cat4:E2 (Figura 7-23).

En la Figura 7-24, en época húmeda, solo la concentración de plomo total reportada en los puntos de bofedal Cor-bof42 y Cor-bof46 excedieron el valor establecido en los ECA para agua Cat4:E2.

La concentración de zinc total registrada, en época húmeda, en los puntos de bofedales Cor-bof46 y Cor-bof42 excedieron el valor establecido en los ECA para agua Cat4:E2.; mientras que, solo en el punto Cor-bof42 se excedió el valor establecido en los ECA para agua Cat3:D1. Asimismo, en época seca, solo el punto de bofedal Cor-bof42 reportó una concentración de zinc total que excedió el valor establecido en los ECA para agua Cat4:E2 (Figura 7-25).

En tanto que, en época húmeda, solo la concentración de cadmio total consignada en el punto de bofedal Cor-bof42, excedió el valor establecido en los ECA para agua Cat3:D1 (Figura 7-26).

De la evaluación en época húmeda, solo la concentración de hierro total registrada en el punto de bofedal Cor-bof42 y en la quebrada QPaus1 excedieron el valor establecido en los ECA para agua Cat3:D1 (Figura 7-27).

En la Figura 7-28, en época húmeda, solo la concentración de manganeso total reportada en el punto de bofedal Cor-bof42, excedió el valor establecido en los ECA para agua Cat3:D1 y D2.

Solo la concentración de talio total consignada, en época húmeda, en el punto de bofedal Cor-bof42 y en la quebrada QPaus1, excedieron el valor establecido en los ECA para agua Cat4:E2 (Figura 7-29).

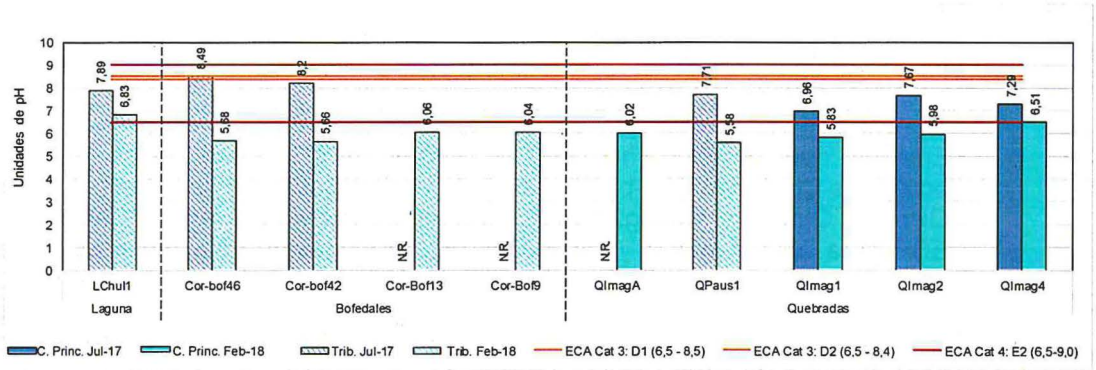

Figura 7-22. Valores de pH en la microcuenca Imaginamayu comparados con los ECA para agua categoría 3:D1 y D2, y categoría 4:E2
NR: no realizado o evaluado

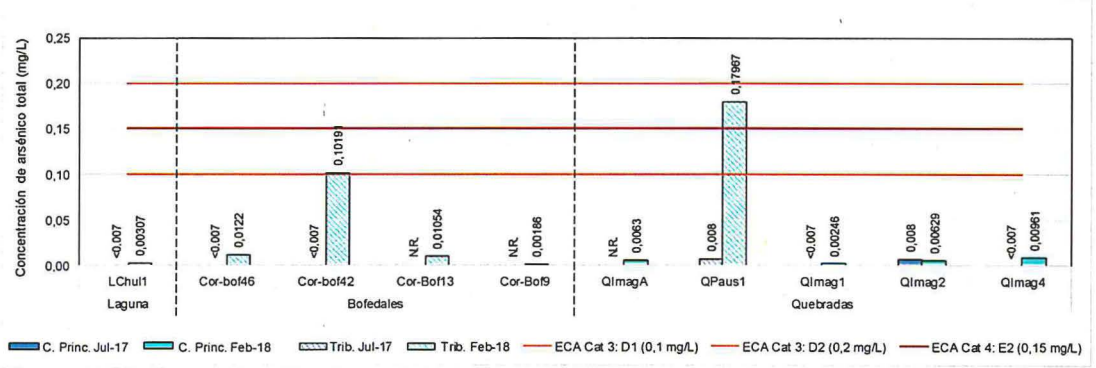

Figura 7-23. Concentración de arsénico total en la microcuenca Imaginamayu comparados con los ECA para agua categoría 3:D1 y D2, y categoría 4:E2
NR: no realizado o evaluado

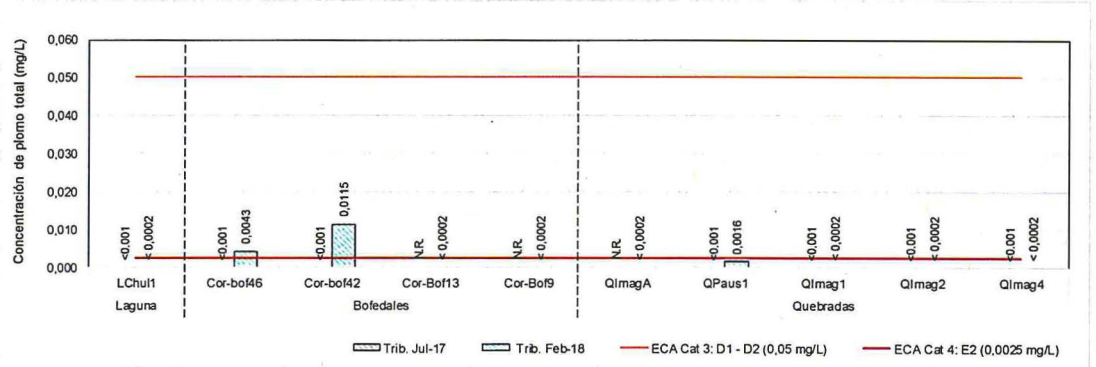

Figura 7-24. Concentración de plomo total en la microcuenca Imaginamayu comparados con los ECA para agua categoría 3:D1 y D2, y categoría 4:E2
NR: no realizado o evaluado

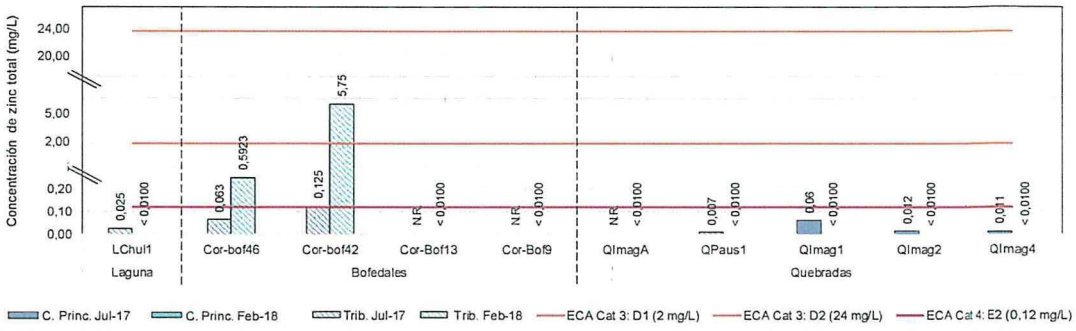

Figura 7-25. Concentración de zinc total en la microcuenca Imaginamayu comparados con los ECA para agua categoría 3:D1 y D2, y categoría 4: E2
NR: no realizado o evaluado

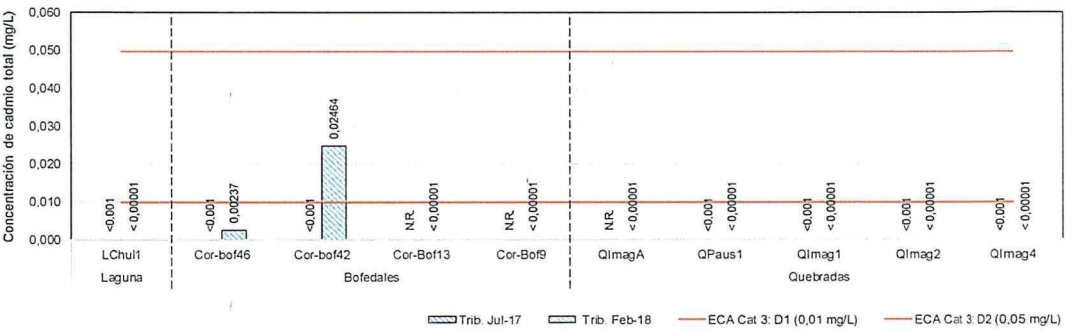

Figura 7-26. Concentración de cadmio total en la microcuenca Imaginamayu comparados con los ECA para agua categoría 3:D1 y D2
NR: no realizado o evaluado

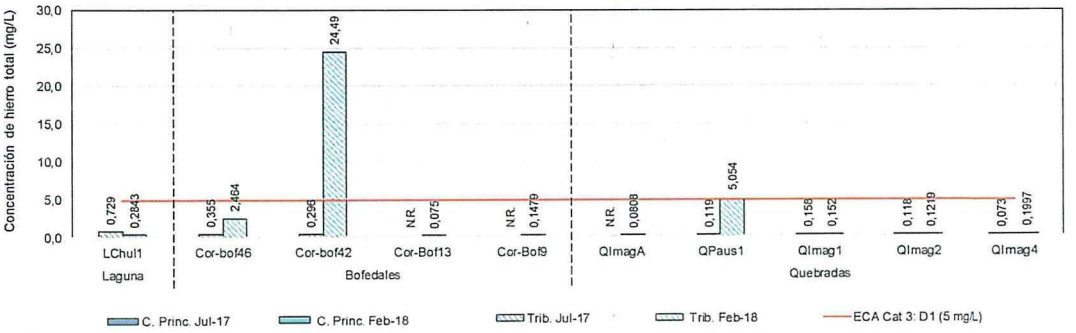

Figura 7-27. Concentración de hierro total en la microcuenca Imaginamayu comparados con los ECA para agua categoría 3:D1
NR: no realizado o evaluado

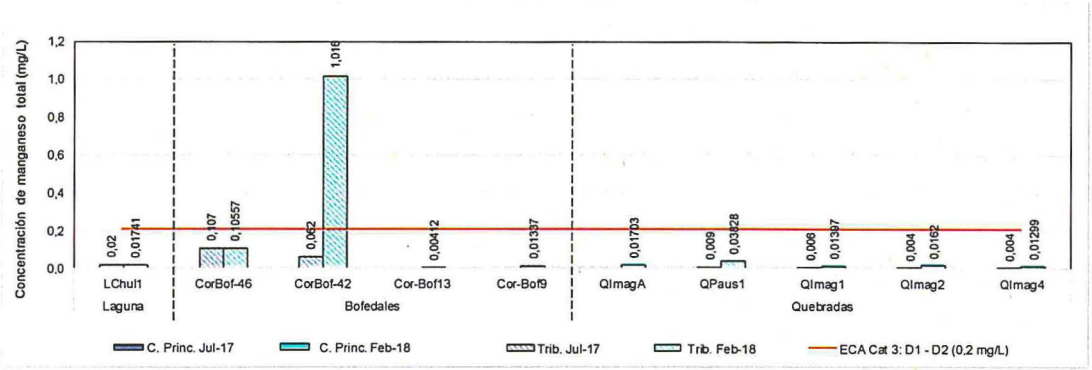

Figura 7-28. Concentración de manganeso total en la microcuenca Imaginamayu comparados con los ECA para agua categoría 3:D1 y D2
NR: no realizado o evaluado

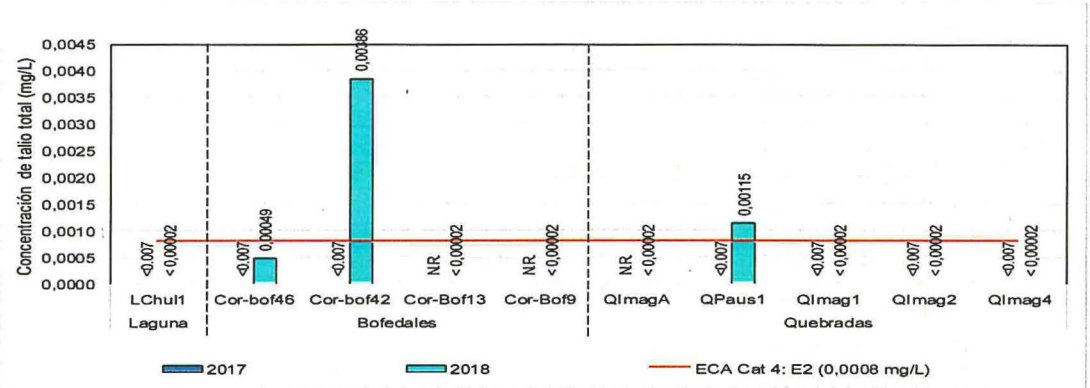

Figura 7-29. Concentración de talio total en la microcuenca Imaginamayu comparados con los ECA para agua categoría 4:E2
NR: no realizado o evaluado

Microcuenca Quelcaya (zona IV)

La microcuenca Quelcaya, en época húmeda, comprendió 15 puntos de muestreo de agua superficial, de los cuales 3 se ubicaron en bofedales, 10 en quebradas y 2 en ríos; y, en época seca de los 3 puntos de muestreo, 1 se ubicó en quebrada y 2 en ríos. En la Tabla 7-4 se muestra el resumen de los parámetros que excedieron los valores de los ECA para agua Cat3 o Cat4.

Tabla 7-4. Resultados de calidad de agua superficial que excedieron los ECA para agua en la microcuenca Quelcaya

Punto de muestreo	Julio 2017 (época seca)			Febrero 2018 (época húmeda)		
	Decreto Supremo N.° 004-2017-MINAM					
	Categoría 3		Categoría 4	Categoría 3		Categoría 4
	Riego de vegetales	Bebida de Animales	Ríos de costa y sierra	Riego de vegetales	Bebida de Animales	Ríos de costa y sierra
Mana10	Oxígeno disuelto	Oxígeno disuelto	Oxígeno disuelto	Oxígeno disuelto	Oxígeno disuelto	Oxígeno disuelto Fósforo
Cor-bof50	NE	NE	NE	pH	pH	pH
Cor-bof35	NE	NE	NE	pH	pH	pH
Cor-bof34	NE	NE	NE	pH	pH	pH
QSN3	NE	NE	NE	---	---	Fósforo Cadmio disuelto

Punto de muestreo	Julio 2017 (época seca)			Febrero 2018 (época húmeda)		
	Decreto Supremo N.° 004-2017-MINAM					
	Categoría 3		Categoría 4	Categoría 3		Categoría 4
	Riego de vegetales	Bebida de Animales	Ríos de costa y sierra	Riego de vegetales	Bebida de Animales	Ríos de costa y sierra
QSimi1	NE	NE	NE	pH	pH	pH
QSimi2	NE	NE	NE	---	---	Fósforo
QQuel1	NE	NE	NE	pH	pH	pH Fósforo Plomo
QMaij1	NE	NE	NE	pH	pH	pH Plomo Zinc
QChau1	NE	NE	NE	pH	pH	pH Fósforo Plomo Talio Zinc Cadmio disuelto
QChau2	NE	NE	NE	pH	pH	pH
QMisa1	NE	NE	NE	pH	pH	pH Fósforo Plomo
QSall1	NE	NE	NE	pH	pH	pH Fósforo
RQuel1	---	---	Fósforo	---	---	Fósforo Plomo
QSiti1	---	---	---	---	---	Fósforo
RQuel2	---	---	---	---	---	Fósforo

NE: no evaluado
---: no excede los ECA para agua Cat3:D1 y D2 o Cat4:E2

Los valores de pH registrados en los puntos ubicados en la microcuenca Quelcaya, varían entre 6,96 y 7,29 en época seca; y, entre 5,82 y 6,95 en época húmeda. Los valores de pH, en época húmeda, en los puntos de bofedales Cor-bof50, Cor-bof35 y Cor-bof34, y en las quebradas QSimi1, QMaij1, QChau1, QChau2, QMisa1y QSall1; se encontraron por debajo del rango de pH establecido en los ECA para agua Cat3:D1 y D2, y Cat4:E2, presentando características ácidas que incumplieron con la norma antes señalada (Figura 7-30).

De la evaluación en época húmeda, la concentración de plomo total reportada en los puntos de quebradas QQuel1, QMaij1, QChau1, QMisa1, y en el río RQuel1; excedieron el valor establecido en los ECA para agua Cat4:E2 (Figura 7-31).

En la Figura 7-32, en época húmeda, solo la concentración de zinc total registrada en los puntos de quebradas QMaij1 y QChau1 excedieron el valor establecido en los ECA para agua Cat4:E2.

En tanto que, en época húmeda, la concentración de talio total consignada en el punto de quebrada QChau1, excedió el valor establecido en los ECA para agua Cat4:E2 (Figura 7-33).

Solo el reporte de la concentración de cadmio disuelto en los puntos de quebrada QSN3 y QChau1, excedieron el valor establecido en los ECA para agua Cat4:E2 (Figura 7-34).

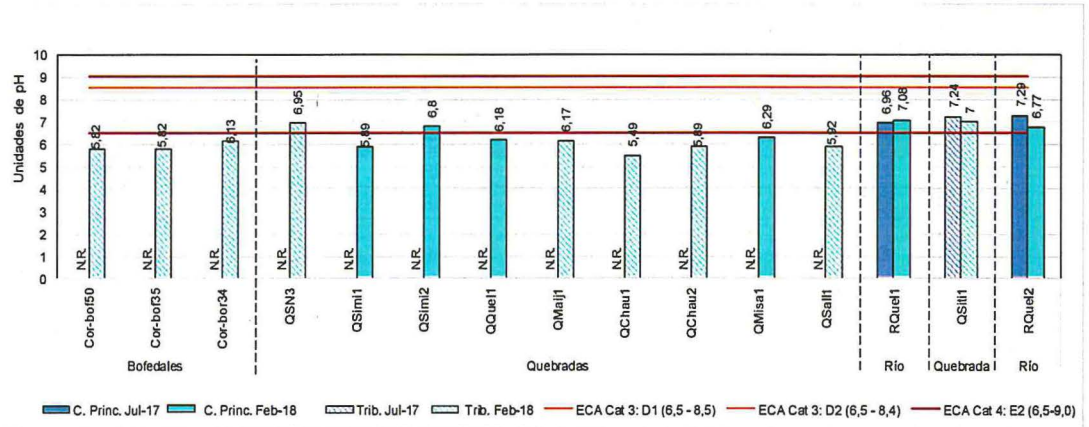

Figura 7-30. Valores de pH en la microcuenca Quelcaya comparados con los ECA para agua categoría 3:D1 y D2, y categoría 4:E2
NR: no realizado o evaluado

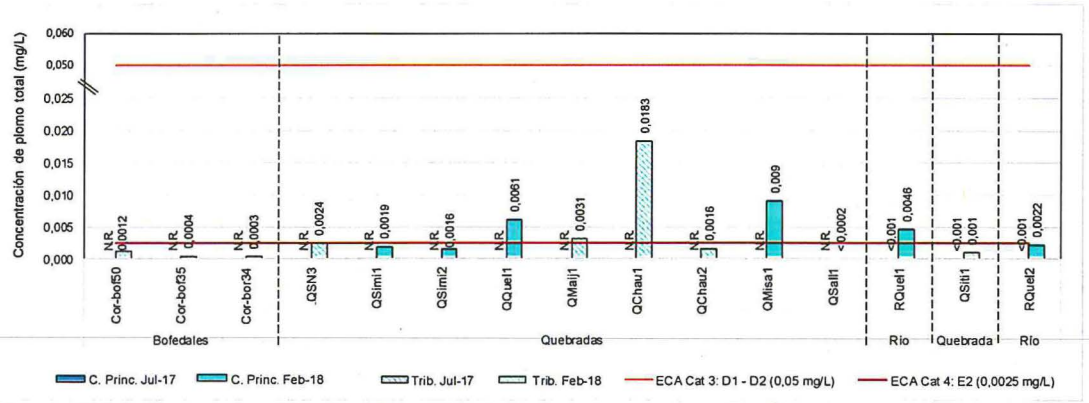

Figura 7-31. Concentración de plomo total en la microcuenca Quelcaya comparados con los ECA para agua categoría 3:D1 y D2, y categoría 4:E2
NR: no realizado o evaluado

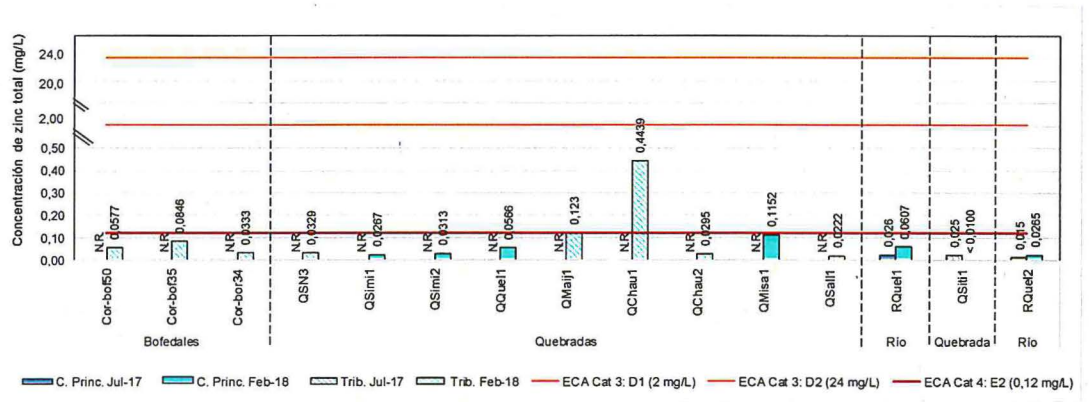

Figura 7-32. Concentración de zinc total en la microcuenca Quelcaya comparados con los ECA para agua categoría 3:D1 y D2, y categoría 4:E2
NR: no realizado o evaluado

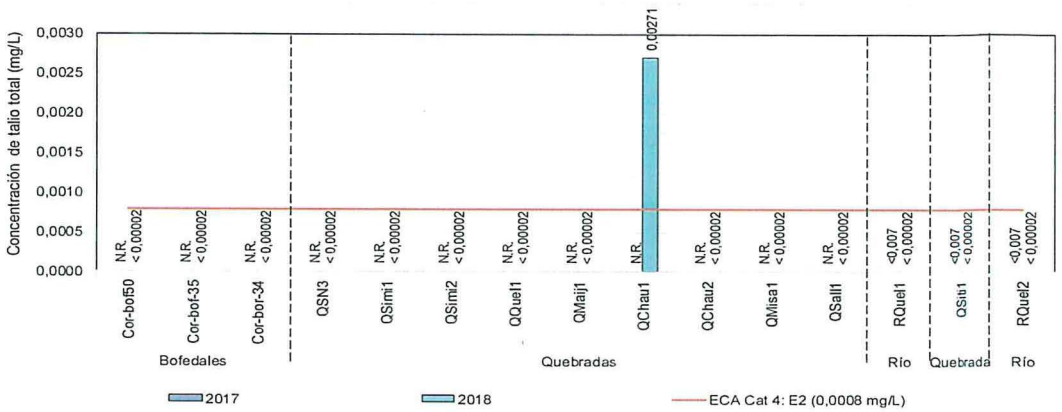

Figura 7-33. Concentración de talio total en la microcuenca Quelcaya comparados con los ECA para agua categoría 4:E2
NR: no realizado o evaluado

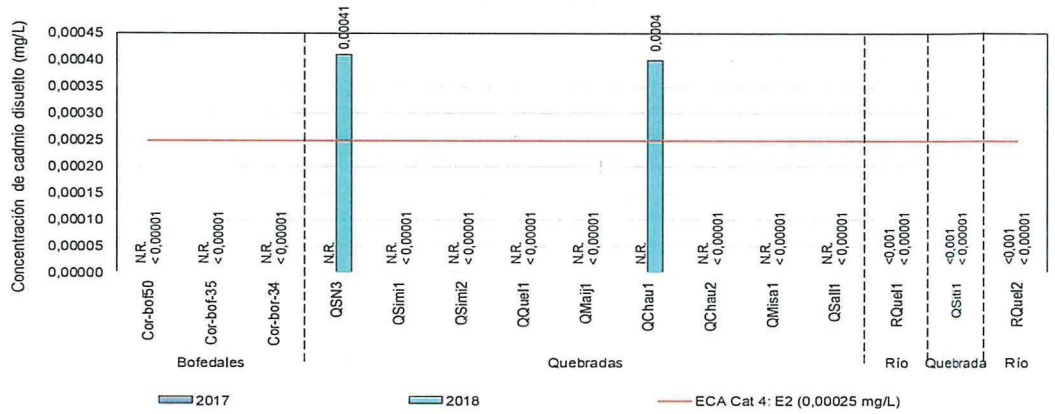

Figura 7-34. Concentración de cadmio disuelto en la microcuenca Quelcaya comparados con los ECA para agua categoría 4:E2
NR: no realizado o evaluado

Calidad de agua superficial evaluada fuera del área de influencia del proyecto minero Corani, durante el 2017

Durante la evaluación realizada en julio 2017 (época seca) se evaluaron cuerpos de agua superficial fuera del área de influencia del proyecto minero Corani de Bear Creek Mining S.A.C., los cuales comprendieron a los ríos Corani, Isivilla, Quelcaya, Chimboya, así como a manantiales ubicados en distrito del mismo nombre, provincia Carabaya, departamento Puno.

Los resultados de la evaluación en mención, se encuentran detallados en el informe N.° 092-2017-OEFA-DE/SDCA-CMVA; el resumen de la evaluación señala que: los valores de pH registrados en los puntos de muestreo del manantial (Mana12) y en el río Corani (RCora1), incumplen con el valor de los ECA para agua Cat4:E2, presentando características ácida y básica respectivamente. Asimismo, el manantial denominado Mana10, presentó una concentración de oxígeno disuelto de 4,59 mg/L, por debajo del valor mínimo establecido en los ECA para agua Cat4:E2 (5 mg/L); y finalmente, la concentración de fósforo total, en los puntos de muestreo de la quebrada denominada QQuel1 y de los ríos denominados RIsiv1 y RQuel1; y, de los manantiales denominados Mana2, Mana3, Mana4 y Mana11, excedieron el valor establecido en los ECA para agua Cat4:E2.

7.1.2. Calidad de efluentes

De acuerdo al último IGA[33] aprobado para el proyecto minero Corani de BCM, los resultados de calidad de efluentes proveniente de bocaminas abandonadas (pasivos ambientales) fueron comparados con los Límites Máximos Permisibles para la descarga de efluentes líquidos de actividades minero – metalúrgicas (en adelante, LMP), aprobado mediante Decreto Supremo N.° 010-2010-MINAM.

Los resultados se exponen mediante representaciones gráficas, de aquellos parámetros evaluados que incumplieron los LMP. En el Anexo 2 se encuentra el detalle de los resultados de todos los parámetros evaluados para los efluentes, comparados con la normativa en mención.

Se precisa que la evaluación de efluentes únicamente se realizó en la microcuenca Supayhusi, en época húmeda, y en cuatro puntos de muestreo. En la Tabla 7-5 se muestra el resumen de los parámetros que excedieron los valores de los LMP.

Tabla 7-5. Resultados de calidad de efluentes que excedieron los valores de los LMP en la microcuenca Supayhasi

Punto de muestreo	Febrero 2018 (época húmeda) Decreto Supremo N.° 010-2010-MINAM Límites Máximos Permisibles para la descarga de efluentes líquidos de Actividades Minero – Metalúrgicas
EF-BC-08	pH Arsénico Cadmio Cobre Plomo Zinc Hierro disuelto
EF-BC-03A	pH Arsénico Cadmio Cobre Plomo Zinc Hierro disuelto
EF-BC-03	pH Cadmio Cobre Plomo Zinc Hierro disuelto
EF-BC-02	pH Cadmio Plomo Zinc Hierro disuelto

De la evaluación, los valores de pH en los cuatro puntos de efluentes EF-BC-08, EF-BC-03A, EF-BC-03 y EF-BC-02, se encontraron por debajo del rango establecido en los LMP (Figura 7-35).

En la Figura 7-36, solo las concentraciones de arsénico total registradas en los puntos de efluentes EF-BC-08 y EF-BC-03A, excedieron el valor establecido en los LMP.

En tanto que, en los cuatro puntos de efluentes EF-BC-08, EF-BC-03A, EF-BC-03 y EF-BC-02, se reportaron concentraciones de cadmio total, plomo total, zinc total y

[33] Segundo Informe Técnico Sustentatorio del proyecto Corani, aprobado mediante Resolución Directoral N.° 340-2017-SENACE/DCA, con fecha 02 de noviembre de 2017.

hierro disuelto que excedieron los valores establecidos en los LMP respectivos (Figuras 7-37, 7-38, 7-39 y 7-40).

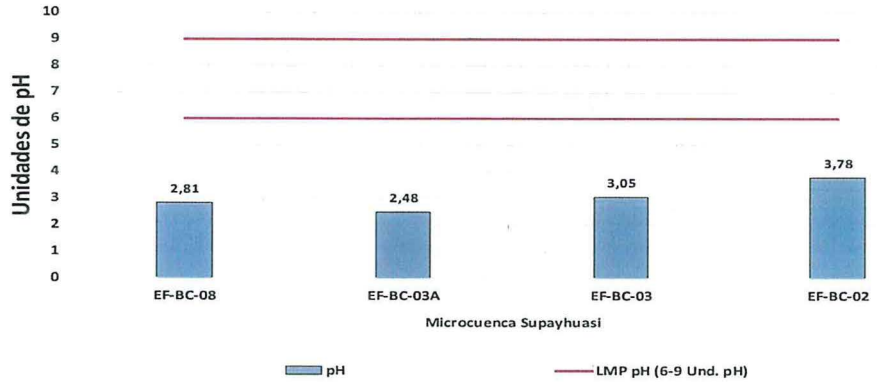

Figura 7-35. Valores de pH, en la microcuenca Supayhuasi, comparados con los LMP

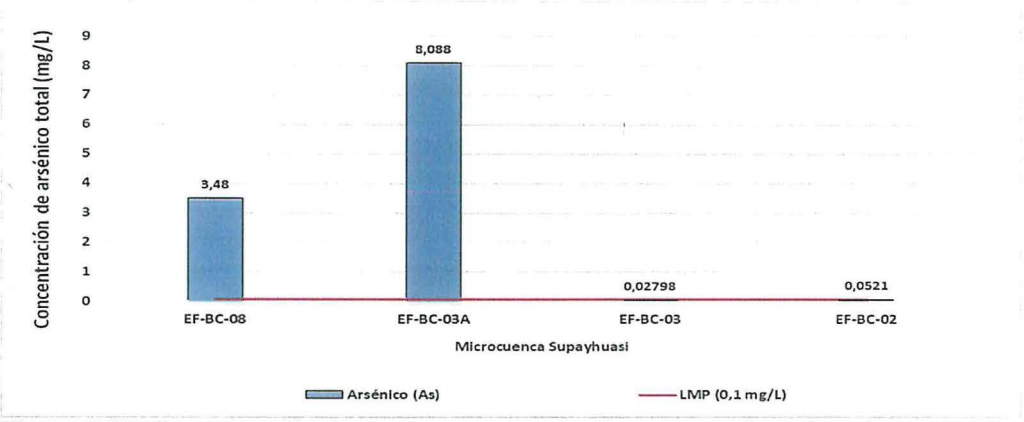

Figura 7-36. Concentración de arsénico total, en la microcuenca Supayhuasi, comparados con los LMP

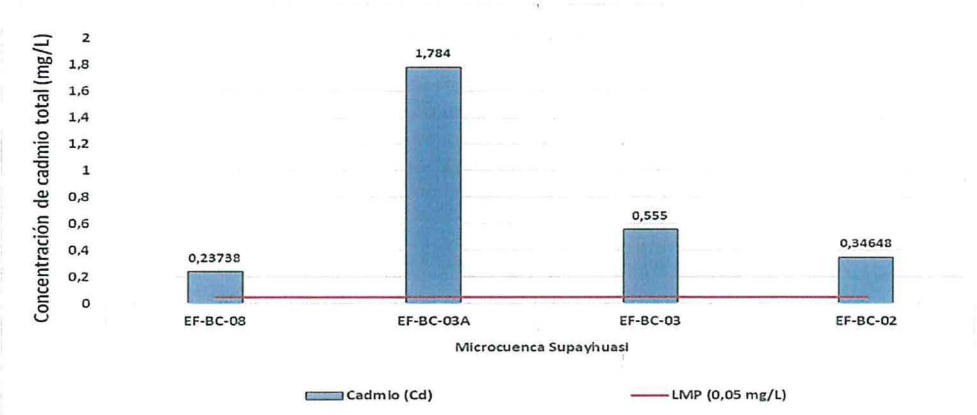

Figura 7-37. Concentración de cadmio total, en la microcuenca Supayhuasi, comparados con los LMP

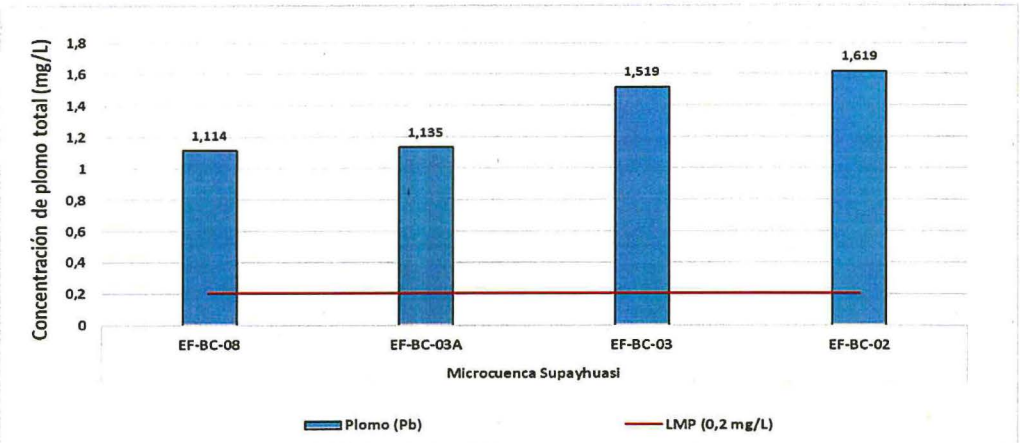

Figura 7-38. Concentración de plomo total, en la microcuenca Supayhuasi, comparados con los LMP

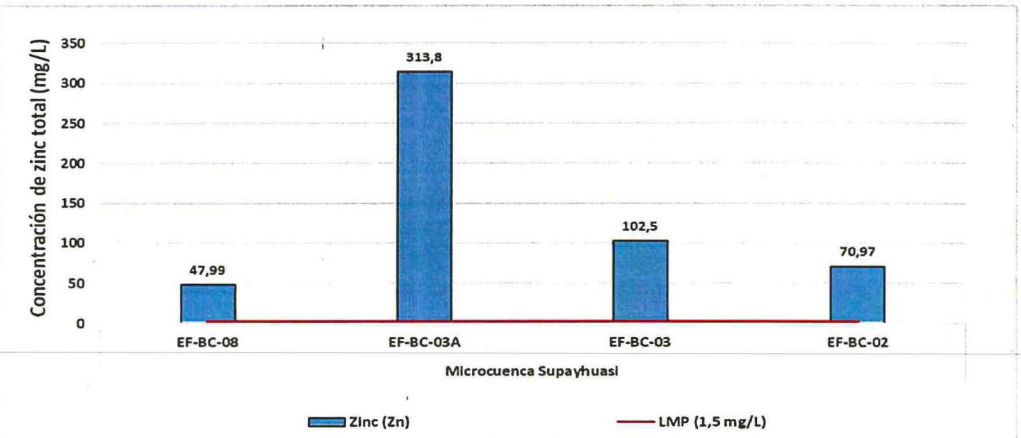

Figura 7-39. Concentración de zinc total, en la microcuenca Supayhuasi, comparados con los LMP

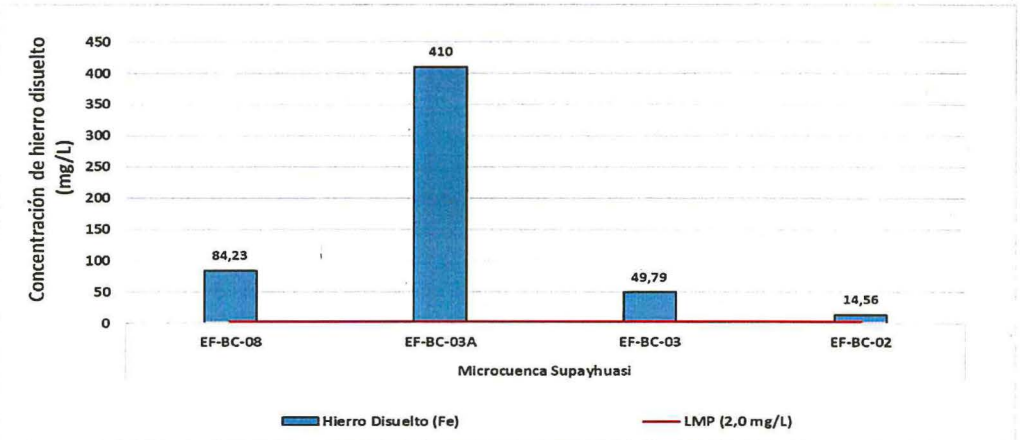

Figura 7-40. Concentración de hierro disuelto, en la microcuenca Supayhuasi, comparados con los LMP

7.1.3. Calidad del aire

7.1.3.1. Parámetros meteorológicos

Los valores de los parámetros meteorológicos obtenidos en los puntos de monitoreo AIR-CO-01 y CA-COR-02, se muestran en la Tabla 7-6. Las velocidades de viento promedio oscilaron entre 0,8 y 1,5 m/s, con una velocidad máxima de 4,5 m/s para ambos puntos de monitoreo.

Tabla 7-6. Parámetros meteorológicos registrados en los puntos de monitoreo AIR-CO-01 y CA-COR-02

Valor	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Presión barométrica (mmHg)	Velocidad (m/s)	Precipitación (mm)
Estación de monitoreo AIR-CO-01					
Mínimo	-5,2	23,0	486,8	0	0
Máximo	14,2	94,0	491,5	4,5	0,01
Promedio	3,0	66,5	489,3	0,8	0,0001
Estación de monitoreo CA-COR-02					
Mínimo	-4,6	20,0	486,0	0	0
Máximo	11,5	90,0	491,2	4,5	0
Promedio	2,4	62,6	488,3	1,5	0

En cuanto a la dirección del viento, la representación gráfica de la rosa de vientos se realizó con el propósito de obtener información estadística relativa a la dirección y velocidad del viento, en la cual se observa que las direcciones predominantes de los vientos fueron norte (N) y sureste (SE), correspondiente a los puntos de monitoreo AIR-CO-01 y CA-COR-02 respectivamente. Las frecuencias de las predominancias fueron 16,1% para el punto de monitoreo CA-COR-02, es decir con dicho porcentaje los vientos se dirigen desde el proyecto minero Corani hacia la comunidad campesina de Quelcaya; mientras que, el punto de monitoreo AIR-CO-01 tuvo una frecuencia de 17,2% (Figuras 7-41 y 7-42).

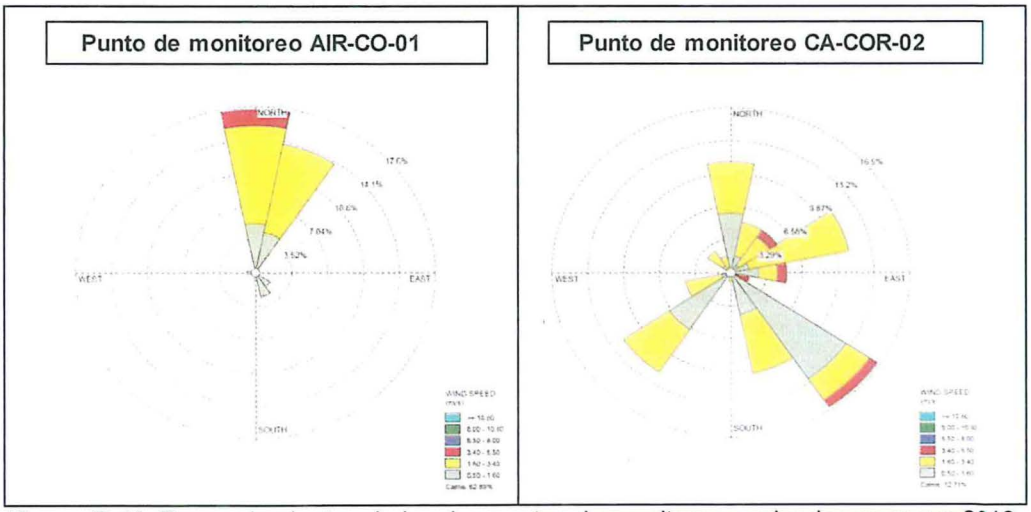

Figura 7-41. Rosas de vientos de los dos puntos de monitoreo evaluados en mayo 2018

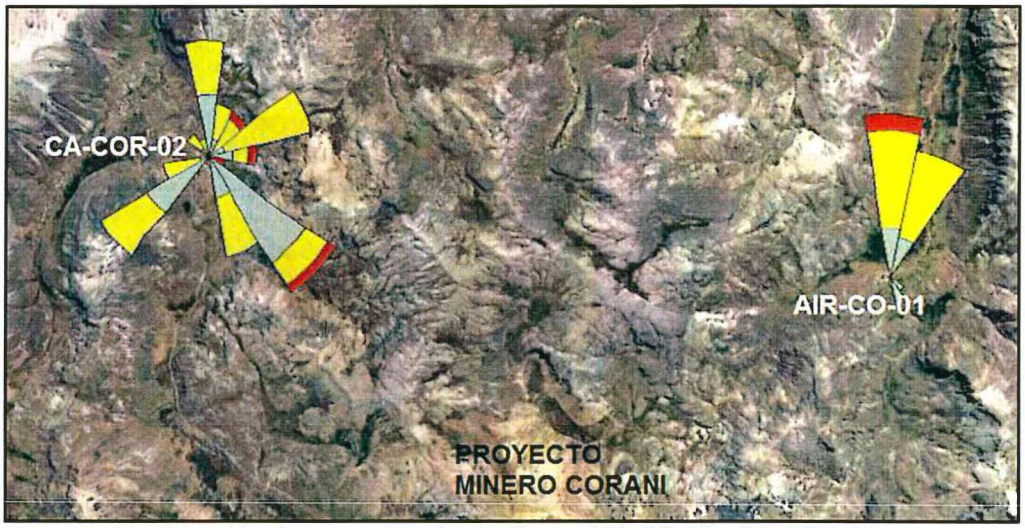

Figura 7-42. Ubicación de los puntos de monitoreo AIR-CO-01 y CA-COR-02, y sus rosas de vientos

7.1.3.2. Análisis de material particulado (PM_{10} y $PM_{2,5}$)

Los resultados del monitoreo del parámetro atmosférico material particulado menor a 10 micras (PM_{10}) fueron comparados con los valores establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental para Aire (en adelante, ECA para aire), aprobado mediante Decreto Supremo N.° 003-2017-MINAM, que se encuentra actualmente vigente.

La Figura 7-43 muestra los resultados de las concentraciones diarias de PM_{10}, registrados en los puntos de monitoreo AIR-CO-01 y CA-COR-02, las cuales no excedieron el valor establecido en los ECA para aire de PM_{10} igual a 100 µg/m³, para un periodo de 24 horas.

La máxima concentración de PM_{10} se obtuvo en el punto de monitoreo AIR-CO-01, con un valor de 35,8 µg/m³, debido a que en las inmediaciones al mencionado punto se ubican vías sin asfaltar, pero de bajo tránsito vehicular, que, por acción de los vientos sobre la superficie de esas vías, sería fuente de material particulado. La mínima concentración de PM_{10} fue obtenida en el punto de monitoreo CA-COR-02, con un valor de 12,7 µg/m³.

El común denominador entre las concentraciones de PM_{10} obtenidas tanto en el IGA[34] del administrado como en el monitoreo de calidad del aire, durante el 15 al 20 de mayo de 2018; fue que no excedieron el valor establecido en los ECA para aire de PM_{10} igual a 100 µg/m³, para un periodo de 24 horas; y que ninguna de las concentraciones es superior a los 43,0 µg/m³.

[34] Segundo Informe Técnico Sustentatorio del proyecto Corani, aprobado mediante Resolución Directoral N.° 340-2017-SENACE/DCA, con fecha 02 de noviembre de 2017.

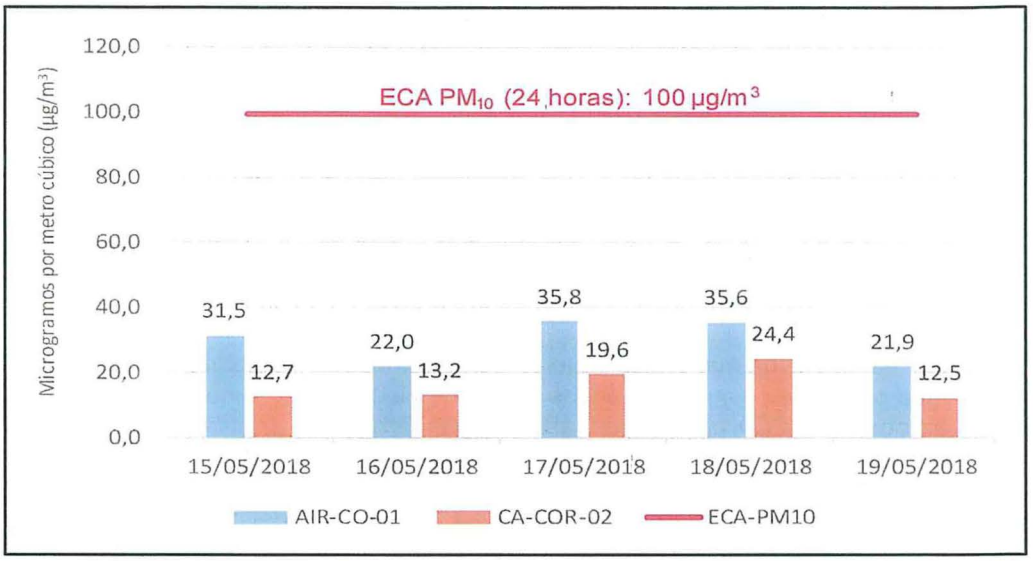

Figura 7-43. Resultados de PM_{10} de los dos puntos de monitoreo, comparados con los ECA para aire

Los resultados del monitoreo del parámetro atmosférico material particulado menor a 2,5 micras ($PM_{2,5}$) fueron comparados con los valores establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental para Aire (en adelante, ECA para aire), aprobado mediante Decreto Supremo N.° 003-2017-MINAM, que se encuentra actualmente vigente.

La Figura 7-44 muestra los resultados de las concentraciones diarias de $PM_{2,5}$ reportadas en los puntos de monitoreo AIR-CO-01 y CA-COR-02, las cuales las cuales no excedieron el valor establecido en los ECA para aire de PM_{10} igual a 50 µg/m³, para un periodo de 24 horas.

La máxima concentración de $PM_{2,5}$ se obtuvo en el punto de monitoreo CA-COR-02, con un valor de 12,1 µg/m³. La mínima concentración de $PM_{2,5}$ fue obtenida en el punto de monitoreo AIR-CO-01, con un valor de 6,6 µg/m³.

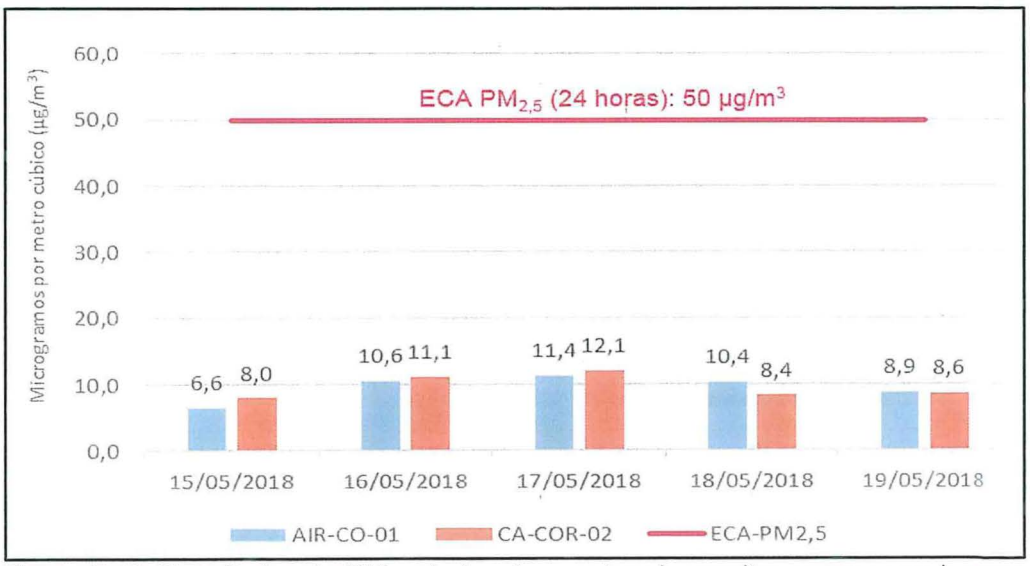

Figura 7-44. Resultados de $PM_{2,5}$ de los dos puntos de monitoreo, comparados con los ECA para aire

7.2. Comparación referencial con estándares nacionales y de nivel internacional

7.2.1. Calidad de manantiales

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

Los resultados de manantiales fueron comparados referencialmente con los ECA para agua categorías 1 y 4, aprobados mediante Decreto Supremo N.° 004-2017-MINAM (en adelante, ECA para agua Cat1 y Cat4): *categoría 1 (poblacional y recreacional)*, se consideró la subcategoría A1 (aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección), ya que algunos manantiales son utilizados como fuente de agua para las comunidades ubicadas dentro del área de influencia del proyecto minero Corani, y *categoría 4 (conservación del ambiente acuático)*, se consideró la subcategoría E2 (ríos de la costa y sierra).

Se evaluaron cuatro manantiales en febrero 2018 (en adelante, época húmeda), tres se ubicaron en la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa y uno en la microcuenca Quelcaya; y, en julio 2017 (en adelante, época seca) de los tres manantiales evaluados, dos se ubicaron en la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa y uno en la microcuenca Quelcaya. En la Tabla 7-7 se muestra el resumen de los parámetros que excedieron referencialmente los ECA para agua Cat1:A1 o Cat.4:E2.

Tabla 7-7. Resultados de calidad de manantiales que excedieron referencialmente los ECA para agua en las microcuencas Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa y Quelcaya

Punto de muestreo	Julio 2017 (época seca)		Febrero 2018 (época húmeda)	
	Decreto Supremo N.° 004-2017-MINAM			
	Categoría 1	Categoría 4	Categoría 1	Categoría 4
	Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Ríos de costa y sierra	Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Ríos de costa y sierra
Mana7[b]	Fósforo	Fósforo Oxígeno disuelto	pH Oxígeno disuelto Fósforo	Fósforo
Mana8[b]	pH Arsénico Fósforo	Fósforo	Arsénico Fósforo	Fósforo
Mana10[a]	Oxígeno disuelto Arsénico Fósforo Hierro	Oxígeno disuelto Fósforo	Oxígeno disuelto Arsénico Fósforo	Oxígeno disuelto
Mana13[b]	NE	NE	---	Cadmio disuelto

a: ubicado en la microcuenca Quelcaya
b: ubicaron en la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa
NE: no evaluado
----: no excede los ECA para agua Cat1:A1

Los valores de pH obtenidas en los puntos (Mana7, Mana8 y Mana13) ubicados en la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa, varían entre 6,48 y 6,86 en época húmeda; y, entre 6,39 y 7,79 en época seca. Mientras que, en el punto Mana10, ubicado en la microcuenca Quelcaya, fue 7,6 en época húmeda y 7,14 en época seca. Asimismo, solo en los puntos Mana7 (época húmeda) y Mana8 (época seca), se

registraron valores de pH por debajo del rango referencial establecido en los ECA para agua Cat1:A1 y Cat4:E2, presentando características ligeramente ácidas que incumplieron con la normativa antes mencionada (Figura 7-45).

En la Figura 7-46, solo las concentraciones de oxígeno disuelto reportadas en el punto Mana10, en épocas húmeda y seca, se encontraron por debajo del valor mínimo referencial establecido en los ECA para agua Cat1:A1 y Cat4:E2. En tanto que, en ambas épocas, solo el punto Mana7 registró valores de oxígeno disuelto, menores al valor mínimo referencial establecido en los ECA para agua Cat1:A1.

De la evaluación en épocas húmeda y seca, solo en los puntos Mana8 y Mana10 se consignaron concentraciones de arsénico total que excedieron referencialmente el valor establecido en los ECA para agua Cat1:A1 y Cat4:E2 (Figura 7-47).

La concentración de fósforo total en épocas húmeda y seca, solo en los puntos Mana7 y Mana8 excedieron referencialmente el valor establecido en los ECA para agua Cat1:A1 y Cat4:E2. Asimismo, en época húmeda, solo los puntos Mana13 y Mana10 registraron concentraciones de fósforo total que excedieron de manera referencial el valor establecido en los ECA para agua Cat4:E2 (Figura 7-48).

En tanto que, en época seca, solo la concentración de hierro total reportada en el punto Mana10, excedió referencialmente el valor establecido en los ECA para agua Cat1:A1 (Figura 7-49).

Por último, en época húmeda, solo la concentración de cadmio disuelto obtenida en el punto Mana13, excedió de forma referencial el valor establecido en los ECA para agua Cat4:E2 (Figura 7-50).

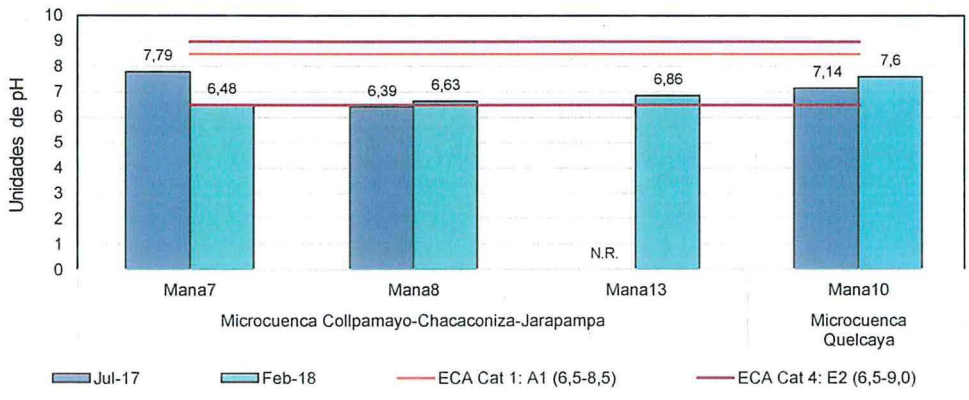

Figura 7-45. Valores de pH en manantiales, comparados con los ECA para agua categoría 1:A1 y categoría 4:E2
NR: no realizado o evaluado

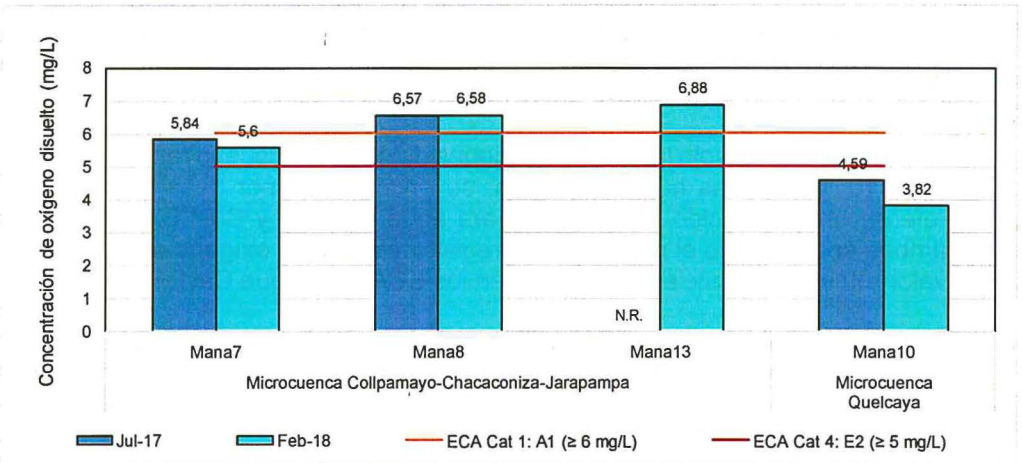

Figura 7-46. Concentración de oxígeno disuelto en manantiales, comparados con los ECA para agua categoría 1:A1 y categoría 4:E2
NR: no realizado o evaluado

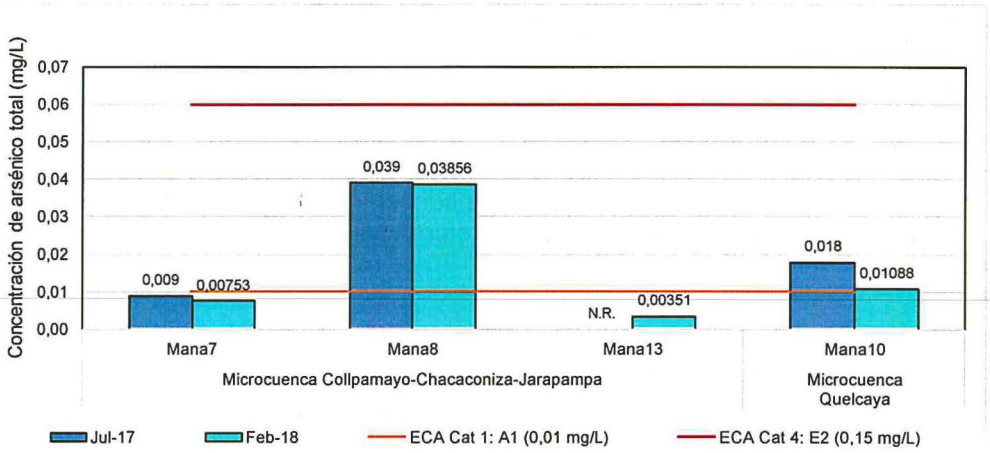

Figura 7-47. Concentración de arsénico total en manantiales, comparados con los ECA para agua categoría 1:A1 y categoría 4:E2
NR: no realizado o evaluado

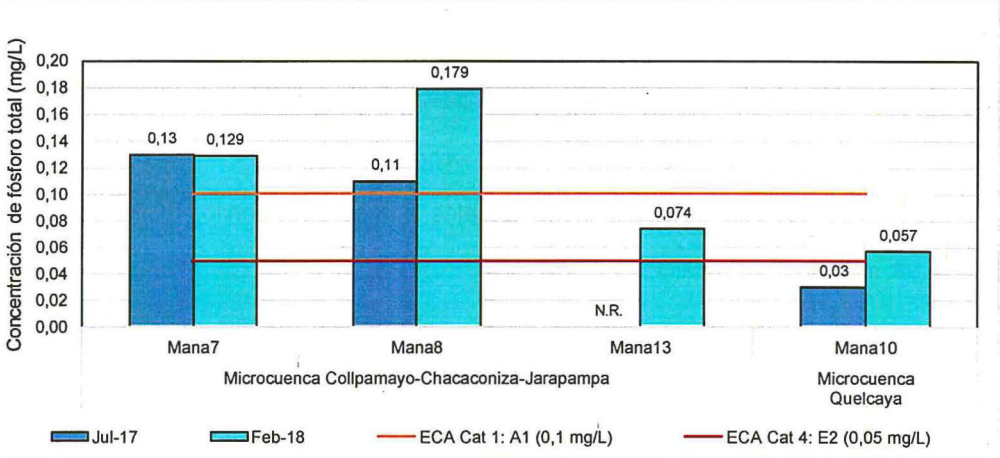

Figura 7-48. Concentración de fósforo total en manantiales, comparados con los ECA para agua categoría 1:A1 y categoría 4:E2
NR: no realizado o evaluado

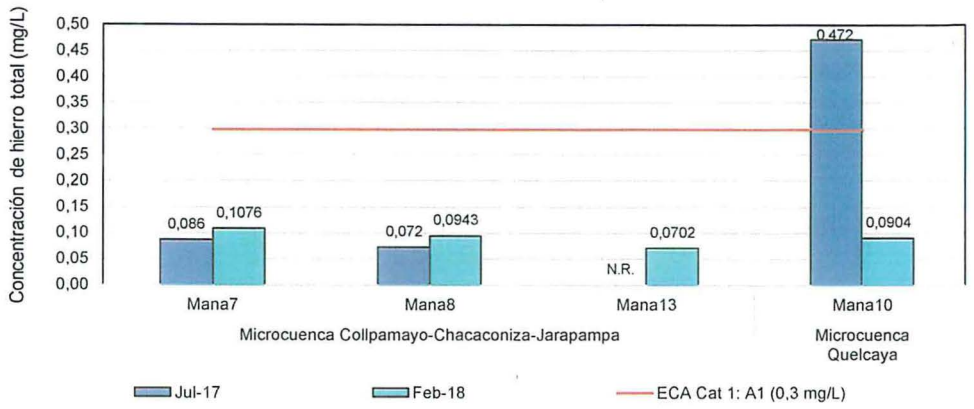

Figura 7-49. Concentración de hierro total en manantiales, comparados con los ECA para agua categoría 1:A1 y categoría 4:E2
NR: no realizado o evaluado

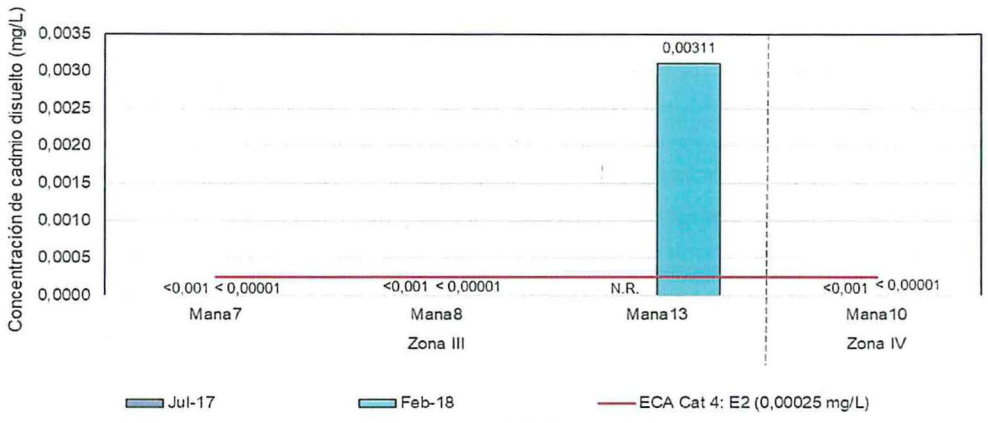

Figura 7-50. Concentración de cadmio disuelto en manantiales, comparados con los ECA para agua categoría 1:A1 y categoría 4:E2
NR: no realizado o evaluado

7.2.1. Calidad de agua subterránea

Los resultados de calidad de agua subterránea en piezómetros fueron comparados referencialmente con los ECA para agua categoría 4, aprobados mediante Decreto Supremo N.° 004-2017-MINAM (en adelante, ECA para agua Cat4): *categoría 4 (conservación del ambiente acuático)*, se consideró la subcategoría E2 (ríos de la costa y sierra).

Se evaluaron diez piezómetros en febrero 2018 (en adelante, época húmeda), de los cuales cuatro se ubicaron en la microcuenca Supayhuasi, cuatro en la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa, y dos en la microcuenca Quelcaya. En la Tabla 7-8 se muestra el resumen de los parámetros que excedieron referencialmente los ECA para agua Cat.4:E2.

Tabla 7-8. Resultados de calidad de agua subterránea (piezómetros) que excedieron referencialmente los ECA para agua en las microcuencas Supayhuasi, Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa y Quelcaya

Punto de muestreo	Febrero 2018 (época húmeda) Decreto Supremo N.° 004-2017-MINAM Categoría 4 Ríos de costa y sierra
MGW-CO-02[a]	pH Oxígeno disuelto Plomo Talio Zinc Cadmio disuelto
MGW-CO-03[a]	Oxígeno disuelto Plomo
MGW-CO-01[b]	pH Oxígeno disuelto
MGW-CO-05[b]	Oxígeno disuelto Arsénico Plomo
MGW-CO-04[b]	Oxígeno disuelto Arsénico Plomo
MGW-CO-06[b]	pH Oxígeno disuelto Talio Zinc
MGW-CO-07[c]	Oxígeno disuelto Arsénico Bario Plomo
MGW-CO-08[c]	Oxígeno disuelto Arsénico Bario Plomo
MGW-CO-09[c]	pH Oxígeno disuelto Plomo
MGW-CO-11[c]	Oxígeno disuelto Níquel Plomo Zinc

a: ubicado en la microcuenca Quelcaya
b: ubicaron en la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa
c: ubicado en la microcuenca Supayhuasi

Los valores de pH obtenidos solo en el punto MGQ-CO-02, ubicado en la microcuenca Quelcaya, y en los puntos MQG-CO-01 y MGW-CO-06, ubicados en la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa, se encontraron por debajo del rango referencial establecido en los ECA para agua Cat4:E2, presentando características ácidas que incumplieron con la normativa antes mencionada. Asimismo, solo el punto MGW-CO-09, ubicado en la microcuenca Supayhuasi, registró un valor de pH por encima del rango referencial establecido en los ECA en mención, presentando características básicas que incumplieron con la norma antes señalada (Figura 7-51).

En la Figura 7-52, la concentración de oxígeno disuelto consignada en todos los puntos de piezómetros, ubicados en las tres microcuencas en mención, se encontraron por debajo del valor mínimo referencial establecido en los ECA para agua Cat4:E2.

De la evaluación, solo la concentración de arsénico total reportada en los puntos MGW-CO-05, MGW-CO-04 (microcuenca Supayhuasi) y en los puntos MGW-CO-07

y MGW-CO-08 (microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa), excedieron referencialmente el valor establecido en los ECA para agua Cat4:E2 (Figura 7-53).

En tanto que, solo la concentración de bario total registrada en los puntos MGW-CO-07 y MGW-CO-08 (microcuenca Supayhuasi), excedieron referencialmente el valor establecido en los ECA para agua Cat4:E2 (Figura 7-54).

La concentración de níquel total obtenida solo en el punto MGW-CO-11 (microcuenca Supayhuasi), excedió referencialmente el valor establecido en los ECA para agua Cat4:E2 (Figura 7-55).

En la Figura 7-56, solo la concentración de plomo total consignada en los puntos MGW-CO-02 y MGW-CO-03 (microcuenca Quelcaya), MGW-CO-05 y MGW-CO-04 (microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa), MGW-CO-07, MGW-CO-08, MGW-CO-09 y MGW-CO-11 (microcuenca Supayhuasi), excedieron referencialmente el valor establecido en los ECA para agua Cat4:E2.

De la evaluación, solo la concentración de selenio total reportada en el punto MGW-CO-11 (microcuenca Supayhuasi), excedió referencialmente el valor establecido en los ECA para agua Cat4:E2 (Figura 7-57).

En tanto que, la concentración de talio total registrada en los puntos MGW-CO-02 (microcuenca Quelcaya), MGW-CO-06 (microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa) y MGW-CO-11 (microcuenca Supayhuasi), excedieron referencialmente el valor establecido en los ECA para agua Cat4:E2 (Figura 7-58).

La concentración de zinc total obtenida solo en el punto MGW-CO-02 (microcuenca Quelcaya), MGW-CO-06 (microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa) y MGW-CO-11 (microcuenca Supayhuasi), excedieron referencialmente el valor establecido en los ECA para agua Cat4:E2 (Figura 7-59).

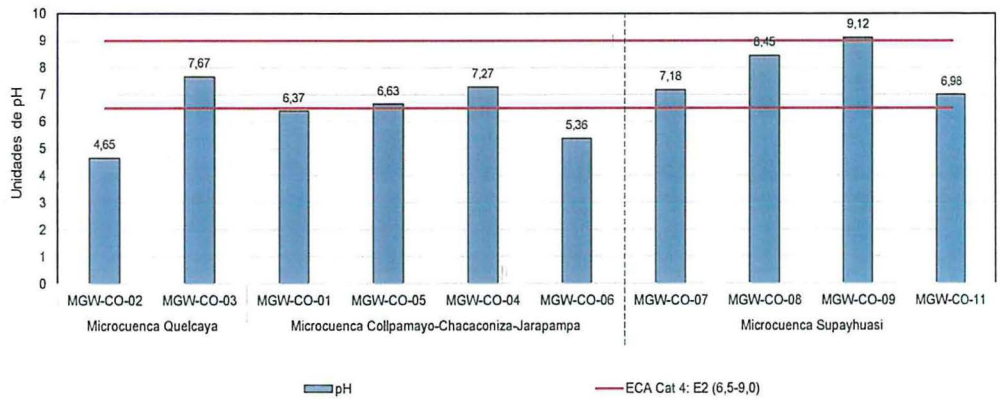

Figura 7-51. Valores de pH en piezómetros, comparados con los ECA para agua categoría 4:E2

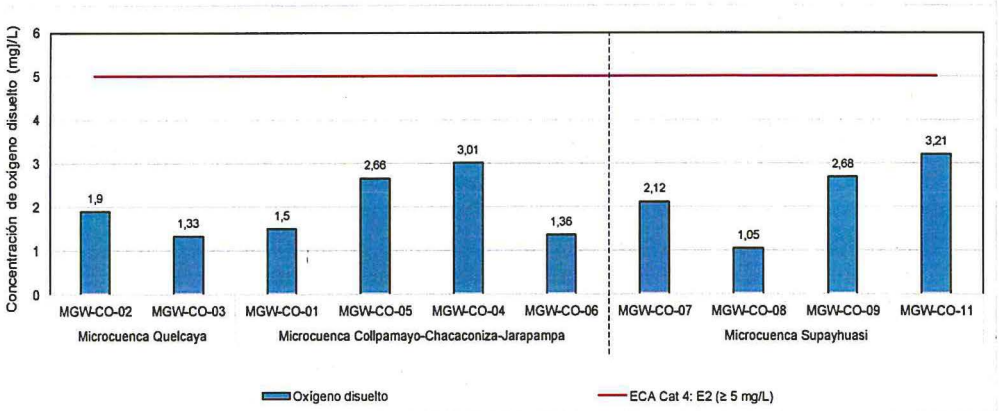

Figura 7-52. Concentración de oxígeno disuelto en piezómetros, comparados con los ECA para agua categoría 4:E2

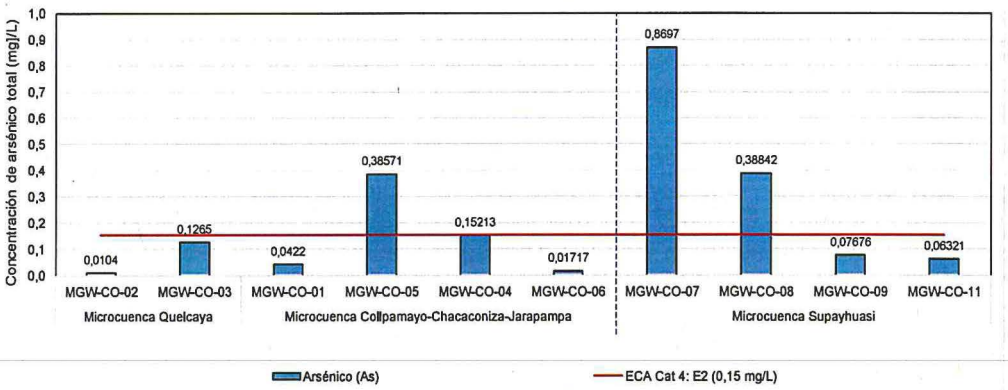

Figura 7-53. Concentración de arsénico total en piezómetros, comparados con los ECA para agua categoría 4:E2

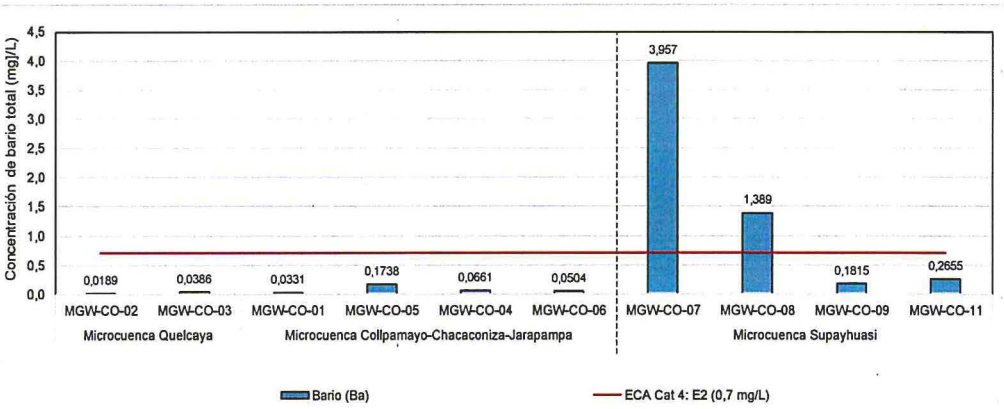

Figura 7-54. Concentración de bario total en piezómetros, comparados con los ECA para agua categoría 4:E2

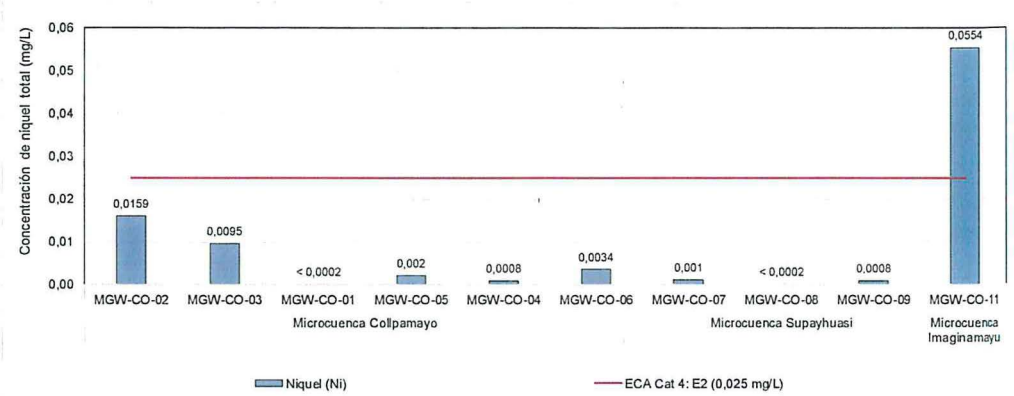

Figura 7-55. Concentración de níquel total en piezómetros, comparados con los ECA para agua categoría 4:E2

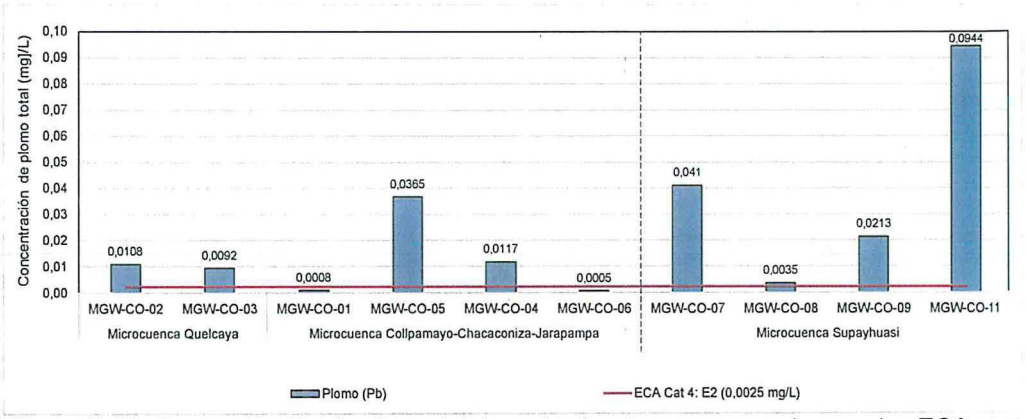

Figura 7-56. Concentración de plomo total en piezómetros, comparados con los ECA para agua categoría 4:E2

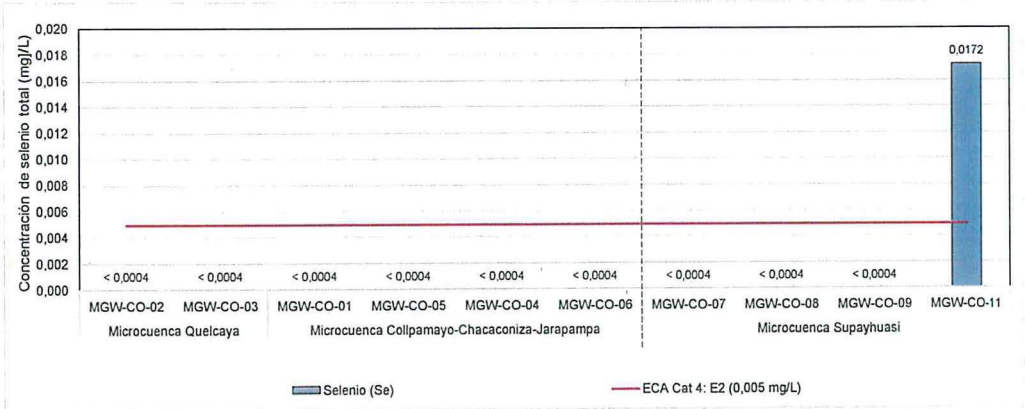

Figura 7-57. Concentración de selenio total en piezómetros, comparados con los ECA para agua categoría 4:E2

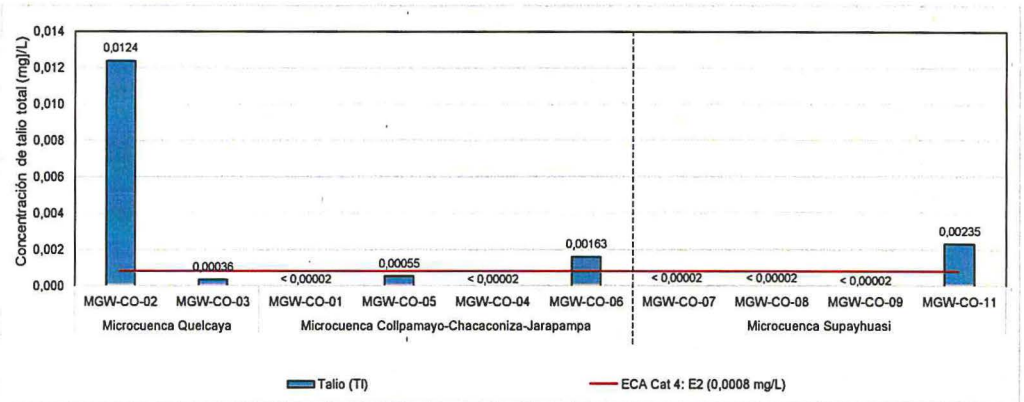

Figura 7-58. Concentración de talio total en piezómetros, comparados con los ECA para agua categoría 4:E2

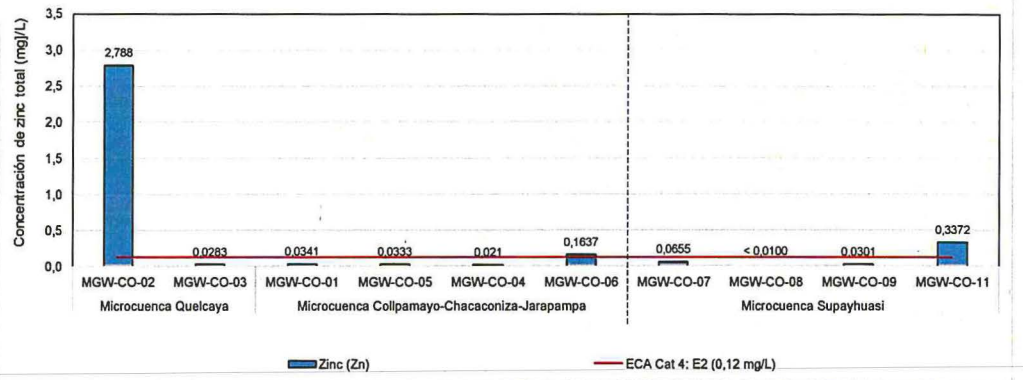

Figura 7-59. Concentración de zinc total en piezómetros, comparados con los ECA para agua categoría 4:E2

7.2.2. Calidad de sedimentos

Los resultados de los parámetros arsénico, cadmio, cobre, cromo, mercurio, plomo y zinc, fueron comparados con los valores *Interim Sediment Quality Guideline* (en adelante, ISQG[35]) y *Probable Effect Level* (en adelante, PEL[36]), de forma referencial, de la guía de calidad ambiental canadiense para sedimentos de aguas continentales (*Canadian Environmental Quality Guidelines. Sediment Quality Guidelines for Protection of Aquatic Life* – CEQG-SQG, 2002). Los resultados de los parámetros de laboratorio evaluados para el componente sedimentos, se detallan en el Anexo 2.

Microcuenca Supayhuasi (zona I)

La microcuenca Supayhuasi en febrero de 2018 (en adelante, época húmeda), comprendió 16 puntos de muestreo de sedimentos, de los cuales 4 se ubicaron en bofedales, 10 en quebradas y 2 en bocaminas; y, en julio de 2017 (en adelante, época seca) de los 9 puntos de muestreo, 2 se ubicaron en bofedales y 7 en quebradas. En

35 ISQG (Interim Sediment Quality Guideline) es la concentración por debajo del cual no se esperan efectos biológicos adversos.

36 PEL (Probable Effect Level) es la concentración sobre la cual se encuentran efectos biológicos adversos con frecuencia.

la Tabla 7-9 se muestra el resumen de los parámetros que excedieron los valores de la CEQG-SQG.

Tabla 7-9. Resultados de calidad de sedimentos que excedieron los valores de la CEQG-SQG en la microcuenca Supayhuasi

Punto de muestreo	Julio 2017 (época seca)		Febrero 2018 (época húmeda)	
	Canadian Environmental Quality Guidelines-Sediment Quality Guidelines for Protection of Aquatic Life (CEQG-SQG)			
	ISQG	PEL	ISQG	PEL
SED-BMina2	Arsénico Cobre Mercurio Plomo Zinc	Arsénico Plomo Zinc	---	---
SED-Cor-bof28	NE	NE	Mercurio	---
SED-QMina3	NE	NE	---	---
SED-QMina4	NE	NE	Mercurio	---
SED-EF-BC-03	NE	NE	Arsénico Cadmio Cobre Mercurio Plomo Zinc	Arsénico Cadmio Cobre Mercurio Plomo Zinc
SED-EF-BC-02	NE	NE	Arsénico Cadmio Cobre Plomo Zinc	Arsénico Cadmio Mercurio Plomo Zinc
SED-BMina3[a]	Arsénico Cadmio Cobre Mercurio Plomo Zinc	Arsénico Cadmio Plomo Zinc	NE	NE
SED-QTaj1	NE	NE	Arsénico Cadmio Cobre Mercurio Plomo Zinc	Arsénico Mercurio Plomo
SED-QSN2	Arsénico Cadmio Cobre Mercurio Plomo Zinc	Arsénico Cadmio Mercurio Plomo Zinc	NE	NE
SED-Cor-bof19	NE	NE	Arsénico Cadmio Cobre Mercurio Plomo Zinc	Arsénico Cadmio Mercurio Plomo Zinc
SED-QMina1	Arsénico Plomo	Arsénico Plomo	NE	NE
SED-QPiru1	Arsénico Cobre Mercurio Plomo Zinc	Arsénico Plomo	NE	NE
SED-QMina2	Arsénico	---	NE	NE
SED-QInti1	---	---	NE	NE
SED-QSupa2	Arsénico Cadmio Cobre Mercurio Plomo Zinc	Arsénico Plomo Zinc	Arsénico Cadmio Mercurio Plomo Zinc	Arsénico Mercurio Plomo
SED-QSupa3	Arsénico Cadmio Cobre Mercurio	Arsénico Plomo Zinc	Arsénico Cadmio Cobre Mercurio	Arsénico Plomo Zinc

Punto de muestreo	Julio 2017 (época seca)		Febrero 2018 (época húmeda)	
	Canadian Environmental Quality Guidelines-Sediment Quality Guidelines for Protection of Aquatic Life (CEQG-SQG)			
	ISQG	PEL	ISQG	PEL
	Plomo Zinc		Plomo Zinc	

NE: no evaluado
—: no excede los valores PEL o ISQG de la CEQG-SQG
a: En la evaluación en época húmeda se denominó SED-QSN1

En la Figura 7-60, solo la concentración de arsénico total, en época húmeda, registrada en los puntos SED-EF-BC-03, SED-EF-BC-02, SED-QTaj1, SED-Cor-bof19, SED-QSupa2 y SED-QSupa3, excedieron referencialmente los valores PEL (17 mg/kg) e ISQG (5,9 mg/kg) de la CEQG-SQG; mientras que, en época seca, solo en los puntos SED-BMina2, SED-BMina3, SED-QSN2, SED-QMina1, SED-QPiru1, SED-QSupa2 y SED-QSupa3 se excedieron referencialmente el valor PEL (17 mg/kg), y solo en el punto SED-QMina2 se excedió referencialmente el valor ISQG (5,9 mg/kg) de la CEQG-SQG.

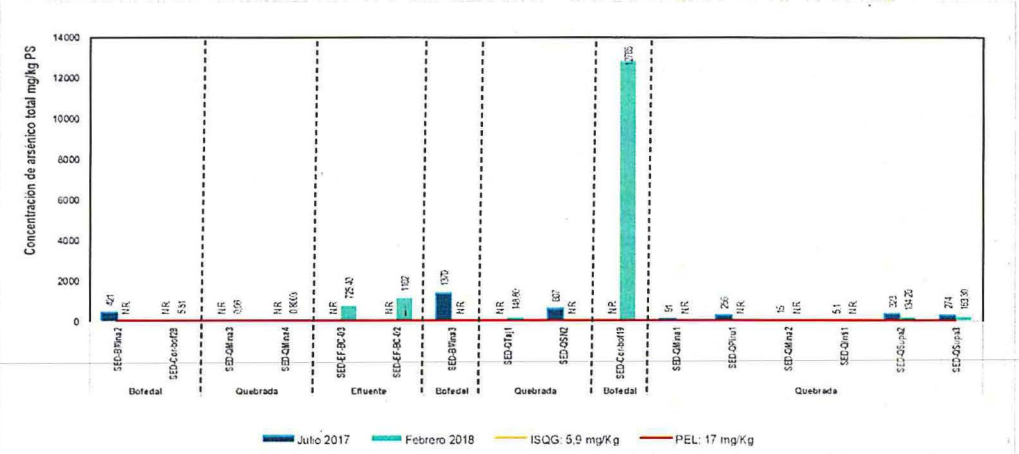

Figura 7-60. Concentración de arsénico total en la microcuenca Supayhuasi, comparados con los valores ISQG y PEL de la CEQG-SQG
NR: no realizado o evaluado

En tanto que, la concentración de cadmio total, en época húmeda, reportada solo en los puntos SED-EF-BC-03, SED-EF-BC-02 y SED-Cor-bof19, excedieron referencialmente los valores PEL (3,5 mg/kg) e ISQG (0,6 mg/kg) de la CEQG-SQG; y, solo en los puntos SED-QTaj1, SED-QSupa2 y SED-QSupa3 se excedieron referencialmente el valor ISQG (0,6 mg/kg) de la CEQG-SQG. Asimismo, en época seca, solo en los puntos SED-BMina3 y SED-QSN2 se excedieron referencialmente el valor PEL (3,5 mg/kg) e ISQG (0,6 mg/kg) de la CEQG-SQG; mientras que, solo en los puntos SED-BMina2, SED-QSupa2 y SED-QSupa3 se excedieron referencialmente el valor ISQG (0,6 mg/kg) de la CEQG-SQG (Figura 7-61).

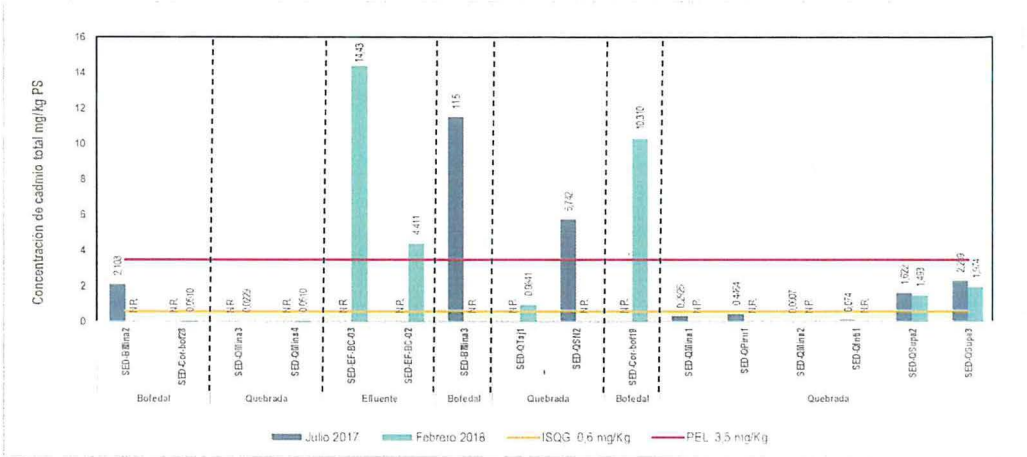

Figura 7-61. Concentración de cadmio total en la microcuenca Supayhuasi, comparados con los valores ISQG y PEL de la CEQG-SQG
NR: no realizado o evaluado

De la evaluación en época húmeda, la concentración de cobre total consignada solo en el punto SED-EF-BC-03 excedió referencialmente el valor PEL (197 mg/kg) de la CEQG-SQG; y, solo en los puntos SED-EF-BC-02, SED-QTaj1, SED-Cor-bof19 y SED-QSupe3 se excedieron referencialmente el valor ISQG (35,7 mg/kg) de la CEQG-SQG. También, en época seca, solo en los puntos SED-BMina2, SED-BMina3, SED-QSN2, SED-QPiru1, SED-QSupa2 y SED-QSupa3 se excedieron referencialmente el valor ISQG (35,7 mg/kg) de la CEQG-SQG (Figura 7-62).

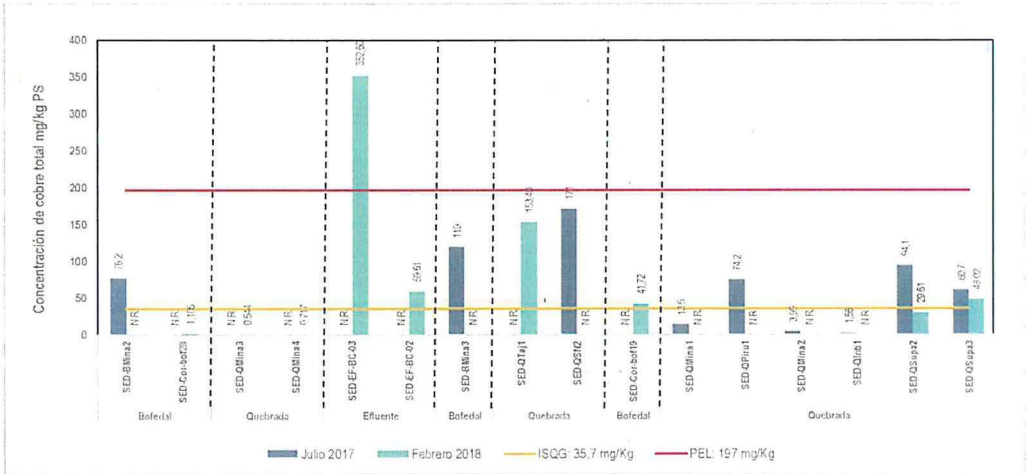

Figura 7-62. Concentración de cobre total en la microcuenca Supayhuasi, comparados con los valores ISQG y PEL de la CEQG-SQG
NR: no realizado o evaluado

En la Figura 7-63, la concentración de cromo total registrada en los puntos, tanto en época húmeda como seca, no excedieron de manera referencial los valores ISQG (37,3 mg/kg) y PEL (90 mg/kg) de la CEQG-SQG. Se aprecia que, en los puntos SED-QSupa2 y SED-QSupa3, evaluados en ambas épocas, se obtuvieron menores concentraciones de cromo total en la época húmeda.

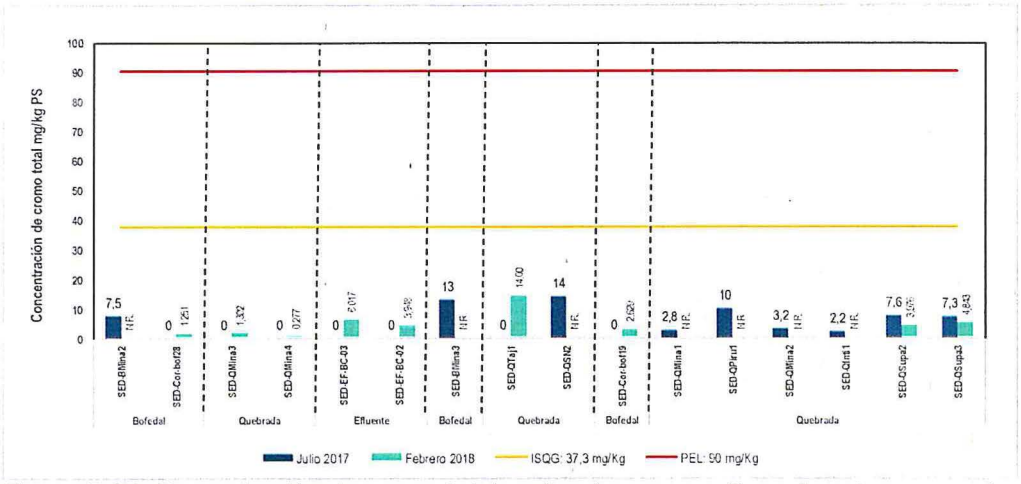

Figura 7-63. Concentración de cromo total en la microcuenca Supayhuasi, comparados con los valores ISQG y PEL de la CEQG-SQG
NR: no realizado o evaluado

En tanto que, la concentración de mercurio total, en época húmeda, reportada solo en los puntos SED-EF-BC-03, SED-QTaj1, SED-Cor-bof19 y SED-QSupa2, excedieron referencialmente el valor PEL (0,486 mg/kg) e ISQG (0,17 mg/kg) de la CEQG-SQG; y, solo en el punto SED-QSupa3 se excedió de forma referencial el valor ISQG (0,17 mg/kg) de la CEQG-SQG. Igualmente, en época seca, solo en el punto SED-QSN2 se excedió referencialmente el valor PEL (0,486 mg/kg) e ISQG (0,17 mg/kg) de la CEQG-SQG; mientras que, solo en los puntos SED-BMina2, SED-BMina3, SED-QPiru1, SED-QSupa2 y SED-QSupa3 se excedieron de manera referencial el valor ISQG (0,17 mg/kg) de la CEQG-SQG (Figura 7-64).

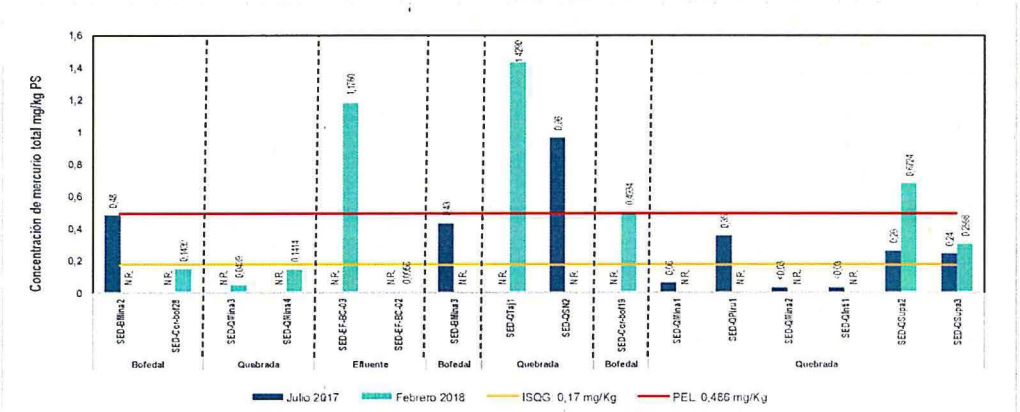

Figura 7-64. Concentración de mercurio total en la microcuenca Supayhuasi, comparados con los valores ISQG y PEL de la CEQG-SQG
NR: no realizado o evaluado

De la evaluación en época húmeda, la concentración de plomo total consignada solo en los puntos SED-EF-BC-03, SED-EF-BC-02, SED-QTaj1, SED-Cor-bof19, SED-QSupa2 y SED-QSupa3 excedieron referencialmente el valor PEL (91,3 mg/kg) e ISQG (35 mg/kg) de la CEQG-SQG. De igual modo, en época seca, solo en los puntos SED-BMina2, SED-BMina3, SED-QSN2, SED-QMina1, SED-QPiru1, SED-QSupa2 y SED-QSupa3 se excedieron de manera referencial los valores de la CEQG-SQG en mención (Figura 7-65).

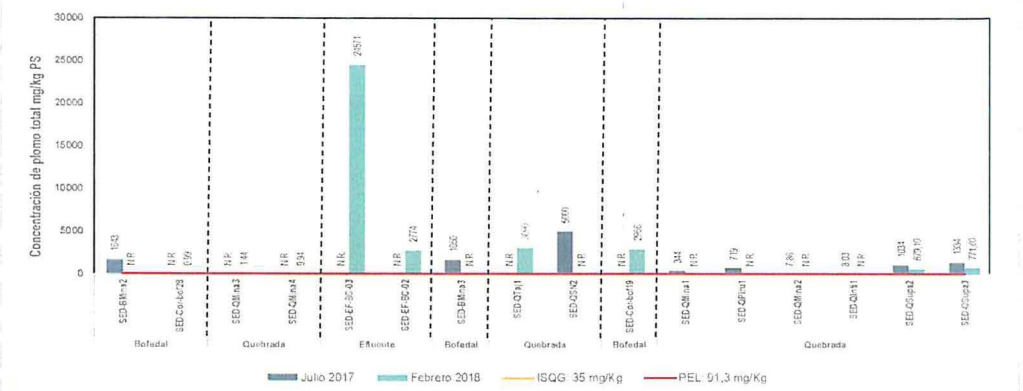

Figura 7-65. Concentración de plomo total en la microcuenca Supayhuasi, comparados con los valores ISQG y PEL de la CEQG-SQG
NR: no realizado o evaluado

En la Figura 7-66, solo la concentración de zinc total, en época húmeda, registrada en los puntos SED-EF-BC-03, SED-EF-BC-02, SED-Cor-bof19 y SED-QSupe3, excedieron referencialmente los valores PEL (315 mg/kg) e ISQG (123 mg/kg) de la CEQG-SQG, y solo en los puntos SED-QTaj1 y SED-QSupa2 se excedieron referencialmente el valor ISQG (123 mg/kg) de la CEQG-SQG. De la misma forma, en época seca, solo en los puntos SED-BMina2, SED-BMina3, SED-QSN2, SED-QSupa2 y SED-QSupa3 excedieron de forma referencial los valores PEL e ISQG antes señalados, y solo en el punto SED- SED-QPiru1 se excedió referencialmente el valor ISQG (123 mg/kg).

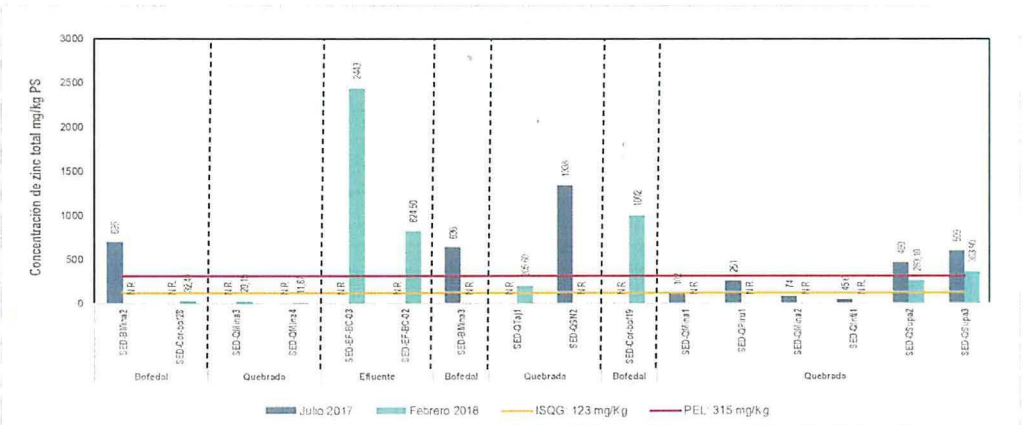

Figura 7-66. Concentración de zinc total en la microcuenca Supayhuasi, comparados con los valores ISQG y PEL de la CEQG-SQG
NR: no realizado o evaluado

En tanto que, en las épocas húmeda y seca, se reportaron concentraciones de uranio total que, en su mayoría, se encontraron dentro del rango de las zonas no mineralizadas, donde el punto SED-Cor-bof19 (época húmeda) presentó la mayor concentración; dicho punto se ubicó dentro del área afectada por efluentes (pasivos ambientales) (Figura 7-67).

Estudios realizados por el Ingemmet indican que el área de Macusani, es una zona con presencia de uranio, en la Formación Quenamari-Miembro Sapanuta y Yapamayo. El Boletín N° 23 Serie B del Ingemmet, menciona que los resultados geoquímicos superan los 1000 mg/kg de concentración de uranio en zonas

mineralizadas; mientras que, en zonas consideradas frescas (ligeramente mineralizadas) las concentraciones de uranio se encuentran entre los 5 y 50 mg/kg.

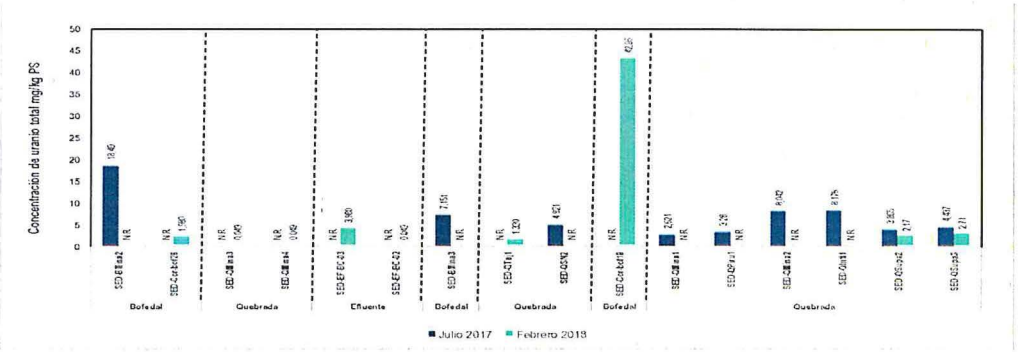

Figura 7-67. Concentración de uranio total en sedimentos, en la microcuenca Supayhuasi
NR: no realizado o evaluado

Microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa (zona II)

La microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa, en época húmeda, comprendió nueve puntos de muestreo, de los cuales seis se ubicaron en quebradas y tres en ríos; y, en época seca, uno se ubicó en quebrada y uno en río. En la Tabla 7-10 se muestra el resumen de los parámetros que excedieron los valores de la CEQG-SQG.

Tabla 7-10. Resultados de calidad de sedimentos que excedieron los valores de la CEQG-SQG en la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa

Punto de muestreo	Julio 2017 (época seca)		Febrero 2018 (época húmeda)	
	Canadian Environmental Quality Guidelines-Sediment Quality Guidelines for Protection of Aquatic Life (CEQG-SQG)			
	ISQG	PEL	ISQG	PEL
SED-QColl1	NE	NE	Arsénico Plomo Cobre	Arsénico Plomo
SED-QColl2	NE	NE	Arsénico Plomo	Arsénico Plomo
SED-QMinac1	NE	NE	Arsénico Mercurio	Arsénico
SED-QColl3	NE	NE	Arsénico Mercurio Plomo	Arsénico
SED-QColc1	Arsénico Zinc	Arsénico	Arsénico Plomo	Arsénico
SED-QSill1	NE	NE	Arsénico	---
SED-RChac1	NE	NE	Arsénico Cadmio Cobre Mercurio Plomo Zinc	Arsénico Plomo Zinc
SED-RJara2	NE	NE	Arsénico Cadmio Plomo Zinc	Arsénico Plomo Zinc
SED-RJara1	Arsénico Plomo Zinc	Arsénico	Arsénico Cadmio Mercurio Plomo Zinc	Arsénico Plomo

NE: no evaluado
—: no excede los valores PEL o ISQG de la CEQG-SQG

En la Figura 7-68, solo la concentración de arsénico total, en época húmeda, registrada en los puntos SED-QColl1, SED-QColl2, SED-QMinac1, SED-QColl3, SED-QColc1, SED-RChac1, SED-RJara2, SED-RJara1, excedieron referencialmente los valores PEL (17 mg/kg) e ISQG (5,9 mg/kg) de la CEQG-SQG; y, solo en el punto SED-QSill1 se excedió de manera referencial el valor ISQG (5,9 mg/kg) de la CEQG-SQG . Asimismo, en época seca, solo en los puntos SED-QColc1 y SED-RJara1 se excedieron referencialmente los valores PEL e ISQG antes señalados.

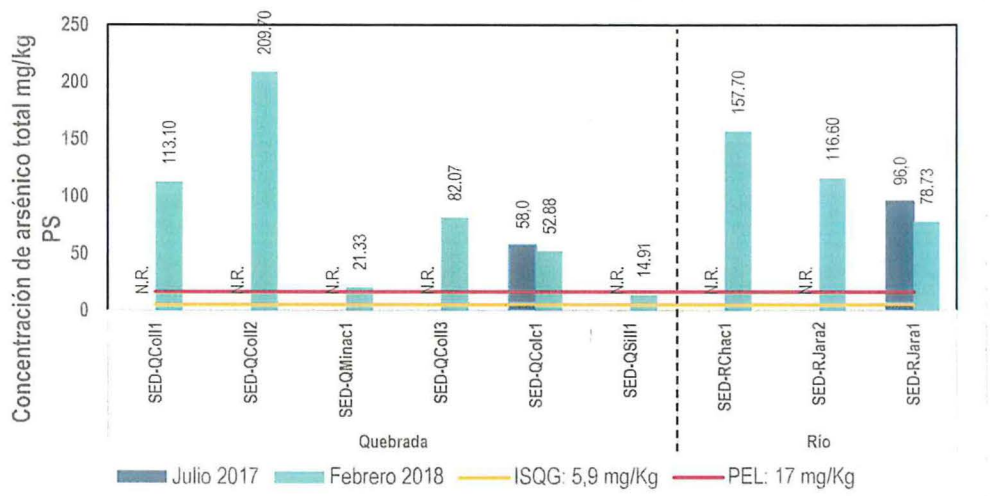

Figura 7-68. Concentración de arsénico total en la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa, comparados con los valores ISQG y PEL de la CEQG-SQG
NR: no realizado o evaluado

En tanto que, la concentración de cadmio total, en época húmeda, reportada solo en los puntos SED-RChac1, SED-RJara2 y SED-RJara1, excedieron referencialmente el valor ISQG (0,6 mg/kg) de la CEQG-SQG. De igual manera, en época seca, solo en el punto SED-RJara1 se excedió de modo referencial el valor ISQG en mención (Figura 7-69).

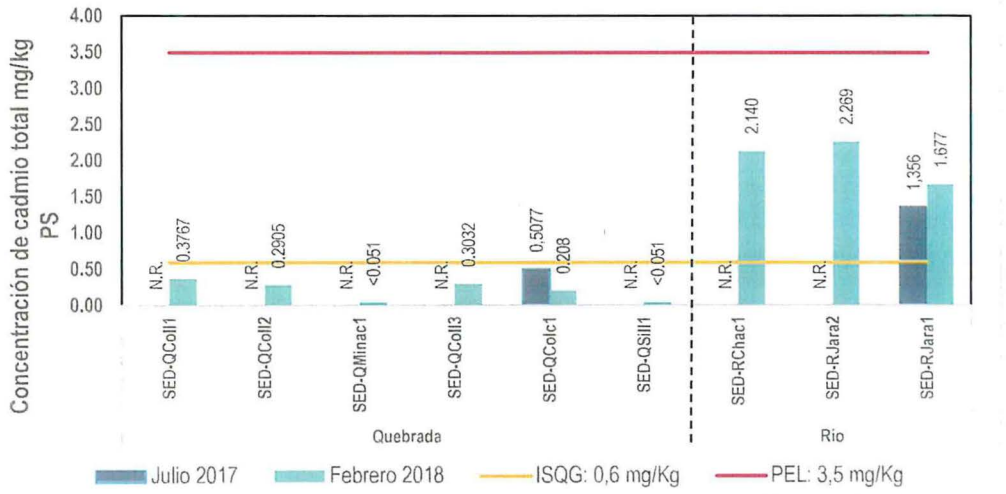

Figura 7-69. Concentración de cadmio total en la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa, comparados con los valores ISQG y PEL de la CEQG-SQG
NR: no realizado o evaluado

De la evaluación en época húmeda, la concentración de cobre total consignada solo en los puntos SED-QColl1 y SED-RChac1 excedieron referencialmente el valor ISQG (35,7 mg/kg) de la CEQG-SQG (Figura 7-70).

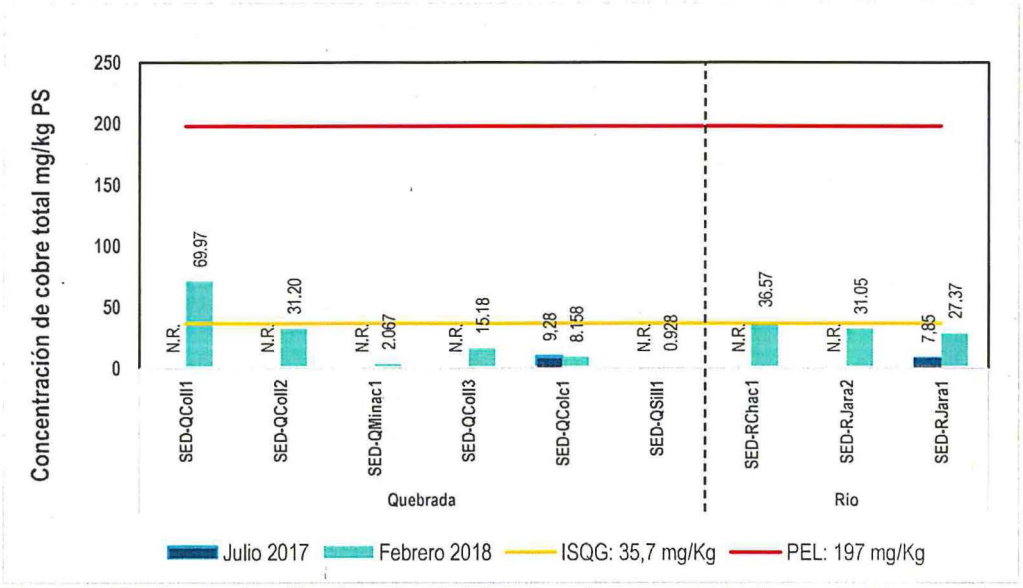

Figura 7-70. Concentración de cobre total en la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa, comparados con los valores ISQG y PEL de la CEQG-SQG
NR: no realizado o evaluado

En la Figura 7-71, la concentración de cromo total registrada en los puntos, tanto en época húmeda como seca, no excedieron de manera referencial los valores ISQG (37,3 mg/kg) y PEL (90 mg/kg) de la CEQG-SQG.

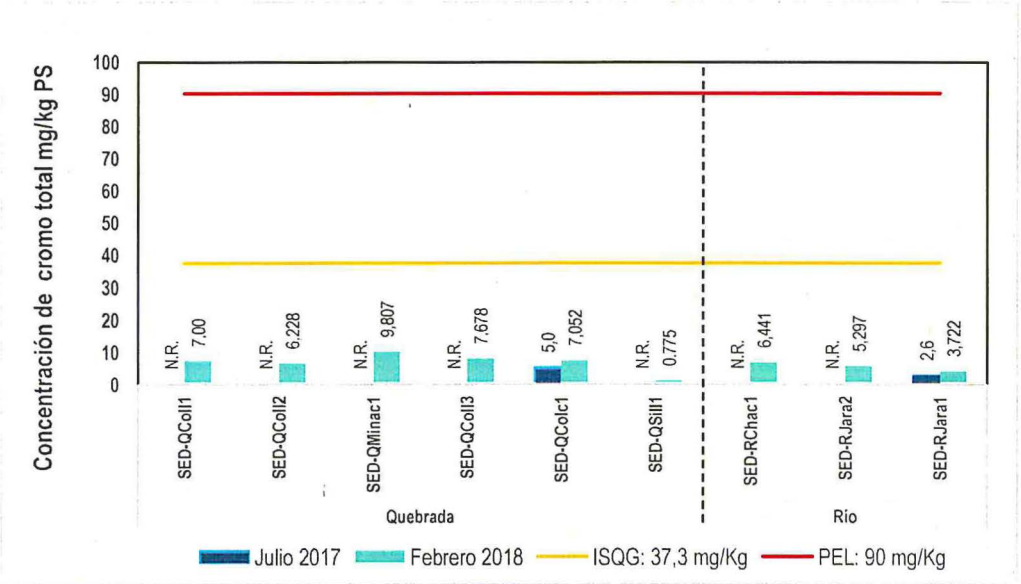

Figura 7-71. Concentración de cromo total en la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa, comparados con los valores ISQG y PEL de la CEQG-SQG
NR: no realizado o evaluado

En tanto que, la concentración de mercurio total, en época húmeda, reportada solo en los puntos SED-QMinac1, SED-QColl3, SED-RChac1 y SE-RJara1 excedieron referencialmente el valor ISQG (0,17 mg/kg) de la CEQG-SQG. De igual modo, en época seca, solo en el punto SED-RJara1 excedió de forma referencial el valor ISQG (0,17 mg/kg) de la CEQG-SQG (Figura 7-72).

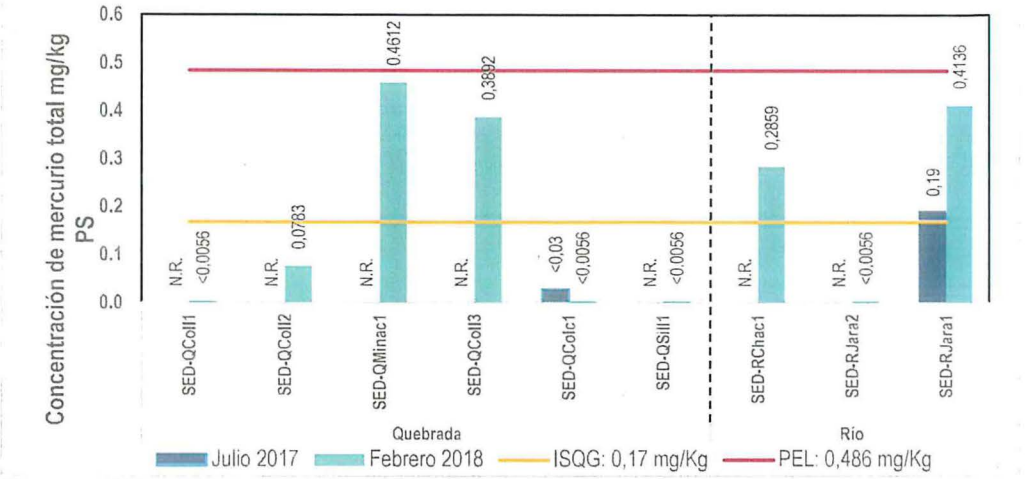

Figura 7-72. Concentración de mercurio total en la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa, comparados con los valores ISQG y PEL de la CEQG-SQG
NR: no realizado o evaluado

De la evaluación en época húmeda, la concentración de plomo total consignada solo en los puntos SED-QColl1, SED-QColl2, SED-RChac1, SED-RJara2 y SED-RJara1, excedieron referencialmente los valores PEL (91,3 mg/kg) e ISQG (35 mg/kg) de la CEQG-SQG; mientras que, solo en los puntos SED-QColl3 y SED-QColc1 se excedieron de forma referencial el valor ISQG (35 mg/kg) de la CEQG-SQG. Asimismo, en época seca, solo en los puntos SED-QColc1 y SED-RJara1 se excedieron referencialmente el valor ISQG (35 mg/kg) de la CEQG-SQG (Figura 7-73).

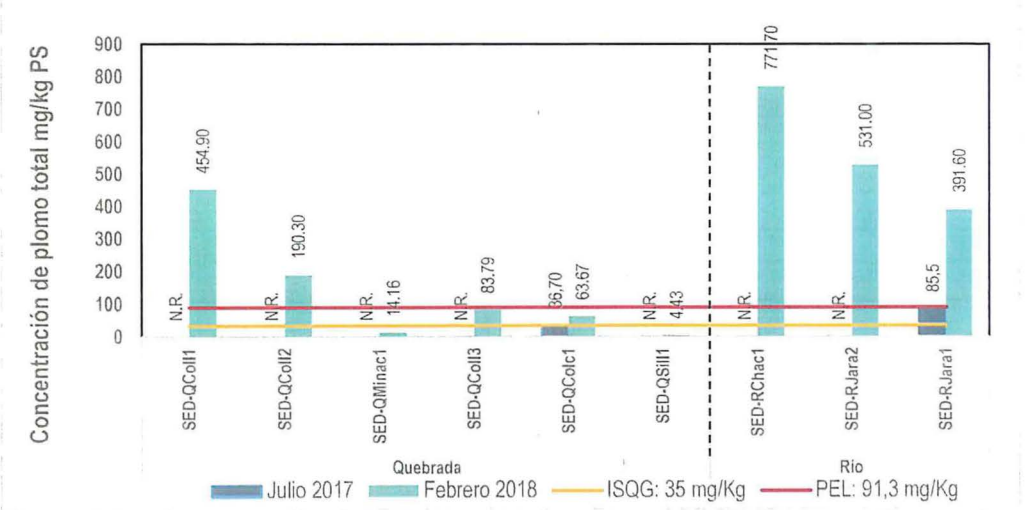

Figura 7-73. Concentración de plomo total en la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa, comparados con los valores ISQG y PEL de la CEQG-SQG
NR: no realizado o evaluado

En la Figura 7-74, la concentración de zinc total en época húmeda, registrada solo en los puntos SED-RChac1 y SED-RJara2 excedieron referencialmente el valor PEL (315 mg/kg); mientras que, solo en el punto SED-RJara1 se excedió referencialmente el valor ISQG (123 mg/kg) de la CEQG-SQG. Asimismo, en época seca en los puntos SED-QColc1 y SED-RJara1 excedieron referencialmente el valor ISQG (123 mg/kg).

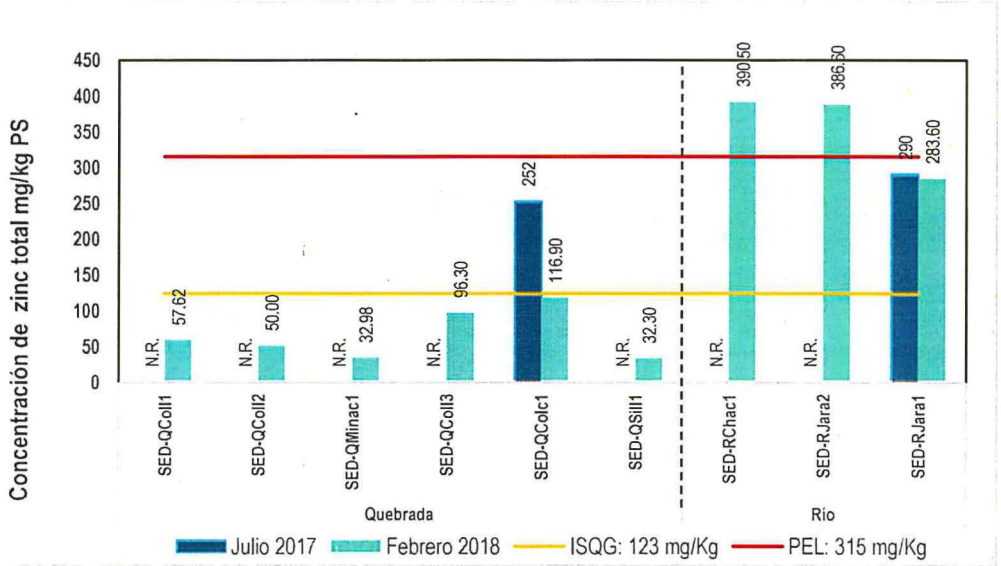

Figura 7-74. Concentración zinc total en la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa, comparados con los valores ISQG y PEL de la CEQG-SQG
NR: no realizado o evaluado

En tanto que, en la Figura 7-75, se muestran las concentraciones de uranio total reportadas en las épocas húmeda y seca, las cuales se encontraron por debajo del rango (5 - 50 mg/kg) de las zonas no mineralizadas en las rocas volcánicas de la Formación Quenamari.

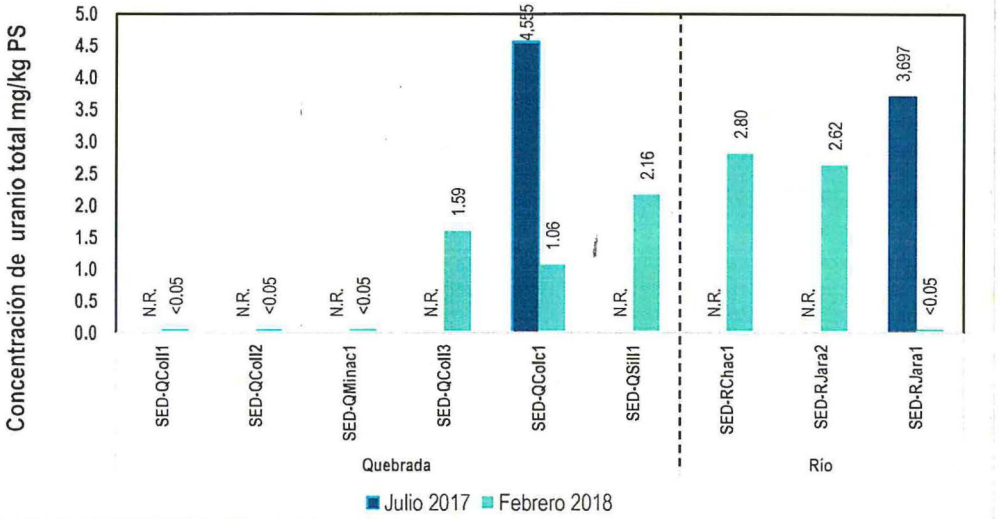

Figura 7-75. Concentración de uranio total en sedimentos, en la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa
NR: no realizado o evaluado

Microcuenca Imaginamayu (zona III)

La microcuenca Imaginamayu, tanto en época húmeda como en época seca, comprendieron seis puntos de muestreo, de los cuales tres se ubicaron en quebradas, dos en bofedales y uno en laguna. En la Tabla 7-11 se muestra el resumen de los parámetros que excedieron los valores de la CEQG-SQG.

Tabla 7-11. Resultados de calidad de sedimentos que excedieron los valores de la CEQG-SQG en la microcuenca Imaginamayu

Punto de muestreo	Julio 2017 (época seca)		Febrero 2018 (época húmeda)	
	Canadian Environmental Quality Guidelines-Sediment Quality Guidelines for Protection of Aquatic Life (CEQG-SQG)			
	ISQG	PEL	ISQG	PEL
SED-Cor-bof42	Arsénico	---	Arsénico	---
SED-Cor-bof46	Arsénico	---	Mercurio	---
SED-QImag1	Arsénico, mercurio	Arsénico	Mercurio	---
SED-QImag2	---	---	Arsénico	Arsénico
SED-QImag4	Arsénico	---	Arsénico	Arsénico
SED-LChul1	---	---	---	---

NE: no evaluado
---: no excede los valores PEL o ISQG de la CEQG-SQG

En la Figura 7-76, solo la concentración de arsénico total, en época húmeda, registrada en los puntos SED-QImag2 y SED-QImag4 excedieron referencialmente los valores PEL (17 mg/kg) e ISQG (5,9 mg/kg) de la CEQG-SQG; mientras que, solo en el punto SED-Cor-bof42 se excedió de manera referencial el valor ISQG (5,9 mg/kg) de la CEQG-SQG. También, en época seca, solo en el punto SED-QImag1 se excedió referencialmente los valores PEL e ISQG antes mencionados; y, solo en los puntos SED-Cor-bof42, SED-Cor-bof46 y SED-QImag4 se excedieron de forma referencial el valor ISQG (5,9 mg/kg) de la CEQG-SQG.

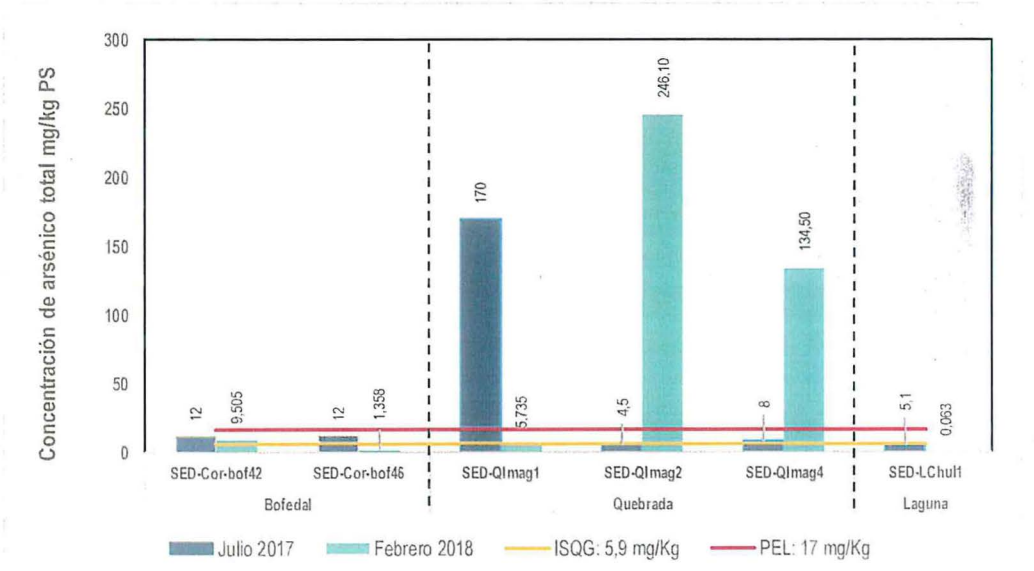

Figura 7-76. Concentración de arsénico total en la microcuenca Imaginamayu, comparados con los valores ISQG y PEL de la CEQG-SQG
NR: no realizado o evaluado

En tanto que, la concentración de cadmio total registrada en los puntos, tanto en época húmeda como seca, fueron inferiores al valor referencial ISQG (0,6 mg/kg) de la CEQG-SQG (Figura 7-77).

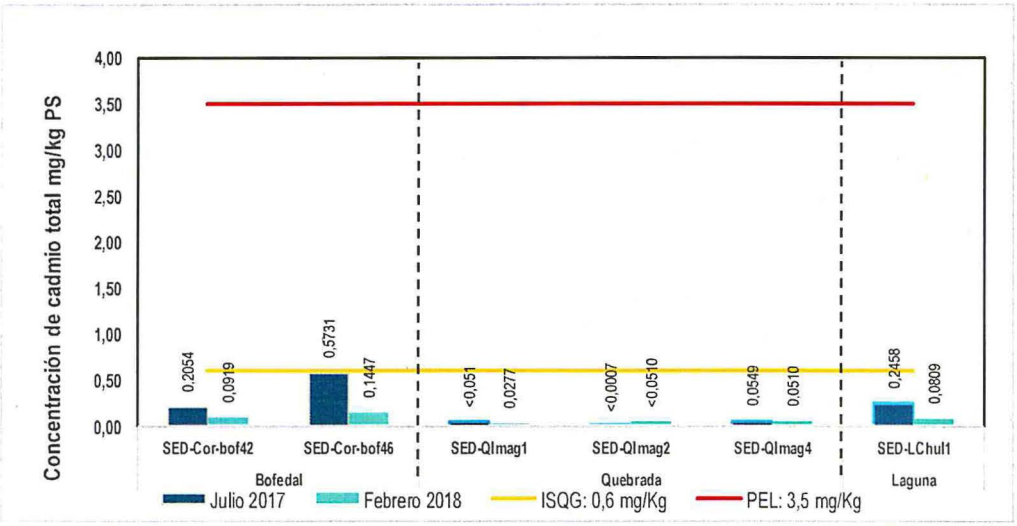

Figura 7-77. Concentración de cadmio total en la microcuenca Imaginamayu, comparados con los valores ISQG y PEL de la CEQG-SQG
NR: no realizado o evaluado

De la evaluación en las épocas húmeda y seca, la concentración de cobre total consignada en los puntos fueron inferiores al valor referencial ISQG (35,7 mg/kg) de la CEQG-SQG (Figura 7-78).

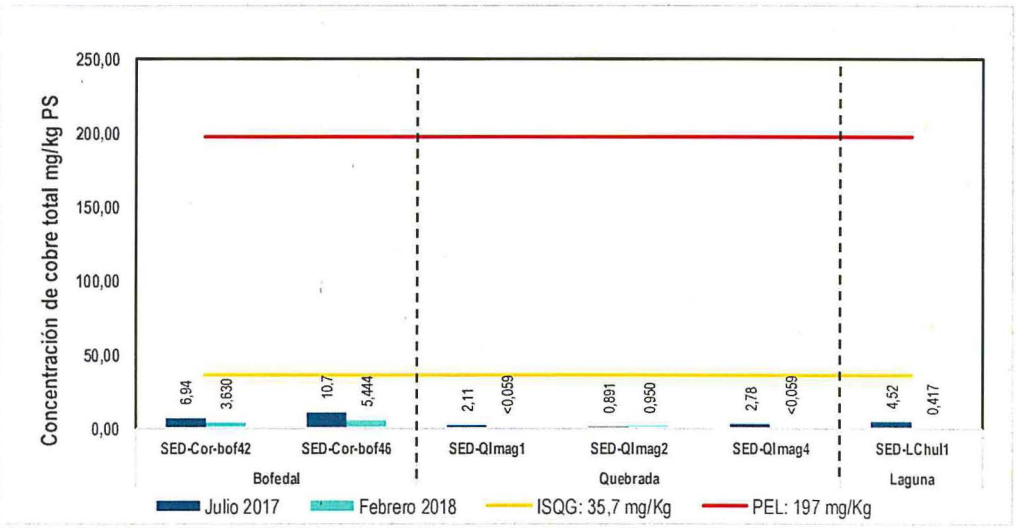

Figura 7-78. Concentración de cobre total en la microcuenca Imaginamayu, comparados con los valores ISQG y PEL de la CEQG-SQG
NR: no realizado o evaluado

En la Figura 7-79, la concentración de cromo total registrada en los puntos, tanto en época húmeda como seca, no excedieron de manera referencial los valores ISQG (37,3 mg/kg) y PEL (90 mg/kg) de la CEQG-SQG. Dicho elemento metálico, en época húmeda, presentó menores concentraciones.

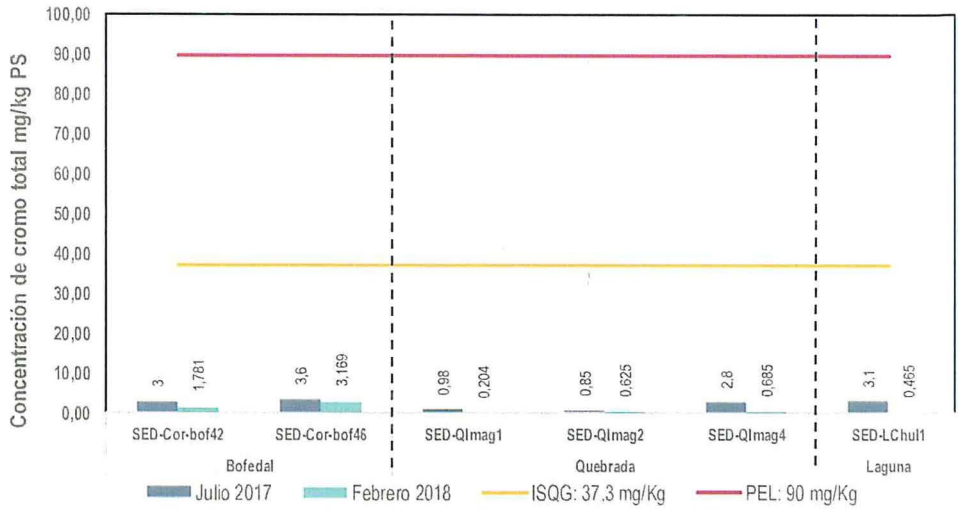

Figura 7-79. Concentración de cromo total en la microcuenca Imaginamayu, comparados con los valores ISQG y PEL de la CEQG-SQG
NR: no realizado o evaluado

En tanto que, la concentración de mercurio total reportada, en época húmeda, solo en los puntos SED-Cor-bof46 y SED-QImag1 excedieron referencialmente el valor ISQG (0,17 mg/kg) de la CEQG-SQG. Asimismo, en época seca, solo en el punto SED-QImag1 se excedió de forma referencial el valor referencial en mención (Figura 7-80).

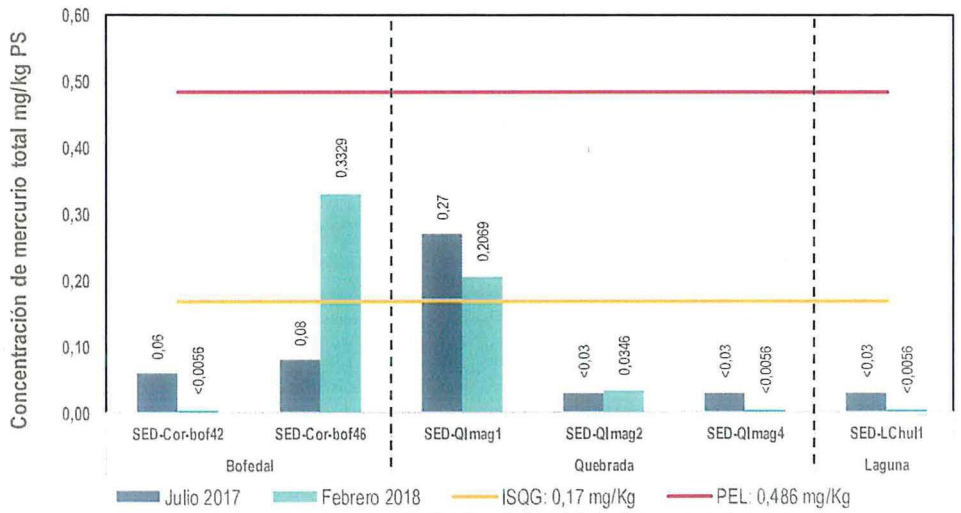

Figura 7-80. Concentración de mercurio total en la microcuenca Imaginamayu, comparados con los valores ISQG y PEL de la CEQG-SQG
NR: no realizado o evaluado

De la evaluación en épocas húmeda y seca, la concentración de plomo total obtenida en los puntos fueron inferiores al valor referencial ISQG (35 mg/kg) de la CEQG-SQG (Figura 7-81).

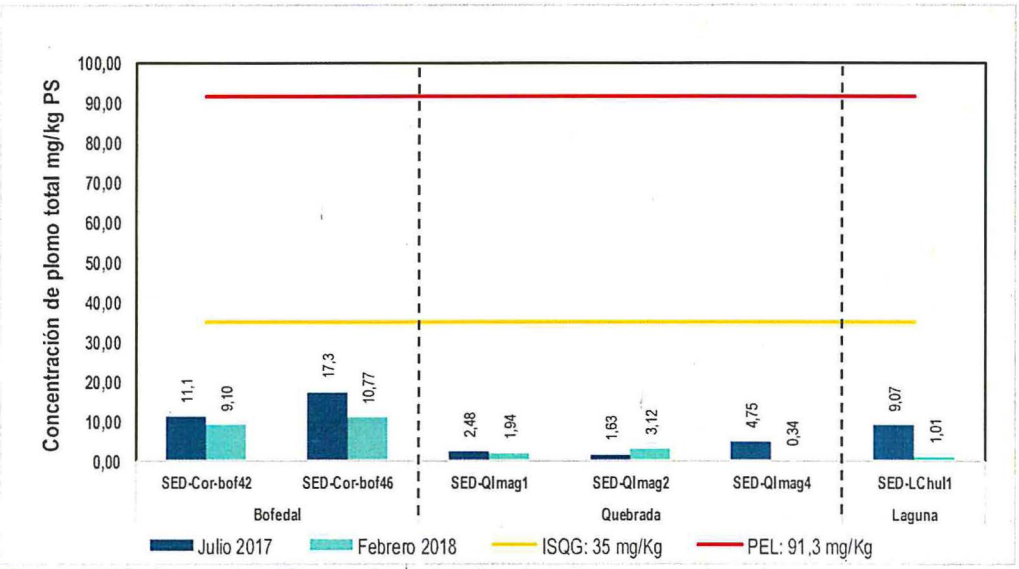

Figura 7-81. Concentración de plomo total en la microcuenca Imaginamayu, comparados con los valores ISQG y PEL de la CEQG-SQG
NR: no realizado o evaluado

En la Figura 7-82, la concentración de zinc total registrada en los puntos, tanto en época húmeda como seca, no excedieron de manera referencial los valores ISQG (123 mg/kg) y PEL (315 mg/kg) de la CEQG-SQG. Dicho elemento metálico, en época húmeda, presentó menores concentraciones.

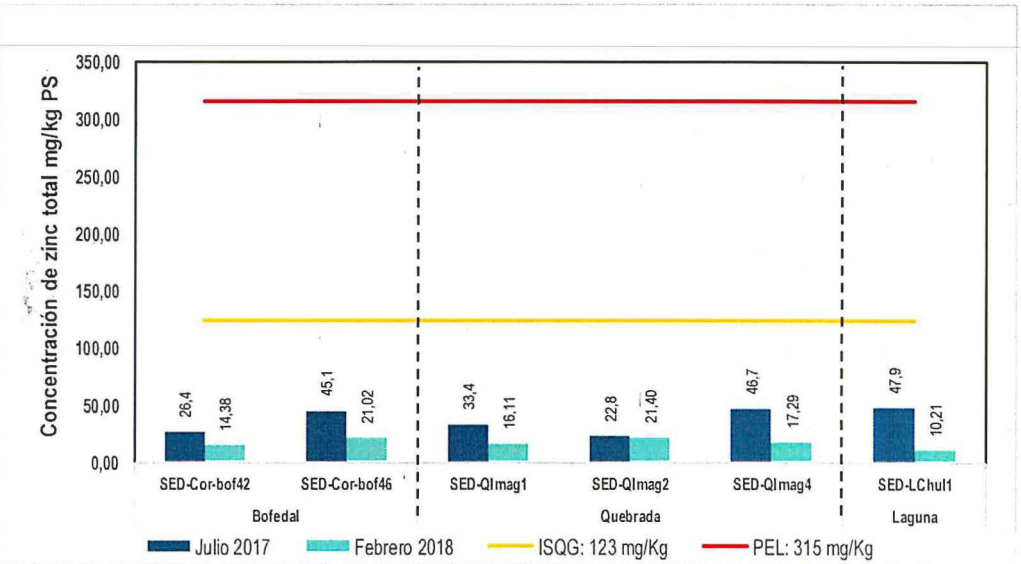

Figura 7-82. Concentración de zinc total en la microcuenca Imaginamayu, comparados con los valores ISQG y PEL de la CEQG-SQG
NR: no realizado o evaluado

En la Figura 7-83, se observa que las concentraciones de uranio total reportadas en las épocas húmeda y seca, se encontraron en su mayoría, por debajo del rango (5 - 50 mg/kg) de las zonas no mineralizadas de la Formación Quenamari.

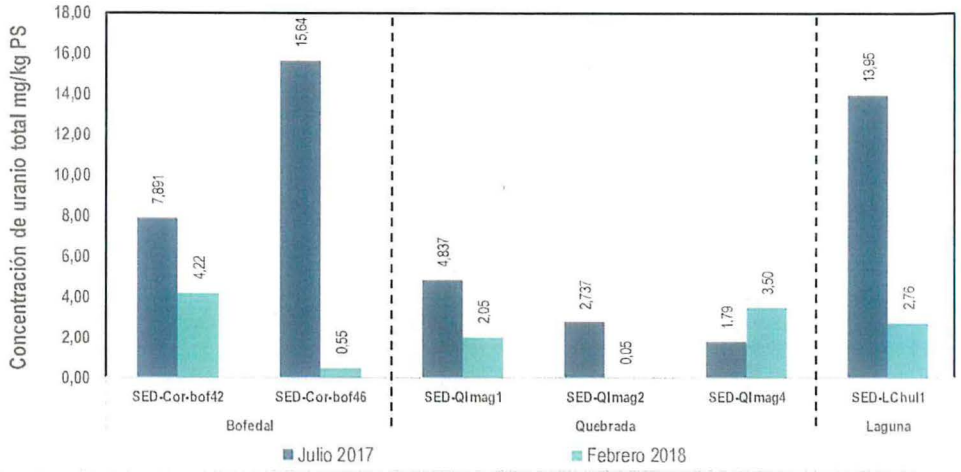

Figura 7-83. Concentración de uranio total en sedimentos, en la microcuenca Imaginamayu

Microcuenca Quelcaya (zona IV)

La microcuenca Quelcaya, en época húmeda, comprendió nueve puntos de muestreo, de los cuales cinco se ubicaron en quebradas, dos en bofedales y dos en ríos; y, en época seca, dos se ubicaron en ríos y uno se ubicó en bofedal. En la Tabla 7-12 se muestra el resumen de los parámetros que excedieron los valores de la CEQG-SQG.

Tabla 7-12. Resultados de calidad de sedimento que excedieron los valores de la CEQG-SQG en la microcuenca Quelcaya

Punto de muestreo	Julio 2017 (época seca)		Febrero 2018 (época húmeda)	
	Canadian Environmental Quality Guidelines-Sediment Quality Guidelines for Protection of Aquatic Life (CEQG-SQG)			
	ISQG	PEL	ISQG	PEL
SED-QSimi1	NE	NE	Arsénico, mercurio, plomo	Arsénico
SED-QSimi2	NE	NE	Arsénico, cadmio, mercurio, zinc	Mercurio
SED-QQuel1	NE	NE	Arsénico, cadmio, mercurio, zinc	Mercurio
SED-QChau1	NE	NE	Arsénico, plomo, zinc	Arsénico, plomo
SED-QMisa1	NE	NE	Arsénico, mercurio, plomo	Arsénico, mercurio
SED-RQuel1	Arsénico, plomo	Arsénico	Arsénico	--
SED-RQuel2	Arsénico	Arsénico	Arsénico	--
SED-Cor-bof34	NE	NE	Mercurio	--
SED-Cor-bof35	Arsénico, plomo, zinc	Arsénico	Mercurio	Mercurio

NE: no evaluado
---: no excede los valores PEL o ISQG de la CEQG-SQG

En la Figura 7-84, la concentración de arsénico total registrada, en época húmeda, solo en los puntos SED-QSimi1, SED-QChau1 y SED-QMisa1 excedieron referencialmente los valores PEL (17 mg/kg) e ISQG (5,9 mg/kg) de la CEQG-SQG; mientras que, solo en los puntos SED-QSimi2, SED-QQuel1, SED-RQuel1 y SED-RQuel2 se excedieron de manera referencial el valor ISQG (5,9 mg/kg) de la CEQG-SQG. De igual manera, en época seca, solo en el punto SED-RQuel1 se excedió los valores PEL e ISQG antes mencionados; y, solo en el punto SED-RQuel2 se excedió el valor ISQG (5,9 mg/kg) de la CEQG-SQG.

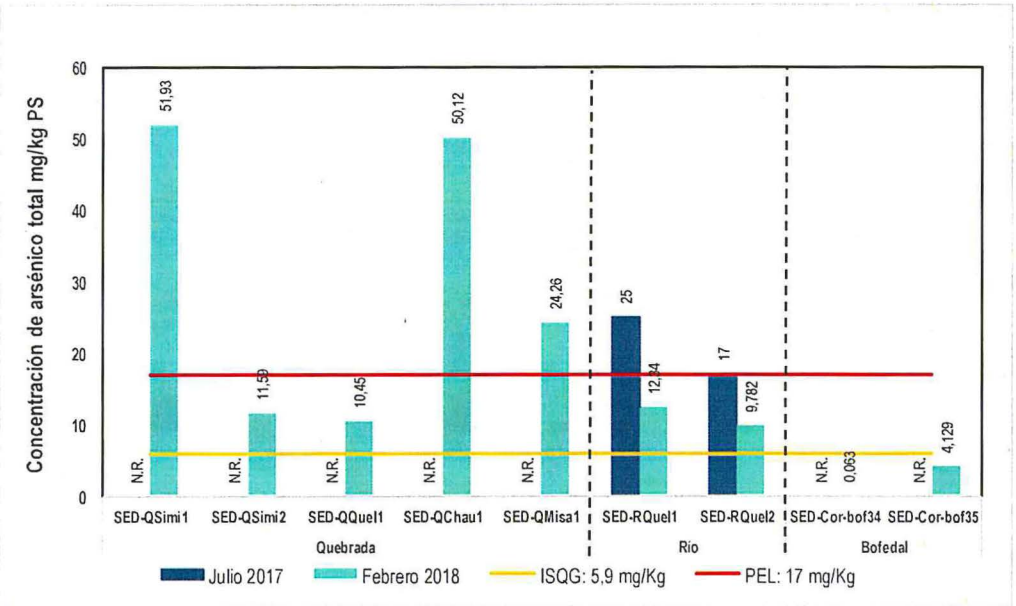

Figura 7-84. Concentración de arsénico total en la microcuenca Quelcaya, comparados con los valores ISQG y PEL de la CEQG-SQG
NR: no realizado o evaluado

En tanto que, la concentración de cadmio total registrada en los puntos, tanto en época húmeda como seca, fueron inferiores al valor referencial ISQG (0,6 mg/kg) de la CEQG-SQG (Figura 7-85).

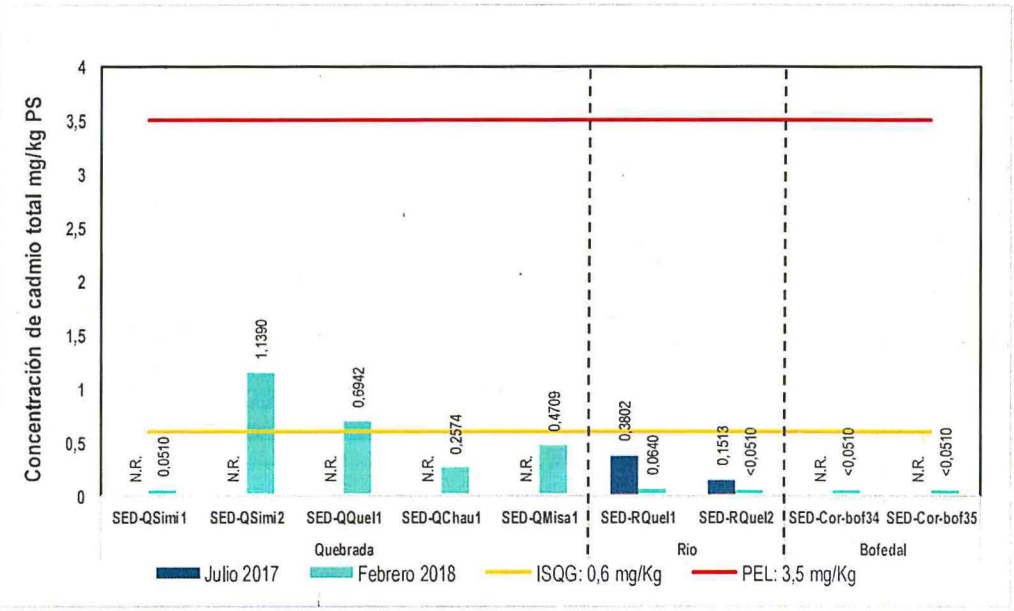

Figura 7-85. Concentración de cadmio total en la microcuenca Quelcaya, comparados con los valores ISQG y PEL de la CEQG-SQG
NR: no realizado o evaluado

De la evaluación en las épocas húmeda y seca, la concentración de cobre total consignada en los puntos fueron inferiores al valor referencial ISQG (35,7 mg/kg) de la CEQG-SQG (Figura 7-86).

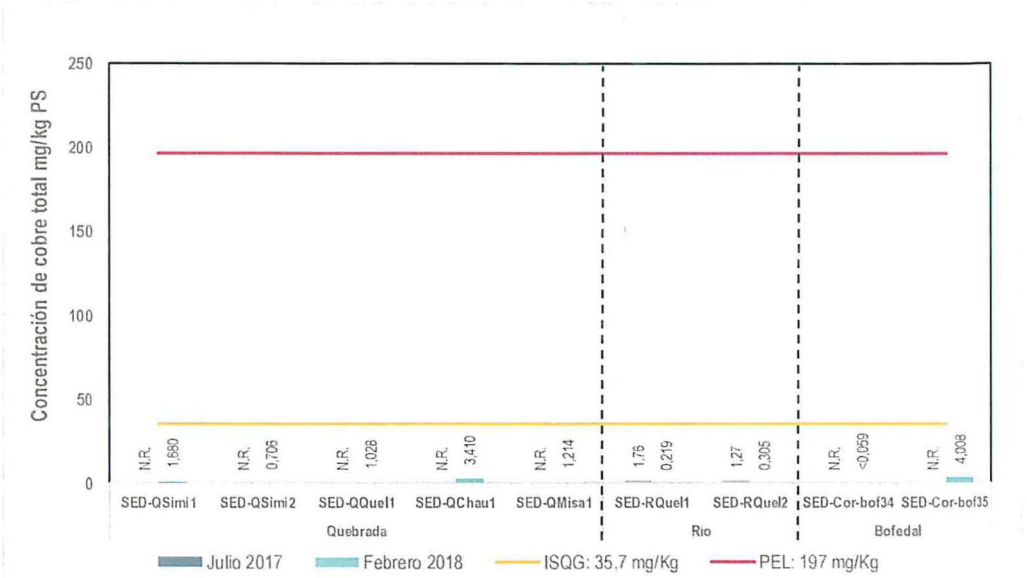

Figura 7-86. Concentración de cobre total en sedimento de la microcuenca Quelcaya comparados con el CEQG, (ISQG y PEL)
NR: no realizado o evaluado

En la Figura 7-87, la concentración de cromo total registrada en los puntos, tanto en época húmeda como seca, no excedieron de manera referencial los valores ISQG (37,3 mg/kg) y PEL (90 mg/kg) de la CEQG-SQG.

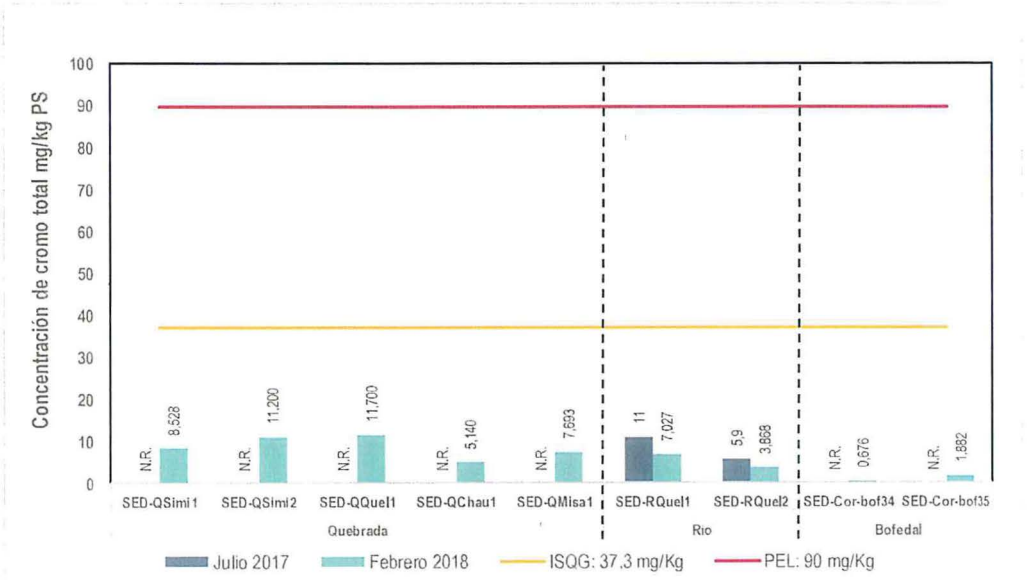

Figura 7-87. Concentración de cromo total en la microcuenca Quelcaya, comparados con los valores ISQG y PEL de la CEQG-SQG
NR: no realizado o evaluado

En tanto que, la concentración de mercurio total reportada, en época húmeda, solo en los puntos SED-QSimi2, SED-QQuel1, SED-QMisa1 y SED-Cor-bof35 excedieron referencialmente los valores ISQG (0,17 mg/kg) y PEL (0,486 mg/kg) de la CEQG-SQG; mientras que, solo en los puntos SED-QSimi1 y SED-Cor-bof34 excedieron de forma referencial el valor ISQG (0,17 mg/kg) de la CEQG-SQG (Figura 7-88).

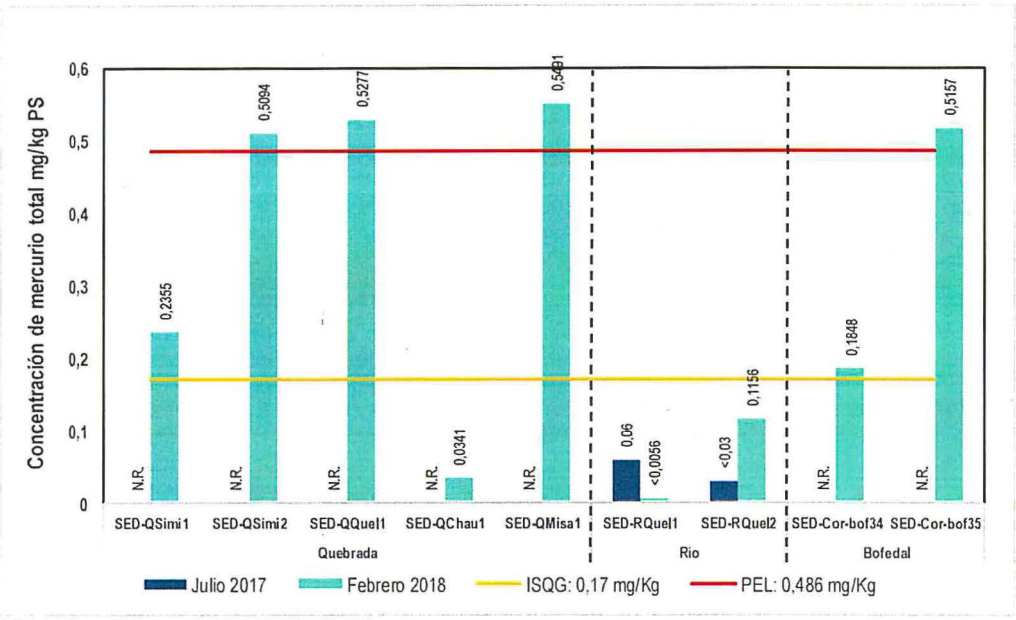

Figura 7-88. Concentración de mercurio total en la microcuenca Quelcaya, comparados con los valores ISQG y PEL de la CEQG-SQG
NR: no realizado o evaluado

De la evaluación en época húmeda, la concentración de plomo total consignada solo en el punto SED-QChau1 excedió referencialmente los valores PEL (91,3 mg/kg) e ISQG (35 mg/kg) de la CEQG-SQG; mientras que, solo en los puntos SED-QMisa1 y SED-QSimi1 excedieron de manera referencial el valor ISQG (35 mg/kg) de la CEQG-SQG. Asimismo, en época seca, solo en el punto SED-RQuel1 se excedió referencialmente el valor ISQG (35 mg/kg) de la CEQG-SQG (Figura 7-89).

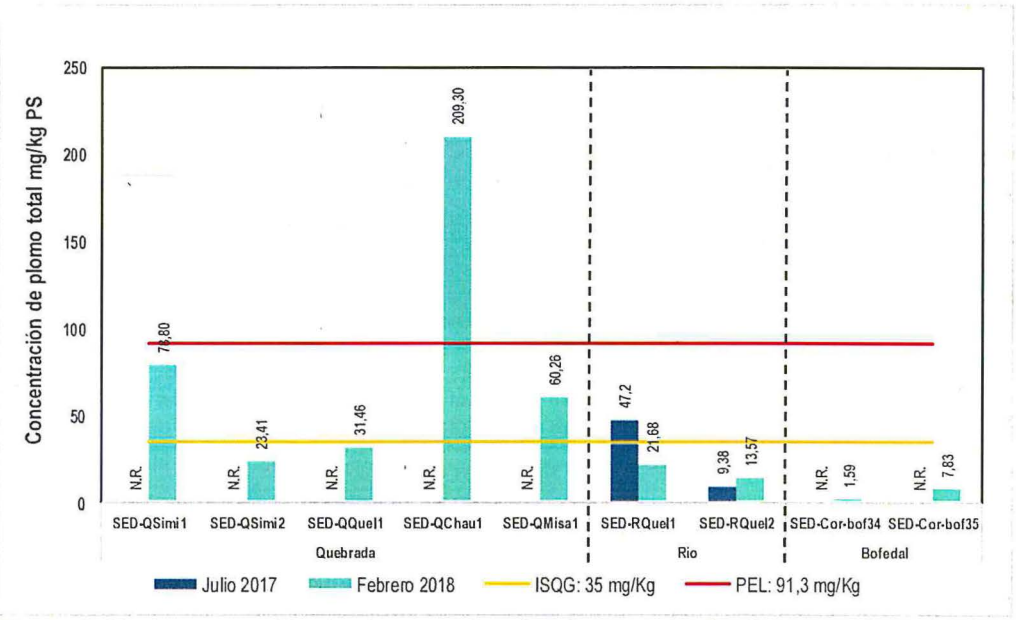

Figura 7-89. Concentración de plomo total en la microcuenca Quelcaya, comparados con los valores ISQG y PEL de la CEQG-SQG
NR: no realizado o evaluado

En la Figura 7-90, la concentración de zinc total en época húmeda, en los puntos SED-QSimi2, SED-QQuel1 y SED-QChau1 excedieron referencialmente el valor ISQG (123 mg/kg) de la CEQG-SQG.

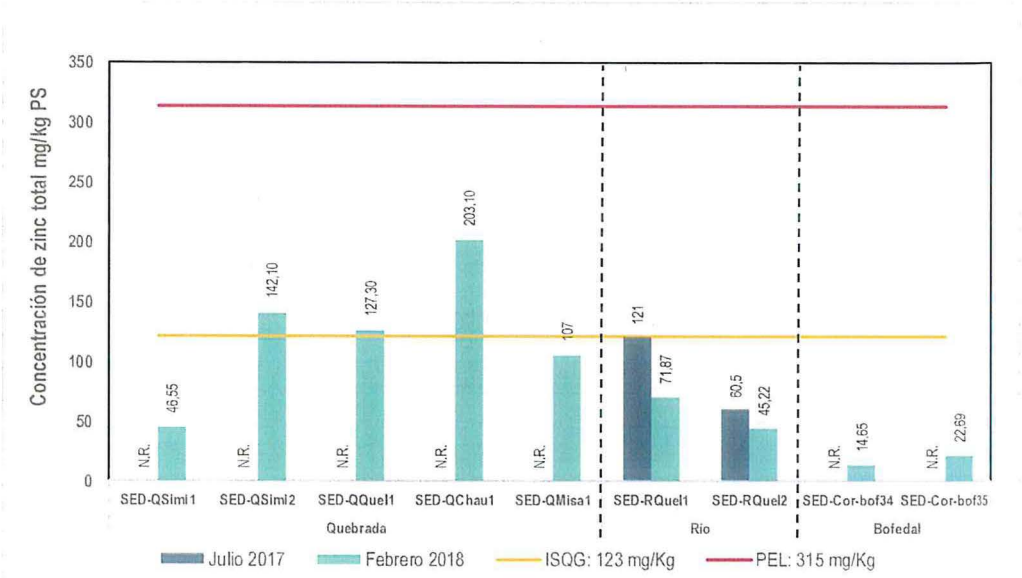

Figura 7-90. Concentración de zinc total en la microcuenca Quelcaya, comparados con los valores ISQG y PEL de la CEQG-SQG
NR: no realizado o evaluado

En tanto que, en la Figura 7-91, se muestra las concentraciones de uranio total reportadas en las épocas húmeda y seca, las cuales se encontraron en su mayoría, por debajo del rango (5 y 50 mg/kg) de las zonas no mineralizadas de la Formación Quenamari.

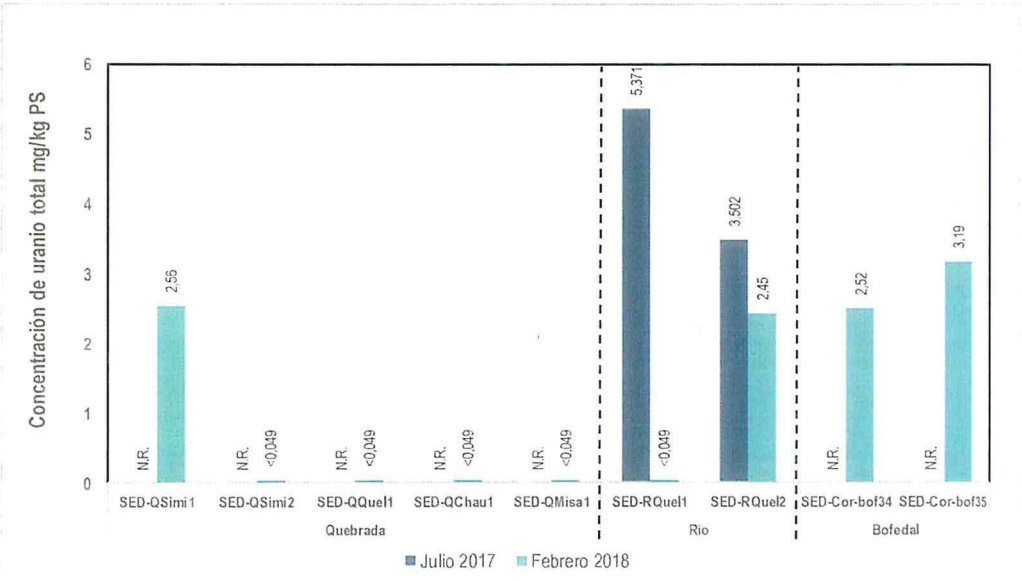

Figura 7-91. Concentración de uranio total en sedimentos, en la microcuenca Quelcaya
NR: no realizado o evaluado

7.2.3. Calidad del aire

7.2.3.1. Análisis de metales en PM_{10}

Las Tablas 7-13 y 7-14 muestran las concentraciones de metales determinados en PM_{10}, para un periodo de 24 horas, correspondiente a los puntos de monitoreo AIR-CO-01 y CA-COR-02.

Las concentraciones de metales reportadas en los puntos de monitoreo AIR-CO-01 y CA-COR-02, no excedieron referencialmente los valores, para un periodo de 24 horas, según la norma canadiense (AAQC). Mientras que, la concentración de metales de plomo y arsénico no excedieron referencialmente el valor establecido en los ECA para aire[37] y en los niveles máximos permisibles[38] respectivamente.

Tabla 7-13. Concentraciones diarias de metales registradas en el punto de monitoreo AIR-CO-01

Elemento	Símbolo	AIR-CO-01					AQQC* (µg/m³)
		15-16/ Mayo/2018	16-17/ Mayo/2018	17-18/ Mayo/2018	18-19/ Mayo/2018	19-20/ Mayo/2018	
		Concentración de metales (µg/m³)					
Plata	Ag	0,00011	0,00009	0,00014	0,00014	0,00011	1
Aluminio	Al	0,45401	0,24352	0,43037	0,41110	0,24237	---
Arsénico	As	0,00436	0,00293	0,00516	0,00518	0,00337	6[a]
Boro	B	<0,00360	<0,00360	<0,00361	<0,00362	<0,00360	120
Bario	Ba	0,05048	0,02606	0,07060	0,06624	0,04393	10
Berilio	Be	0,00018	<0,00010	0,00022	0,00022	0,00015	0,01
Bismuto	Bi	<0,00010	<0,00010	<0,00010	<0,00010	<0,00010	---
Calcio	Ca	0,85471	0,60050	0,82296	0,77670	0,50352	---
Cadmio	Cd	0,00012	0,00013	0,00011	0,00009	0,00010	0,025
Cobalto	Co	<0,00015	<0,00015	0,00018	<0,00015	<0,00015	0,1
Cromo	Cr	<0,08723	<0,08723	<0,08728	<0,08752	<0,08719	0,5
Cobre	Cu	0,02336	0,02090	0,02963	0,02284	0,03098	50
Hierro	Fe	<0,77331	<0,77334	<0,77379	<0,77594	<0,77301	4
Mercurio	Hg	0,00006	<0,00002	0,00009	<0,00002	0,00027	2
Potasio	K	0,21723	0,11289	0,22306	0,19037	0,11758	---
Litio	Li	0,00199	0,00095	0,00228	0,00190	0,00123	20
Magnesio	Mg	0,13764	0,07286	0,13640	0,12498	0,07870	---
Manganeso	Mn	0,02694	0,01394	0,02980	0,03260	0,01773	0,2
Molibdeno	Mo	0,00055	0,00059	0,00083	0,00086	0,00100	120
Sodio	Na	0,26941	0,19163	0,27812	0,29126	0,26930	---
Níquel	Ni	<0,00284	<0,00284	<0,00284	<0,00285	<0,00284	0,1
Fosforo	P	0,28572	0,25974	0,28448	0,30497	0,28438	---
Plomo	Pb	0,02159	0,01292	0,02595	0,02614	0,01638	1,5[b]
Antimonio	Sb	0,00157	0,00131	0,00196	0,00202	0,00160	25
Selenio	Se	<0,00010	<0,00010	<0,00010	<0,00010	<0,00010	10

37 Estándares de Calidad Ambiental para Aire, aprobado mediante Decreto Supremo N.° 003-2017-MINAM

38 Niveles máximos permisibles de elementos y compuestos presentes en emisiones gaseosas provenientes de las unidades minero-metalúrgicas, aprobado mediante Resolución Ministerial N.° 315-96-EM/VMM

Elemento	Símbolo	AIR-CO-01					AQQC* (µg/m³)
		15-16/ Mayo/2018	16-17/ Mayo/2018	17-18/ Mayo/2018	18-19/ Mayo/2018	19-20/ Mayo/2018	
		Concentración de metales (µg/m³)					
Silicio	Si	0,67466	0,43268	0,72320	0,73196	0,51347	---
Estaño	Sn	0,00022	<0,00017	<0,00017	<0,00017	<0,00017	10
Estroncio	Sr	0,00297	0,00208	0,00246	0,00312	0,00184	120
Titanio	Ti	0,01783	0,00930	0,01718	0,01808	0,01015	120
Talio	Tl	0,00013	0,00009	0,00014	0,00016	0,00010	---
Uranio	U	0,00023	0,00015	0,00030	0,00029	0,00019	0,03
Vanadio	V	0,00066	0,00034	0,00058	0,00060	<0,00027	2
Zinc	Zn	0,01357	0,01214	0,01936	0,01314	0,01271	120

*: Por sus siglas en inglés *Ambient Air Quality Criteria*. Criterios de calidad ambiental del aire establecidos por el Ministerio del Ambiente de Ontario-Canadá, abril 2012
a: Estándar de carácter referencial, establecido a través de la una disposición transitoria en la Resolución Ministerial N.° 315-96-EM/VMM
b: Estándar de carácter referencial, para un periodo de monitoreo mensual, establecido en el Decreto Supremo N.° 003-2017-MINAM
Nota: los valores precedidos por el símbolo «<» (menor que), son inferiores al límite de cuantificación del laboratorio
«<» (menor que): valores inferiores al límite de cuantificación del laboratorio
---: No presenta valor de referencia

Tabla 7-14. Concentraciones diarias de metales registradas en el punto de monitoreo CA-COR-02

Elemento	Símbolo	CA-COR-02					AQQC* (µg/m³)
		15-16/ Mayo/2018	16-17/ Mayo/2018	17-18/ Mayo/2018	18-19/ Mayo/2018	19-20/ Mayo/2018	
		Concentración de metales (µg/m³)					
Plata	Ag	0,00008	0,00002	<0,00002	0,00004	0,00006	1
Aluminio	Al	0,21223	0,17892	0,25714	0,36439	0,15123	---
Arsénico	As	0,00068	0,00072	0,00106	0,00166	0,00072	6[a]
Boro	B	<0,00361	<0,00362	<0,00363	<0,00361	<0,00361	120
Bario	Ba	0,00670	0,00284	0,00455	0,00582	0,00310	10
Berilio	Be	<0,00010	<0,00010	<0,00010	0,00013	<0,00010	0,01
Bismuto	Bi	<0,00010	<0,00010	<0,00010	<0,00010	<0,00010	---
Calcio	Ca	0,49925	0,53284	0,52477	0,69629	0,41564	---
Cadmio	Cd	0,00010	0,00008	0,00009	0,00010	0,00010	0,025
Cobalto	Co	<0,00015	<0,00015	<0,00015	<0,00015	<0,00015	0,1
Cromo	Cr	<0,08727	<0,08765	<0,08773	<0,08734	<0,08746	0,5
Cobre	Cu	0,02228	0,01026	0,01618	0,01320	0,01669	50
Hierro	Fe	<0,77374	<0,77705	<0,77781	<0,77437	<0,77535	4
Mercurio	Hg	0,00013	0,00013	0,00009	0,00017	0,00010	2
Potasio	K	0,07973	0,08293	0,11927	0,18903	0,06848	---
Litio	Li	<0,00009	<0,00010	<0,00010	<0,00085	<0,00010	20
Magnesio	Mg	0,07622	0,06587	0,07833	0,10326	0,05555	---
Manganeso	Mn	0,00684	0,00725	0,00970	0,01601	0,00728	0,2
Molibdeno	Mo	0,00037	0,00031	0,00047	0,00046	0,00050	120
Sodio	Na	0,31227	0,28024	0,30723	0,40181	0,34621	---
Níquel	Ni	<0,00284	<0,00285	<0,00285	<0,00284	<0,00284	0,1

Elemento	Símbolo	CA-COR-02					AQQC* (µg/m³)
		15-16/ Mayo/2018	16-17/ Mayo/2018	17-18/ Mayo/2018	18-19/ Mayo/2018	19-20/ Mayo/2018	
		Concentración de metales (µg/m³)					
Fosforo	P	0,28484	0,26652	0,25265	0,28934	0,24691	---
Plomo	Pb	0,00307	<0,00191	<0,00285	0,00582	0,00174	1,5[b]
Antimonio	Sb	<0,00062	<0,00062	<0,00062	<0,00062	<0,00062	25
Selenio	Se	<0,00010	<0,00010	<0,00010	<0,00010	<0,00010	10
Silicio	Si	0,37633	0,32867	0,52477	0,73153	0,48888	---
Estaño	Sn	0,00049	<0,00017	<0,00017	<0,00017	<0,00017	10
Estroncio	Sr	0,00215	0,00151	0,00231	0,00273	0,00122	120
Titanio	Ti	0,00997	0,00810	0,01164	0,01890	0,00713	120
Talio	Tl	<0,00009	<0,00009	<0,00009	<0,00009	<0,00009	---
Uranio	U	0,00006	0,00005	0,00008	0,00018	0,00005	0,03
Vanadio	V	0,00034	0,00033	0,00040	0,00046	<0,00024	2
Zinc	Zn	0,01538	<0,01077	<0,01078	<0,01187	<0,01075	120

*: Por sus siglas en inglés *Ambient Air Quality Criteria*. Criterios de calidad ambiental del aire establecidos por el Ministerio del Ambiente de Ontario-Canadá, abril 2012
a: Estándar de carácter referencial, establecido a través de la una disposición transitoria en la Resolución Ministerial N.° 315-96-EM/VMM
b: Estándar de carácter referencial, para un periodo de monitoreo mensual, establecido en el Decreto Supremo N.° 003-2017-MINAM
Nota: los valores precedidos por el símbolo «<» (menor que), son inferiores al límite de cuantificación del laboratorio
«<» (menor que): valores inferiores al límite de cuantificación del laboratorio
---: No presenta valor de referencia

7.3. Estudios especializados

7.3.1. Nivel de fondo de suelo

Con la finalidad de complementar la evaluación de calidad de suelos en el área de influencia del proyecto minero Corani, se realizó la determinación de valores de nivel de fondo y referencia.

Los resultados de los ensayos de laboratorio para la determinación de metales totales en las muestras de suelo, fueron analizados estadísticamente con el propósito de calcular las concentraciones de niveles de fondo y referencia, cuyas fichas estadísticas (que comprenden tablas y figuras) se muestran en el Anexo 5. En la Tabla 7-15, se presentan los valores de nivel de fondo y referencia calculados, considerando la profundidad (0,0 a 0,30 m) y tipo de suelo (ladera de montaña) en el área de influencia del proyecto minero Corani.

Tabla 7-15. Resultados de nivel de fondo y nivel de referencia de suelo en el área de influencia del proyecto minero Corani

Metales totales	Nivel de fondo (mg/kg	Nivel de referencia (mg/kg)	Tipo de distribución	Puntos con valores anómalos	Nivel de fondo (mg/kg	Nivel de referencia (mg/kg)	Tipo de distribución	Puntos con valores anómalos
	ZNF-2				ZNF-4			
Aluminio	9169	10862	Normal	NA	10611	13113	Normal	NA
Boro	10,57	14,26	Normal	NA	19,7	27,8	Normal	NA
Bario	587,1	1032	Gamma	NA	539,9	928,9	Gamma	NA
Calcio	1052	1443	Normal	NA	865,2	1187	Normal	NA

Metales totales	Nivel de fondo (mg/kg	Nivel de referencia (mg/kg)	Tipo de distribución	Puntos con valores anómalos	Nivel de fondo (mg/kg	Nivel de referencia (mg/kg)	Tipo de distribución	Puntos con valores anómalos
	ZNF-2				ZNF-4			
Cerio	NR				5,85	6,818	Normal	SUE-PCOR10
Hierro	9515	11587	Lognormal	NA	7016	10734	Normal	NA
Potasio	3729	5270	Gamma	NA	2329	2944	Normal	NA
Litio	33,45	42,03	Normal	NA	209,4	369,6	Normal	NA
Magnesio	2078	2620	Normal	NA	1036	1511	Normal	NA
Manganeso	999,1	1507	Normal	NF-8, NF-7	197,2	299,6	Normal	NA
Sodio	107,8	157,7	Normal	NA	200,4	240,4	Normal	NA
Fósforo	874,4	983,5	Normal	NF-16	726,5	856,3	Normal	SUE-PCOR6
Silicio	712	848,2	Normal	NF-21	848,2	1062	Normal	NA
Estroncio	8,92	13,7	Normal	NA	12,23	16,69	Normal	NA
Torio	NR				0,514	0,807	Normal	SUE-PCOR7
Titanio	288,8	498,3	Normal	NA	112	162,9	Normal	NA
Uranio	NR				7,948	10,04	Normal	NA
Wolframio	NR				1,387	1,914	Normal	SUE-PCOR10
Zinc	603,3	769	NP	NA	86,94	92,81	Gamma	NA
Plata	NR				0,664	1,123	Normal	SUE-PCOR7
Arsénico	26,24	42,14	Normal	NA	27,07	43,36	Normal	NA
Berilio	2,97	5,446	Normal	NA	7,925	12,81	Normal	NA
Bismuto	NR				0,936	1,54	Normal	NA
Cadmio	2,759	4,2	NP	NA	0,322	0,492	Normal	SUE-PCOR6
Cobalto	NR				1,564	2,332	Gamma	NA
Cromo	13,99	19,44	Normal	NA	6,184	9,841	Normal	NA
Cobre	10,61	20,64	Gamma	NF-12	5,596	7,417	Normal	SUE-PCOR6
Mercurio	0,07	0,0967	Normal	NA	0,134	0,199	Normal	SUE-PCOR7
Molibdeno	NR				0,447	0,62	NP	NA
Níquel	NR				1,824	2,66	Normal	SUE-PCOR1
Plomo	297,7	542,7	Lognormal	NA	115,2	171,8	Normal	NA
Antimonio	10,49	20,4	NP	NF-08	9,076	15,17	Lognormal	NA
Selenio	NR				1,231	1,83	Normal	NA
Estaño	NR				5,582	7,463	Normal	NA
Talio	NR				2,073	3,215	Gamma	NA
Vanadio	9,855	14,99	Normal	NA	7,85	11,28	Normal	SUE-PCOR1

NP: no paramétrico
NR: no reportado
Na: no aplica

En la zona de nivel de fondo 2 (ZNF-2), no se pudo encontrar el nivel de fondo para algunos metales por dos motivos: i) no se reportaron resultados para esos metales (cerio, uranio, torio, wolframio), y ii) los resultados presentados en todos los puntos fueron menor al límite de detección analítico, para este caso tenemos a los metales plata (<0,6 mg/kg PS), bismuto (<1,5 mg/kg PS), cobalto (<0,8 mg/kg PS), molibdeno (<0,6 mg/kg PS), níquel (<1 mg/kg PS), selenio (<1,6 mg/kg PS), estaño

(<2,5 mg/kg PS) y talio (<3 mg/kg PS); para estos metales se espera que su nivel de fondo sea menor al límite de detección.

En las zonas de nivel de fondo 1 (ZNF-1) y 3 (ZNF-3), no se encontró el nivel de fondo, dado que solo se contó con 5 y 4 puntos de muestreo respectivamente, debido a que las zonas no presentaron área suficiente para poder establecer más de 10 puntos de muestreo. Se evaluó esas dos zonas, porque se tendrá componentes mineros próximos a ellas (Tabla 6-22).

Al no poder realizarse el nivel de fondo en las zonas en mención, se consideró por conveniente presentar la estadística simple (promedio aritmético y desviación estándar) de ambas zonas; estos resultados servirán como blanco para posteriores estudios que se vayan a realizar en esas dos zonas identificadas (Tabla 7-16).

Tabla 7-16. Resultados de estadística básica de las ZNF-1 y ZNF-3 de suelo en el área de influencia del proyecto minero Corani

Parámetros	ZNF-1		ZNF-3	
	Promedio aritmético	Desviación estándar	Promedio aritmético	Desviación estándar
Aluminio	10096	2329,08	12070	1548,59
Boro	14,70	1,82	34,33	7,24
Bario	75,60	31,36	675,25	156,69
Calcio	473,80	32,27	1185,08	187,36
Hierro	4715,00	787,68	7727,25	1032,80
Potasio	2083,00	110,55	4617,50	778,37
Litio	330,40	26,40	100,78	24,84
Magnesio	645,00	71,36	1412,50	252,75
Manganeso	170,00	43,55	96,50	31,71
Sodio	178,50	11,28	229,25	49,32
Fósforo	467,00	83,31	725,55	46,00
Silicio	436,90	39,35	890,53	128,49
Estroncio	8,10	4,78	13,80	5,19
Titanio	109,05	26,79	279,33	48,91
Zinc	54,85	9,34	89,63	25,70
Plata	0,60	0,00	1,38	1,55
Arsénico	12,70	2,29	9,55	6,99
Berilio	6,85	8,11	0,30	0,00
Cromo	2,30	1,41	1,83	1,08
Cobre	2,05	1,12	6,43	9,60
Mercurio	0,04	0,02	0,16	0,23
Plomo	32,00	23,94	85,25	82,50
Vanadio	0,50	0,00	6,55	0,70

7.3.2. Comunidades hidrobiológicas

En esta sección se presentan los resultados del análisis taxonómico de las comunidades del perifiton (vegetal y animal) y macroinvertebrados bentónicos, la información de las hojas de registro de datos de campo (anexo 3), y el procesamiento de la información para la estimación del estado ecológico, durante las evaluaciones en época seca de julio 2017 (en adelante, evaluación de 2017) y en época húmeda de febrero 2018 (en adelante, evaluación de 2018).

7.3.2.1. Perifiton

En la evaluación de 2017, se registraron 131 taxones[39] de perifiton vegetal, siendo el phylum Bacillariophyta el mejor representado, con 69 taxones (52,67 % del total de taxones), seguido de Cyanobacteria con 30, Chlorophyta con 18, Charophyta con 13 y Ochrophyta con un único taxón.

En tanto que, en la evaluación de 2018, los valores de riqueza presentaron 229 taxones de perifiton vegetal en los 46 puntos de muestreo evaluados, siendo el phyllum Bacillariophyta el más representativo, con 112 taxones (48,9 % del total de taxones), a su vez, dentro de este phylum, los órdenes Naviculales y Cymbellales fueron los más representativos, con 40 y 21 taxones, respectivamente.

Siguiendo en representatividad (2018), los phyla Cyanobacteria con 47, Chlorophyta con 32 y Charophyta con 31; además, resalta la baja riqueza de taxones de los phyla Euglenozoa, Miozoa y Ochrophyta (Figura 7-92). La descripción de taxones en detalle, para ambas evaluaciones, se puede observar en el Anexo 2.

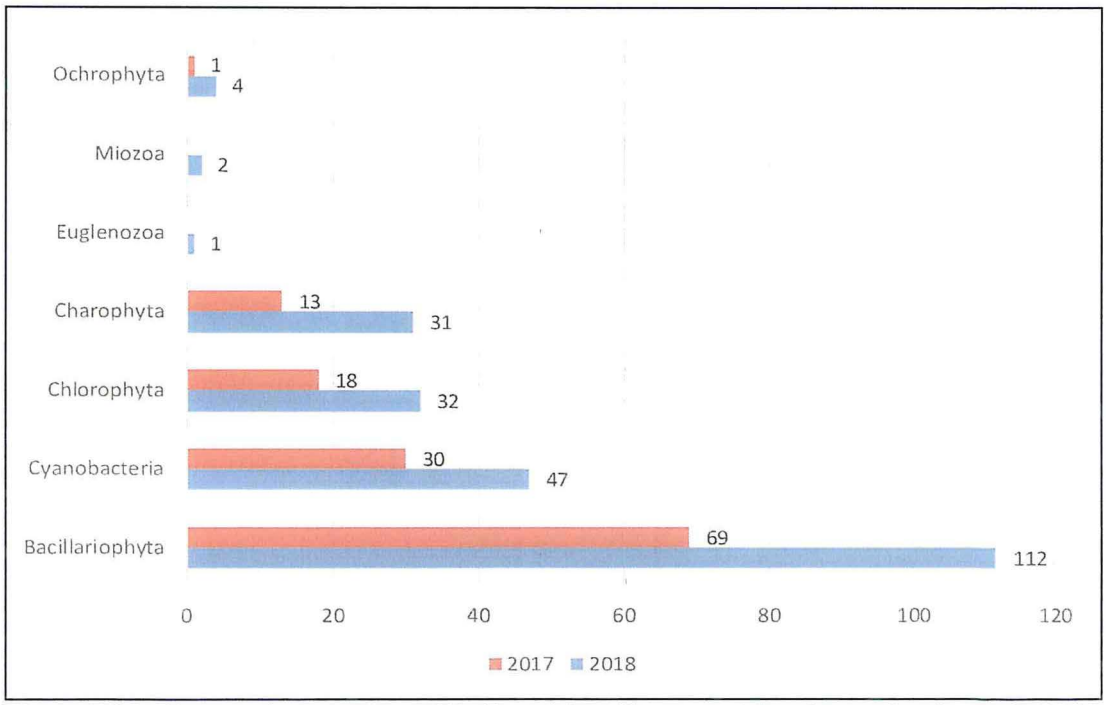

Figura 7-92. Riqueza de taxones por Phyllum del perifiton vegetal en las evaluaciones de 2017 y 2018

[39] «N.º de taxones» hace referencia al nivel taxonómico de especie (ver Anexo 2), pero debido al importante aporte de morfoespecies no determinadas (sp.), no se usa este nivel taxonómico de manera general.

7.3.2.2. Macroinvertebrados bentónicos

En la evaluación de 2017, se registraron 68 taxones de macroinvertebrados bentónicos, siendo el orden Díptera el mejor representado, con 37 taxones (54,41 % del total de taxones), seguido de Trichoptera y Coleoptera con 7 taxones, cada una de ellas; mientras que, los demás órdenes registraron menos de o igual a 2 taxones cada uno.

Mientras que, en la evaluación de 2018, se registraron 22 taxones de macroinvertebrados bentónicos, siendo el orden Díptera el mejor representado, con 9 taxones (40,91 % del total de taxones), seguido de Trichoptera con 4 taxones; en tanto que, los demás órdenes registraron menos de o igual a 2 taxones cada uno (Figura 7-93).

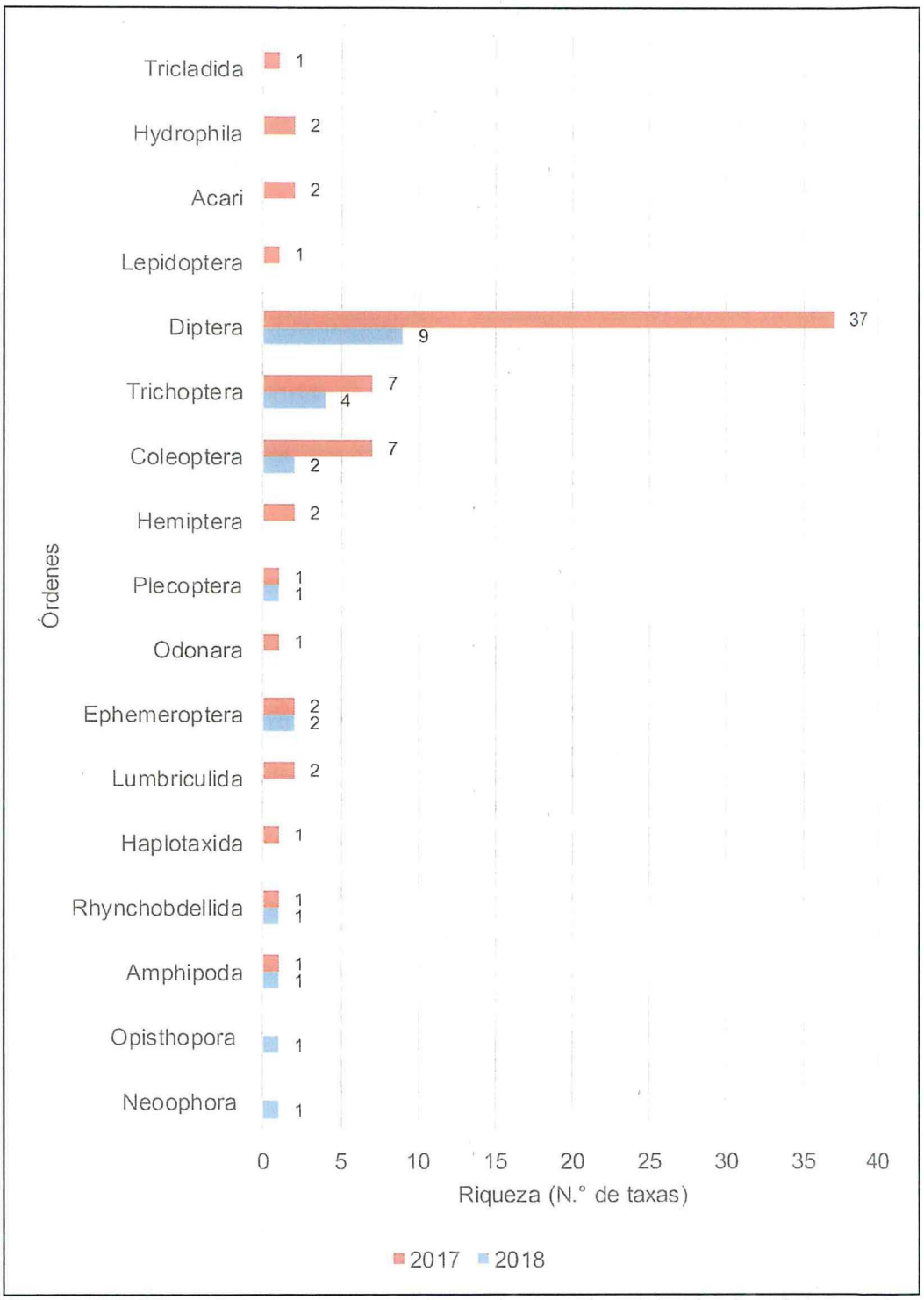

Figura 7-93. Riqueza de taxones por órdenes de macroinvertebrados bentónicos en las evaluaciones de 2017 y 2018

7.3.2.3. Microcuenca Supayhuasi (zona I)

Perifiton

El perifiton fue analizado en sus dos componentes: perifiton vegetal y perifiton animal.

Perifiton vegetal

Composición y riqueza

En la evaluación de 2018 se evaluaron 20 puntos de muestreo, donde se registraron 144 taxones de perifiton vegetal, las cuales están agrupadas en 5 phyla, 10 clases, 27 órdenes y 53 familias. Cabe destacar que, solamente los puntos de muestreo HID-QInti2 y HID-QInti1 presentaron los 5 phyla registrados en su composición comunitaria.

Respecto a la riqueza de taxones, el phylum Bacillariophyta fue dominante con 65 taxones (35,71 % del total), seguido de Cyanobacteria con 35, Charophyta con 22, Chlorophyta con 19, y Ochrophyta con 3 taxones. Cabe precisar que, el phylum Bacillariophyta solamente estuvo ausente en el punto de muestreo HID-QSupa3.

El valor de riqueza más alto corresponde a HID-QInti1, con 48 taxones y siendo además el punto de muestreo donde se registró la mayor representatividad del phylum Charophyta. Además, en la mayoría de los puntos de muestreo, el phylum Bacillariophyta presentó el mayor número de taxón, con excepción de los puntos HID-QMina3, HID-EF-BC-03A e HID-QInti3, en donde el phyllum Cyanobacteria fue el de mayor riqueza. El phylum Ochrophyta fue el de menor riqueza, registrándose solo en los puntos de muestreo HID-EF-BC-02, HID-QInti2, HID-QInti1 y HID-QEsca1, con presencia de un solo taxón en todos los casos (Figura 7-94). Cabe señalar que, la especie más frecuente fue *Fragilaria capuccina*, presente en 9 de los 20 puntos de muestreo evaluados.

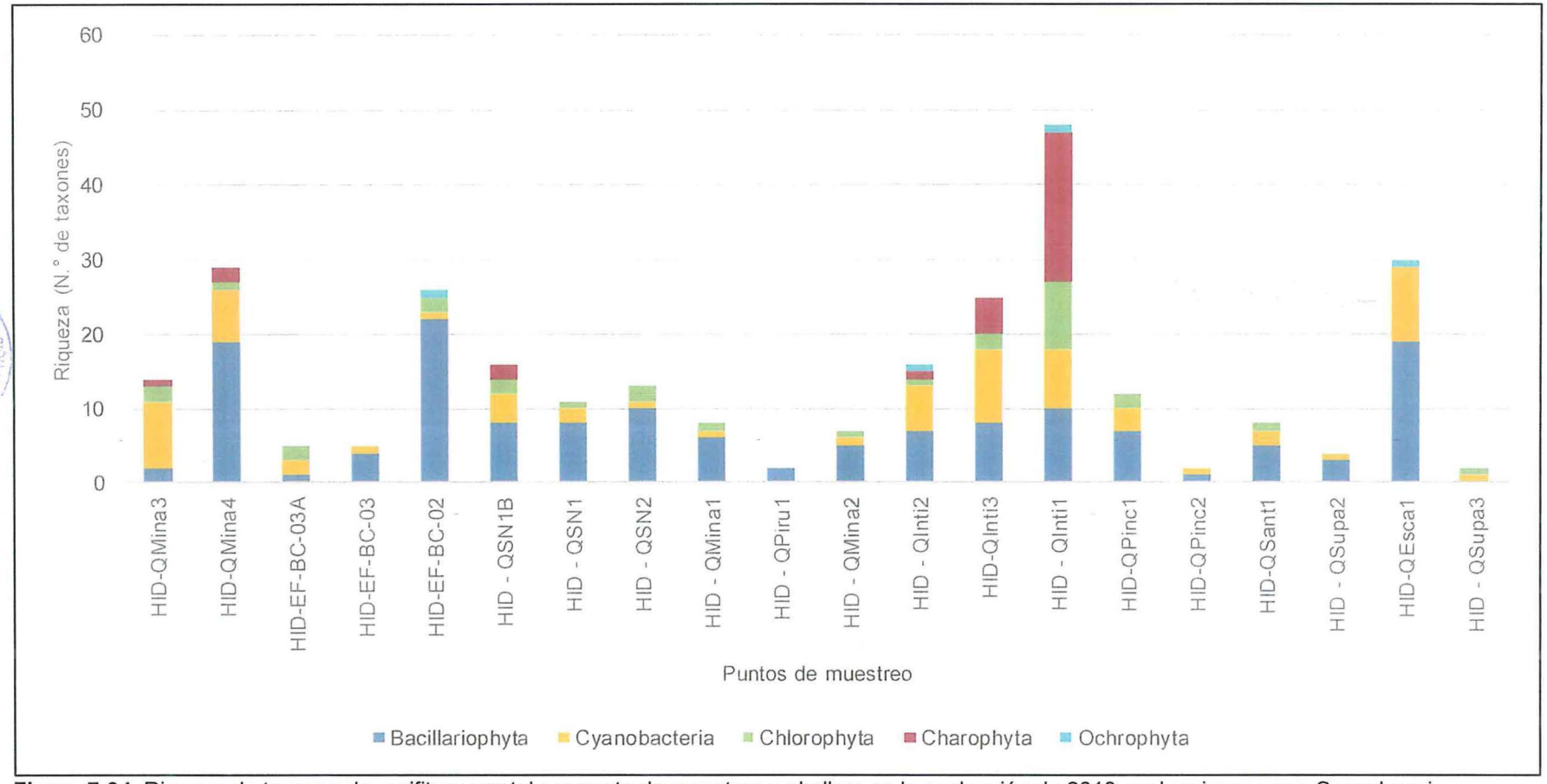

Figura 7-94. Riqueza de taxones de perifiton vegetal por punto de muestreo y phyllum en la evaluación de 2018, en la microcuenca Supayhuasi

Acerca de la relación entre los puntos de muestreo evaluados en 2017 y 2018, la riqueza presentó un rango de variación entre 4 y 31 taxones por punto para la evaluación de 2017; mientras que, en el 2018, la riqueza varió entre 2 y 48 taxones, lo cual sugiere heterogeneidad comunitaria entre los puntos en ambas evaluaciones.

El punto HID-QInti1, en la quebrada Intisayana, presentó la mayor riqueza de taxones en ambas evaluaciones, a su vez que registró la mayor representatividad de los phyla Charophyta y Chlorophyta. Cabe resaltar que, solamente el phylum Bacillariophyta estuvo presente en todos los puntos de muestreo en la evaluación de 2017; mientras que en el 2018 no se registró en HID-QSupa3 (Figura 7-95).

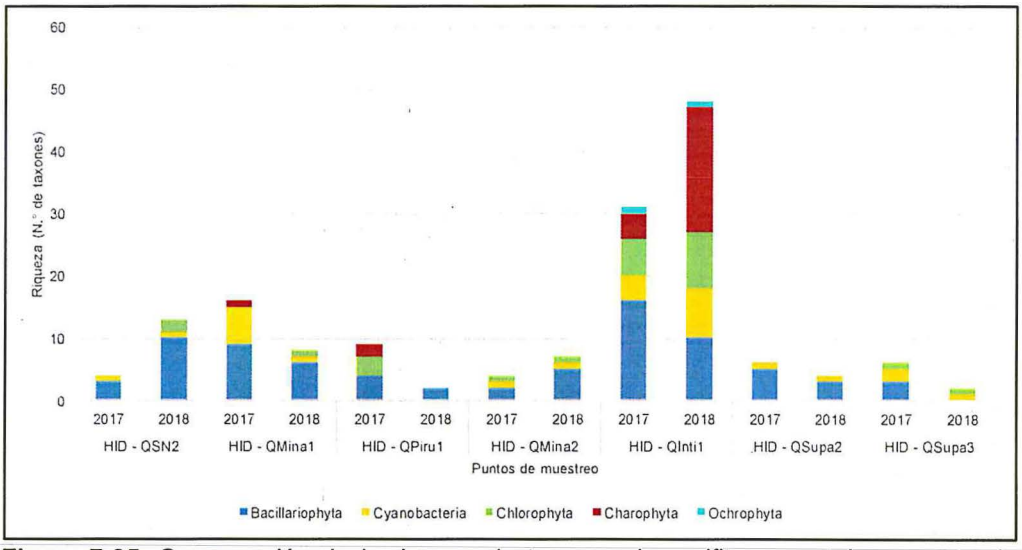

Figura 7-95. Comparación de la riqueza de taxones de perifiton vegetal por punto de muestreo y phyllum, entre las evaluaciones de 2017 y 2018, en la microcuenca Supayhuasi

Abundancia

En la evaluación de 2018 se registraron 594 640 organismos[40] de perifiton vegetal, siendo el phylum Bacillariophyta el más dominante, con 283 200 organismos (47,63 % del total), seguido de Cyanobacteria con 230 400 organismos (38,75 % del total), Charophyta con 45 600 organismos (7,67 % del total), Chlorophyta con 30 400 organismos (5,11 % del total), y Ochrophyta con 5 040 organismos (0,85 % del total).

Los valores de abundancia más altos corresponden a los puntos de muestreo HID-EF-BC-02 y HID-QEsca1, con 77 600 y 76 000 organismos respectivamente. Así también, en estos puntos, se puede evidenciar el predominio del phylum Bacillariophyta. El punto HID-QInti1 también presenta una alta abundancia, con 74 480 organismos, y un predominio del phyllum Charophyta.

Los puntos de muestreo HID-QMina3, HID-EF-BC-03A, HID-Qinti2 y HID-Qinti3 registraron un predominio de organismos del phyllum Cyanobacteria (Figura 7-96). La especie más abundante fue *Tapinothrix varians*, con 48 800 organismos; siendo dominante en los puntos HID-QMina3, HID-QMina4, HID-Qinti2 y HID-QEsca1.

40 La abundancia de organismos del perifiton vegetal y animal han sido determinados bajo la unidad de medida de organismos/cm²

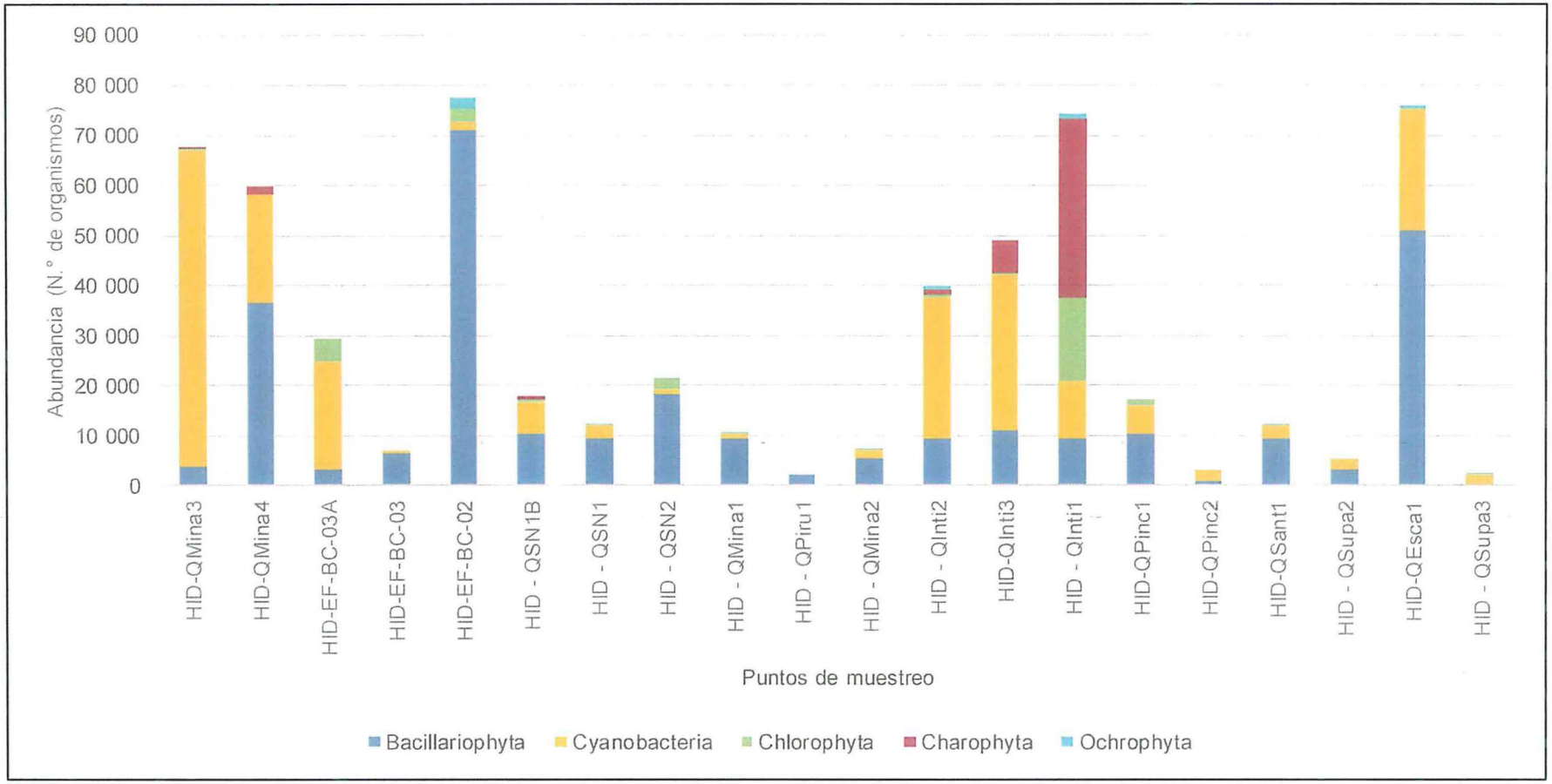

Figura 7-96. Abundancia de organismos del perifiton vegetal por punto de muestreo y phyllum en la evaluación de 2018, en la microcuenca Supayhuasi

Respecto a la relación entre los puntos de muestreo evaluados en 2017 y 2018, el phylum Bacillariophyta registró la mayor abundancia en la evaluación de 2017, con 112 777 organismos; seguido del phylum Cyanobacteria, con 14 997 organismos. Así también, en la evaluación de 2018, el phylum Bacillariophyta registró la mayor abundancia, con 48 800 organismos, seguido del phylum Cyanobacteria, con 19 200 organismos.

En el punto HID-Qinti1 se registraron altas abundancias, con un predominio del phyllum Bacillariophyta en la evaluación de 2017 y un predominio de Charophyta en el 2018. De este modo, en la evaluación de 2018, el punto HID-QMina1, se registró una alta abundancia, con un predominio de organismos del phyllum Bacillariophyta. Los demás puntos de muestreo registraron bajos valores de abundancia en ambas evaluaciones (Figura 7-97).

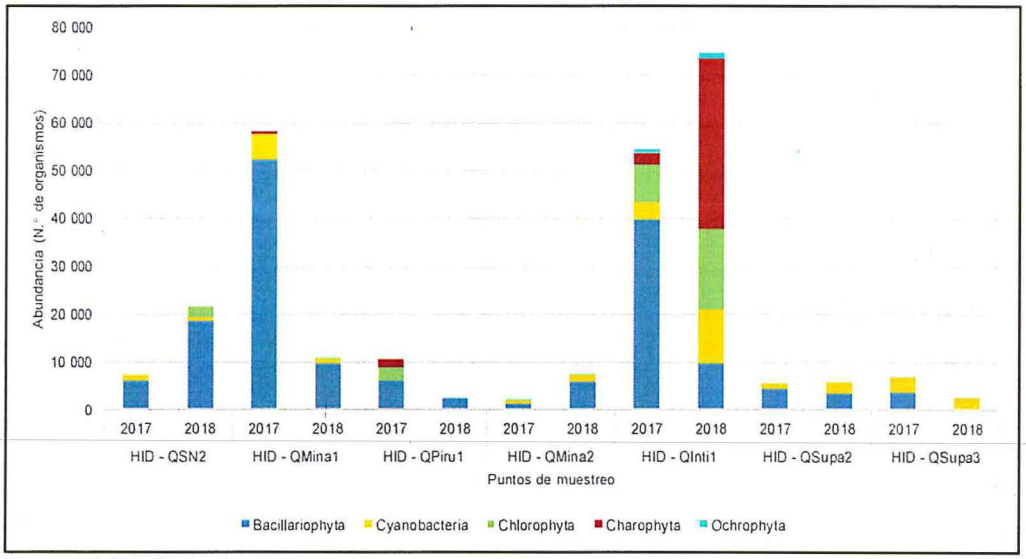

Figura 7-97. Comparación de la abundancia de perifiton vegetal por punto de muestreo y phyllum, entre las evaluaciones de 2017 y 2018, en la microcuenca Supayhuasi

Diversidad alfa

En base a la riqueza de taxones y abundancia, en la Tabla 7-17 se detallan los valores del índice de diversidad de Hill (N1 y N2) y la equidad de Pielou (J') para cada punto de muestreo, en las evaluaciones de 2017 y 2018.

En la evaluación de 2017, los máximos valores de diversidad N1 y N2 se registraron en el punto de muestreo HID-QInti1, así también, el máximo valor de equidad de Pielou se registró en el punto HID-QSN2 (0,944). Los más bajos valores de diversidad N1 y N2 se registraron en el punto HID-QMina2; así también, el mínimo valor de equidad se registró en el punto QMina1 y QMina4, con un valor de 0,7274 en ambos casos.

En tanto que, en la evaluación de 2018, los máximos valores de diversidad N1 y N2 se registraron en los puntos HID-QMina4, HID-QInti1 y HID-QEsca1; mientras que, los menores valores correspondieron a los puntos HID-EF-BC-03A, HID-Qpiru1, HID-QPinc2 y HID-QSupa3. Con respecto al índice J', el mayor valor se presentó en el punto de muestreo HID-QSN1, con un valor de 0,9443, lo cual sugiere una distribución homogénea de las abundancias de los organismos registrados en estos puntos; mientras que, el menor valor se registró en HID-QSupa3, con un valor de 0,3373, debido a la dominancia de *Leptolyngbya* sp.1.

Tabla 7-17. Diversidad alfa del perifiton vegetal por punto de muestreo en las evaluaciones de 2017 y 2018, en la microcuenca Supayhuasi

Puntos de muestreo	N1		N2		J'	
Periodo de Evaluación	2017	2018	2017	2018	2017	2018
HID–QMina3	NE	7,294	NE	5,281	NE	0,7529
HID–QMina4	7,514	21,24	5,260	15,8	0,7274	0,9075
HID–EF–BC–03A	NE	2,676	NE	1,92	NE	0,6115
HID–EF–BC–03	NE	4,166	NE	3,522	NE	0,8867
HID–EF–BC–02	NE	15,54	NE	9,038	NE	0,842
HID – QSN1B	NE	12,45	NE	10,61	NE	0,9095
HID – QSN1	NE	9,624	NE	8,641	NE	0,9443
HID – QSN2	3,701	10,37	3,429	9,066	0,944	0,912
HID–QMina1	7,514	6,588	5,260	5,69	0,7274	0,9066
HID–QPiru1	6,331	1,89	4,653	1,8	0,8399	0,9183
HID–QMina2	3,339	5,909	3,193	5,517	0,8697	0,913
HID–QInti2	NE	11,17	NE	8,389	NE	0,8703
HID–QInti3	NE	17,86	NE	13,37	NE	0,8956
HID–QInti1	19,61	36,41	13,76	28,42	0,8667	0,9286
HID–QPinc1	NE	10,24	NE	9,02	NE	0,9361
HID–QPinc2	NE	1,755	NE	1,6	NE	0,8113
HID–QSant1	NE	6,134	NE	5,13	NE	0,8723
HID–QSupa2	5,349	3,586	4,765	3,267	0,9359	0,9212
HID–QEsca1	NE	22,94	NE	18,31	NE	0,9211
HID–QSupa3	4,932	1,263	4,291	1,133	0,8906	0,3373

N1 y N2: índices de diversidad de Hill; J': índice de equidad de Pielou; NE: no evaluado

Valores máximos de índices de diversidad alfa

Valores mínimos de índices de diversidad alfa

Diversidad beta

El dendograma de similaridad de Bray Curtis para la comunidad de perifiton vegetal, permitió conformar 5 agrupaciones, de los cuales, solamente una supera un porcentaje de similitud del 50 %, conformado por los puntos de muestreo HID-QPinc2 y HID-QSupa2, donde estos tienen en común bajos valores de riqueza y abundancia representados solamente por los phyla Bacillariophyta y Cyanobacteria (Figura 7-98).

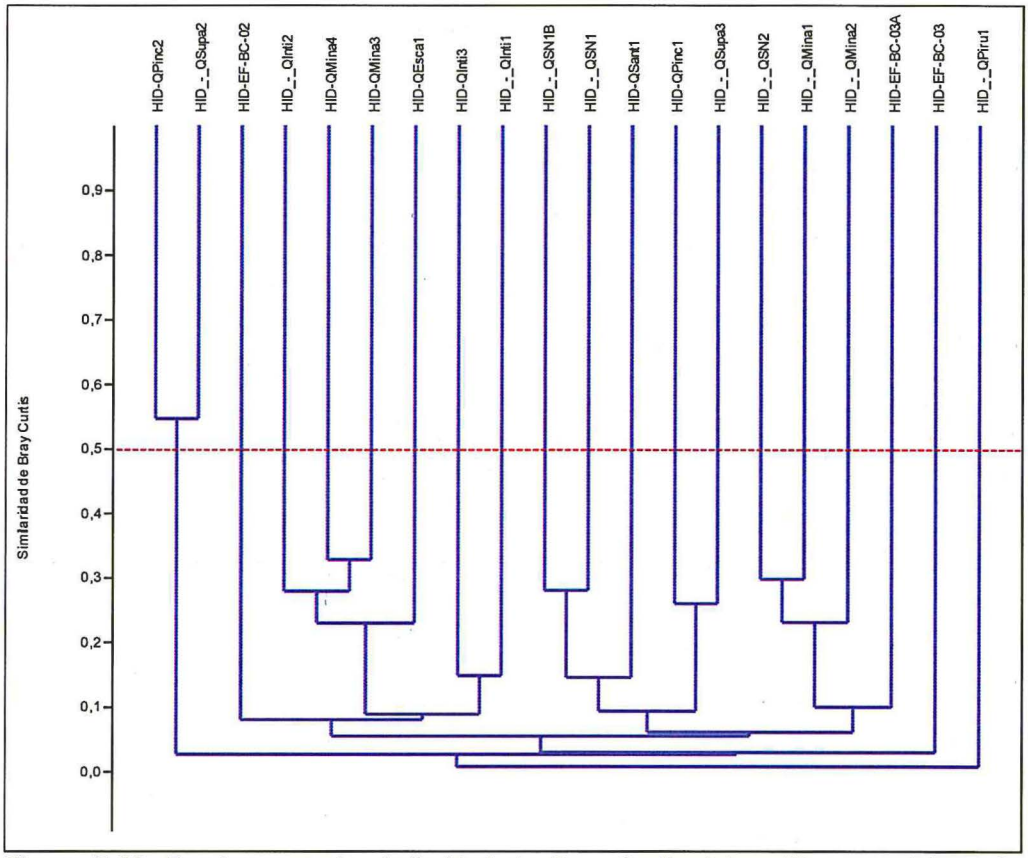

Figura 7-98. Dendograma de similaridad de Bray Curtis del perifiton vegetal, en la evaluación de 2018, en la microcuenca Supayhuasi

Perifiton animal

Composición, riqueza y abundancia

En la Tabla 7-18 se presentan los valores de riqueza y abundancia de perifiton animal por punto de muestreo, registrándose organismos solamente en 4 de los 20 puntos de muestreo evaluados en 2018. Cabe precisar que, en la evaluación de 2017 no se registraron organismos del perifiton animal en los puntos HID-QMina4 y HID-QInti1; mientras que los puntos HID-QMina3 y HID-QEsca1 solo se evaluaron en 2018.

En todos los puntos de muestreo se registró a «Nemátodo» sp. 1, siendo en HID-QMina4 donde se registró la mayor abundancia (16 organismos); mientras que los organismos del phylum Cercozoa solamente se registraron en los puntos HID-QInti1 y HID-QEsca1.

Tabla 7-18. Composición, riqueza y abundancia del perifiton animal, en la evaluación de 2018, en la microcuenca Supayhuasi

Phylum	Riqueza (Taxón)	HID-QMina3	HID-QMina4	HID-QInti1	HID-QEsca1
Cercozoa	Euglypha strigosa	0	0	0	16
Cercozoa	Euglypha bryophila	0	0	8	0
Nemata	«Nemátodo» sp. 1	8	16	8	8
S (Total de taxones)		1	1	2	2
N (abundancia)		8	16	16	24

Macroinvertebrados bentónicos

Composición y riqueza

En la evaluación de 2018 se estimaron 20 puntos de muestreo, donde se registraron 21 taxones de macroinvertebrados bentónicos, las cuales estuvieron agrupadas en 3 phyla, 5 clases, 9 órdenes y 19 familias.

Respecto a la riqueza de taxones, el orden Díptera fue dominante con 9 taxones (42,86 % del total), seguido de Trichoptera con 3, Ephemeroptera y Coleoptera con 2; mientras que, los demás órdenes registrados solamente fueron representados por un solo taxón. Cabe precisar que, el orden Díptera estuvo presente en todos los puntos de muestreo donde se registraron macroinvertebrados.

Los valores de riqueza más altos corresponden a los puntos de muestreo HID-QMina4 y HID-QInti1, con 13 taxones en cada uno de ellos. Este último punto registró la mayor representatividad del orden Díptera (8 taxones) entre todos los puntos de muestreo.

En la mayoría de los puntos de muestreo el orden Díptera presentó el mayor número de taxones, con excepción de HID-QPinc1, en donde compartió el mismo número de especies con Trichoptera (2 taxones cada una). El orden Plecoptera fue el de menor riqueza, registrándose solo un taxón en el punto de muestreo HID-QPinc2 (Figura 7-99). El taxón más frecuente fue una especie indeterminada de la familia Lumbricidae, presente en 12 de los 20 puntos de muestreo evaluados.

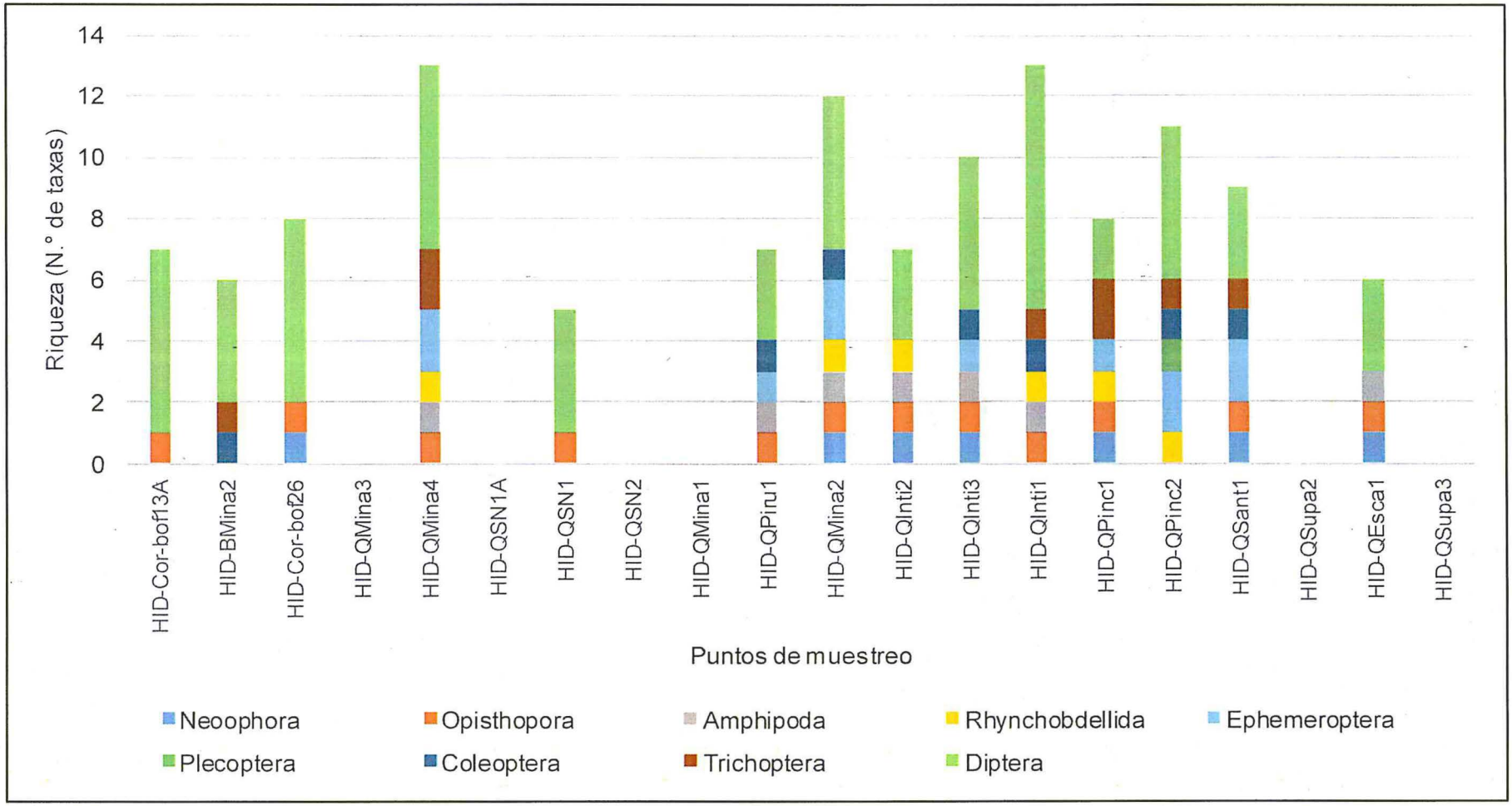

Figura 7-99. Riqueza de taxones de macroinvertebrados bentónicos por puntos de muestreo y orden en la evaluación de 2018, en la microcuenca Supayhuasi

Acerca de la relación entre los puntos de muestreo evaluados en 2017 y 2018, la riqueza presentó un rango de variación entre 0 y 11 taxones por punto de muestreo para la evaluación de 2017; mientras que, en el 2018, la riqueza varió entre 0 y 13 taxones, lo cual sugiere heterogeneidad comunitaria entre los puntos de muestreo en ambas evaluaciones.

El punto de muestreo HID-QInti1 presentó la mayor riqueza de taxones (11 taxones) en la evaluación de 2017; en tanto que, en la evaluación de 2018, los puntos HID-QMina4, HID-QMina2 y HID-QInti1 registraron por igual la mayor riqueza (13 taxones).

En los puntos de muestreo HID-QMina4, HID-QPiru1, HID-QMina2 y HID-QInti1 se evidencia un incremento en el número de taxones registrados en la evaluación de 2018, con respecto a la evaluación de 2017; mientras que, en los puntos HID-QSN2 y HID-QSupa3 se evidenció una disminución de taxones en el 2018. Cabe destacar que, en el punto de muestreo HID-QSupa2 no se registraron organismos en ambas evaluaciones (Figura 7-100).

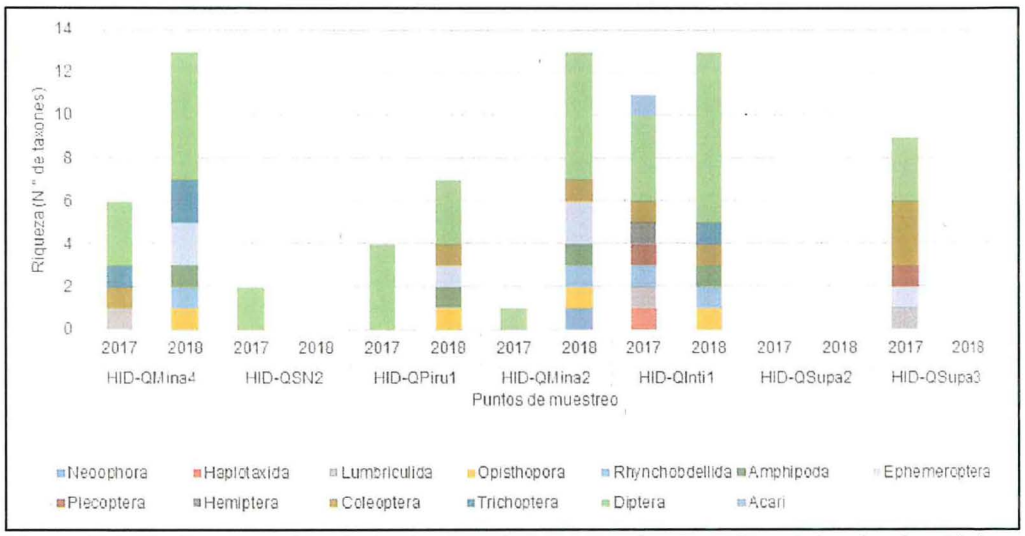

Figura 7-100. Comparación de la riqueza de taxones de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo y orden, entre las evaluaciones de 2017 y 2018, en la microcuenca Supayhuasi

Abundancia

En la evaluación de 2018 se registraron 2182 organismos[41] de macroinvertebrados bentónicos, siendo el orden Díptera el más dominante, con 1574 organismos (72,14 % del total), seguido de Opisthopora con 1310 organismos (60,04 % del total); mientras que, los demás órdenes registraron abundancias menores al 20 % del total.

Los valores de abundancia más altos corresponden a los puntos de muestreo HID-QPiru1 y HID-QInti1, con 513 y 456 organismos respectivamente. Así también, en estos puntos, se puede evidenciar las mayores abundancias de los órdenes Opisthopora y Díptera respectivamente.

41 La abundancia de organismos de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos han sido determinados bajo la unidad de medida de organismos/0,27m^2

Cabe resaltar el predominio del orden Amphipoda en HID-QInti2, del orden Coleoptera en HID-QInti3 y HID-QSant1, y del orden Rhynchobdellida en HID-QPinc2 (Figura 7-101).

El taxón más abundante fue la especie indeterminada de la familia Lumbricidae, con 1310 organismos; siendo dominante en los puntos de muestreo HID-Cor-bof26, HID-QMina4, HID-QSN1, HID-QPiru1, HID-QMina2, HID-QPinc1 y HID-QEsca1.

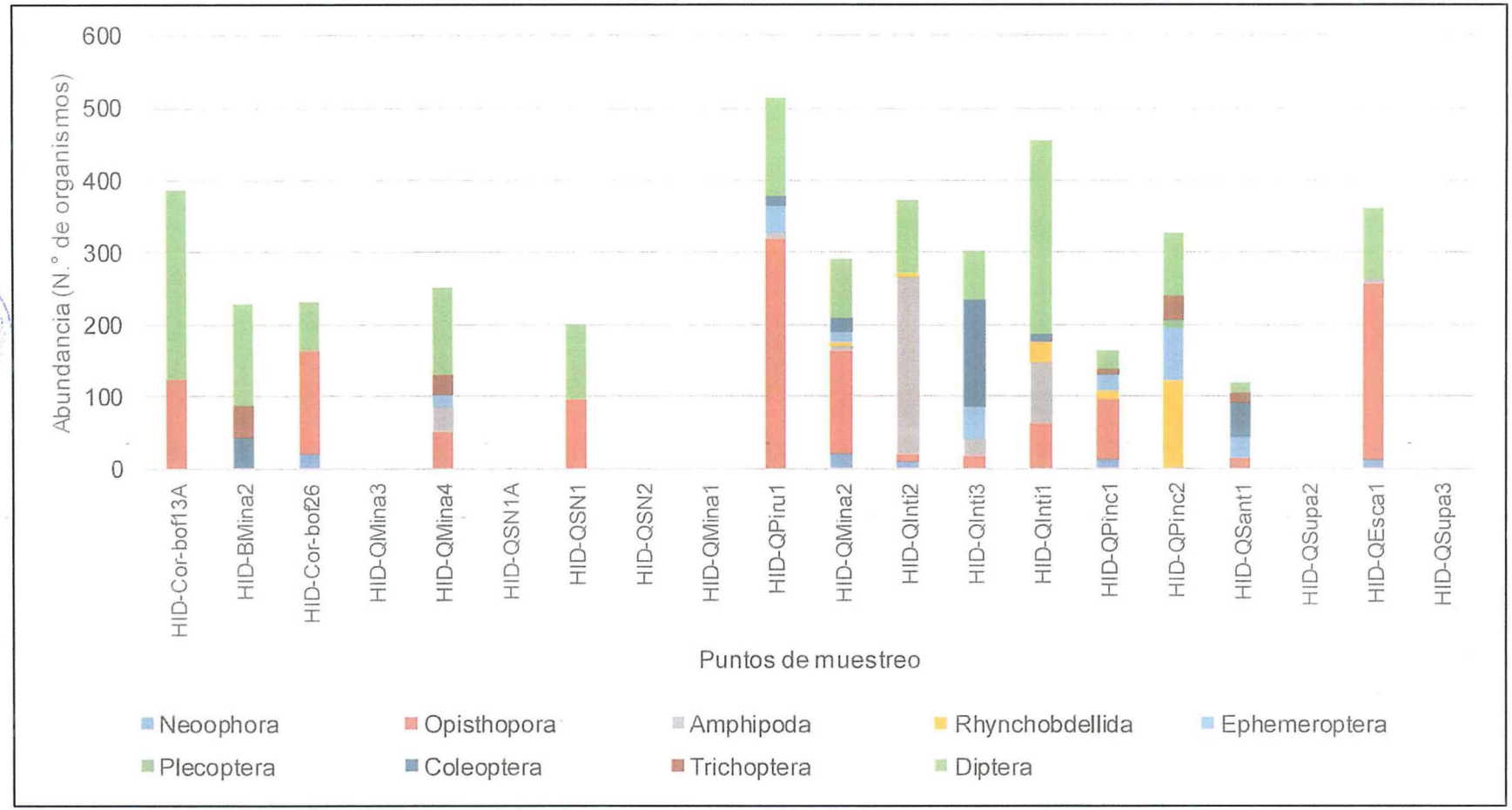

Figura 7-101. Abundancia de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo y orden en la evaluación de 2018, en la microcuenca Supayhuasi

Respecto a la relación entre los puntos de muestreo evaluados en 2017 y 2018, el orden Díptera registró la mayor abundancia en la evaluación de 2017, con 577 organismos. Así también, en la evaluación de 2018, el orden Díptera registró la mayor abundancia, con 604 organismos, seguido del orden Opisthopora, con 577 organismos.

En la evaluación de 2017, el punto de muestreo HID-Qinti1 registró la mayor abundancia, con un predominio del orden Díptera (76,53 % del total de organismos); mientras que, en la evaluación de 2018, el punto HID-QPiru1 registró la mayor abundancia, con un predominio de organismos del orden Opisthopora (38,65 % del total). Cabe señalar que, en la evaluación de 2018, los puntos HID-QPiru1 y HID-QMina2 presentaron dominancia de organismos del orden Opisthopora (Figura 7-102).

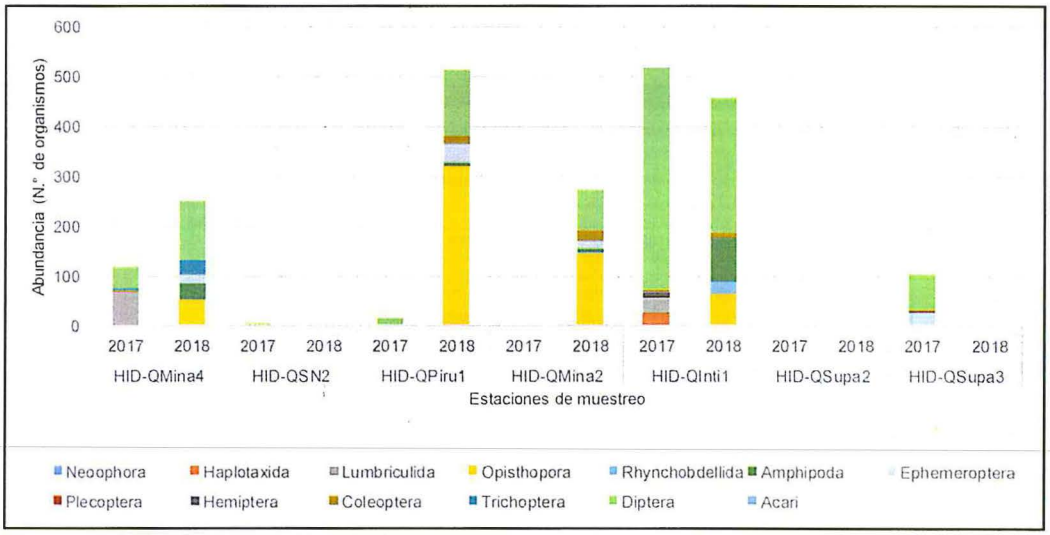

Figura 7-102. Comparación de la abundancia de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo y orden, entre las evaluaciones de 2017 y 2018, en la microcuenca Supayhuasi

Diversidad alfa

Con respecto a la riqueza de taxones y abundancia, en la Tabla 7-19 se detallan los valores del índice de diversidad de Hill (N1 y N2) y la equidad de Pielou (J') para cada punto de muestreo, en las evaluaciones de 2017 y 2018.

En la evaluación de 2017, los máximos valores de diversidad N1 y N2 se registraron en el punto de muestreo HID-QInti1; mientras que, el máximo valor de equidad de Pielou se registró en el punto HID-QSN2 (0,92). Los más bajos valores de diversidad N1 y N2 se registraron en los puntos HID-QSN2 y HID-QPiru1 respectivamente; así también, el mínimo valor de equidad se registró en el punto QPiru1, con un valor de 0,51.

En tanto que, en la evaluación de 2018, los máximos valores de diversidad N1 y N2 se registraron en el punto de muestreo HID-QMina4; mientras que, los menores valores correspondieron al punto HID-QEsca1. Con respecto al índice J', el mayor valor se presentó en el punto de muestreo HID-BMina2, con un valor de 0,9368, lo cual sugiere una distribución homogénea de las abundancias de los organismos registrados en este punto de muestreo; en tanto que, el menor valor se registró en

HID-Cor-bof26, con un valor de 0,587, debido a la dominancia de la especie indeterminada de la familia Lumbricidae.

Tabla 7-19. Diversidad alfa de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo en las evaluaciones de 2017 y 2018, en la microcuenca Supayhuasi

Punto de muestreo	N1		N2		J'	
Periodo de Evaluación	2017	2018	2017	2018	2017	2018
HID-Cor-bof13A	NE	4,653	NE	3,889	NE	0,7901
HID-BMina2	NE	5,358	NE	4,973	NE	0,9368
HID-Cor-bof26	NE	3,39	NE	2,395	NE	0,587
HID-QMina3	NE	1	NE	****	NE	****
HID-QMina4	2,74	9,379	2,26	7,746	0,56	0,8727
HID-QSN1A	NE	1	NE	****	NE	****
HID-QSN1	--	3,37	--	2,928	--	0,7549
HID-QSN2	1,89	1	1,80	****	0,92	****
HID-QMina1	NE	1	NE	****	NE	****
HID-QPiru1	2,03	3,383	1,53	2,323	0,51	0,6263
HID-QMina2	2	6,281	2	3,717	1	0,7395
HID-QInti2	NE	3,297	NE	2,175	NE	0,6131
HID-QInti3	NE	5,355	NE	3,554	NE	0,7287
HID-QInti1	3,82	7,644	2,92	6,62	0,54	0,793
HID-QPinc1	NE	4,746	NE	3,216	NE	0,7489
HID-QPinc2	NE	6,331	NE	4,79	NE	0,7696
HID-QSant1	NE	5,225	NE	3,987	NE	0,7525
HID-QSupa2	1	1	****	****	****	****
HID-QEsca1	NE	3,022	NE	2,074	NE	0,6171
HID-QSupa3	3,46	1	2,63	****	0,54	****

N1 y N2: índices de diversidad de Hill; J': índice de equidad de Pielou; NE: no evaluado; ****. indeterminado

Valores máximos de índices de diversidad alfa
Valores mínimos de índices de diversidad alfa

Diversidad beta

El dendograma de similaridad de Bray Curtis para la comunidad de macroinvertebrados bentónicos, muestra la conformación de dos agrupaciones que superan un porcentaje de similitud del 50 % (Figura 7-103).

Agrupación 1: Conformada por los puntos HID-QSN1 y HID-Cor-bof13A, las cuales tienen una composición comunitaria similar.

Agrupación 2: Conformada por 2 subagrupaciones, la primera entre HID-Cor-bof26 y HID-QMina2, teniendo en común una misma composición en los órdenes Opisthopora y Neoophora; la segunda subagrupación es entre los puntos HID-QPiru1 y HID-QEsca1, teniendo en común una misma composición de taxones del orden Díptera. Además, estas 2 subagrupaciones tienen en común la dominancia de la especie indeterminada de la familia Lumbricidae.

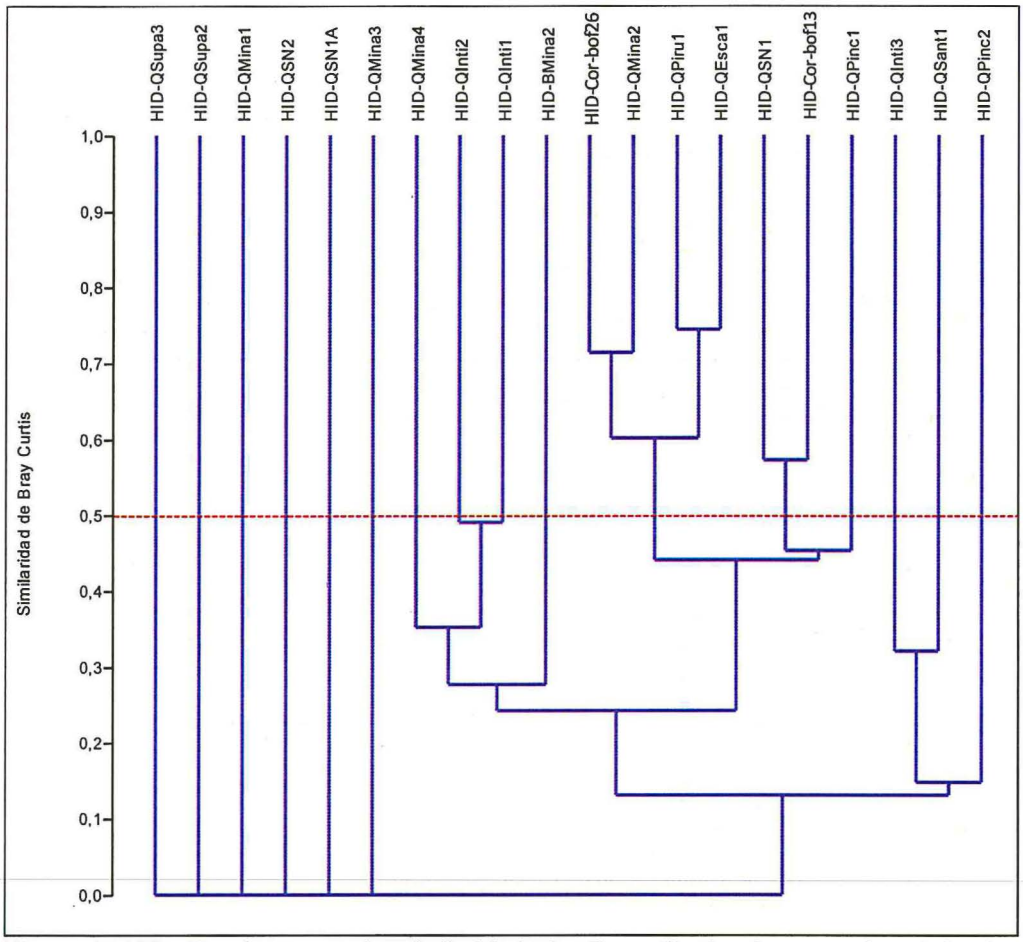

Figura 7-103. Dendograma de similaridad de Bray Curtis de macroinvertebrados bentónicos, en la evaluación de 2018, en la microcuenca Supayhuasi

Calidad ecológica

Considerando las evaluaciones de 2017 y 2018, en la Tabla 7-20 se presenta la calidad ecológica de las quebradas y ríos evaluados; además, de los puntos evaluados en bofedales. Los resultados de este análisis deben tomarse de forma referencial, puesto que el método original exige un muestreo multihábitat de naturaleza cualitativa.

En cuanto a los resultados de calidad ecológica, se observa que la gran mayoría de puntos de muestreo presentan una calidad que varía entre mala y pésima para ambas evaluaciones, con excepción de HID-QInti1 que presentó una moderada calidad en ambas evaluaciones; así como también, los puntos HID-BMina2, HID-QMina4, HIB-QMina2, HIB-QInti2, HID-QInti3, HID-QPinc1, HID-QPinc2 y HID-QSant1 presentaron una moderada calidad en la evaluación de 2018. La calidad biológica presenta resultados similares que los de la calidad ecológica; mientras que la calidad hidromorfológica varía su calidad entre moderada y mala.

Tabla 7-20. Calidad ecológica de acuerdo con el protocolo CERA-S, en la microcuenca Supayhuasi

Punto de muestreo	Calidad hidromorfológica		Calidad biológica (índice ABI)		Calidad ecológica	
	2017	2018	2017	2018	2017	2018
HID-Cor-bof13A	---	Mala	---	Mala	---	Mala
HID-BMina2	---	Moderada	---	Mala	---	Moderada
HID-Cor-bof26	---	Mala	---	Mala	---	Mala
HID-QMina3	---	Mala	---	Pésima	---	Pésima
HID-QMina4	Moderada	Moderada	Mala	Buena	Mala	Moderada
HID-QSN1A	---	Mala	---	Pésima	---	Pésima
HID-QSN1	---	Moderada	---	Pésima	---	Pésima
HID-QSN2	Moderada	Moderada	Pésima	Pésima	Pésima	Pésima
HID-QMina1	---	Moderada	---	Pésima	---	Pésima
HID-QPiru1	Mala	Mala	Pésima	Mala	Pésima	Mala
HID-QMina2	Moderada	Mala	Pésima	Moderada	Pésima	Moderada
HID-QInti2	---	Moderada	---	-	---	Moderada
HID-QInti3	---	Moderada	---	Moderada	---	Moderada
HID-QInti1	Moderada	Mala	Moderada	Moderada	Moderada	Moderada
HID-QPinc1	---	Mala	---	Moderada	---	Moderada
HID-QPinc2	---	Moderada	---	Buena	---	Moderada
HID-QSant1	---	Moderada	---	Moderada	---	Moderada
HID-QSupa2	Moderada	Mala	Pésima	Pésima	Pésima	Pésima
HID-QEsca1	---	Mala	---	Mala	---	Mala
HID-QSupa3	Moderada	Mala	Moderada	Pésima	Moderada	Pésima

---: no corresponde

7.3.2.4. Microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa (zona II)

Perifiton

El perifiton fue analizado en sus dos componentes: perifiton vegetal y perifiton animal.

Perifiton vegetal

Composición y riqueza

En la evaluación de 2018 se evaluaron 9 puntos de muestreo, donde se registraron 97 taxones de perifiton vegetal, las cuales están agrupadas en 7 phyla, 9 clases, 26 órdenes y 43 familias. Cabe destacar que, los puntos de muestreo HID-LCoch1 y HID-QColl2 registraron 6 phyla, solamente estando ausente el phylum Euglenozoa.

Respecto a la riqueza de taxones, el phylum Bacillariophyta fue dominante con 57 taxones (58,76 % del total), seguido de Chlorophyta con 16, Cyanobacteria con 15, Charophyta con 6, y Euglenozoa, Miozoa y Ochrophyta con 1 taxón cada uno. Cabe precisar que, los phyla Bacillariophyta y Chlorophyta estuvieron presentes en todos los puntos de muestreo.

El valor de riqueza más alto corresponde a los puntos HID-LCoch1 y HID-QMinac1, con 29 taxones cada uno. Además, en la mayoría de los puntos de muestreo el phylum

Bacillariophyta presentó el mayor número de taxones, con excepción del punto HID-RJara2, en donde compartió el mismo número de taxones con Chlorophyta.

Los phyla que presentaron el menor número de taxones, como Miozoa y Ochrophyta, estuvieron presentes solamente en los puntos HID-LCoch1 y HID-QColl2; mientras que, Euglenozoa, solamente estuvo presente en el punto HID-QColc1 (Figura 7-104). El taxón más frecuente fue *Stigeoclonium* sp.1, presente en siete de los nueve puntos de muestreo evaluados.

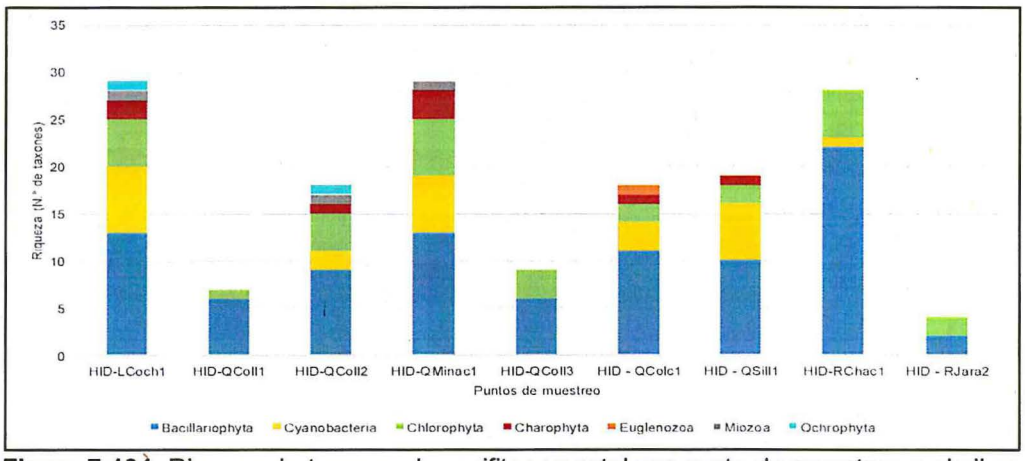

Figura 7-104. Riqueza de taxones de perifiton vegetal por punto de muestreo y phyllum en la evaluación de 2018, en la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa

Acerca de la relación entre los puntos de muestreo evaluados en 2017 y 2018, la riqueza presentó un rango de variación entre 12 y 29 taxones por punto de muestreo para la evaluación de 2017; mientras que, en el 2018, la riqueza varió entre 4 y 19 taxones, lo cual sugiere heterogeneidad comunitaria entre los puntos de muestreo en ambas evaluaciones.

El punto de muestreo HID-QColc1 presentó la mayor riqueza de taxones en ambas evaluaciones, a su vez que, registró la mayor representatividad del phylum Bacillariophyta. Cabe resaltar que, el phylum Bacillariophyta estuvo presente en todos los puntos de muestreo en ambas evaluaciones (Figura 7-105).

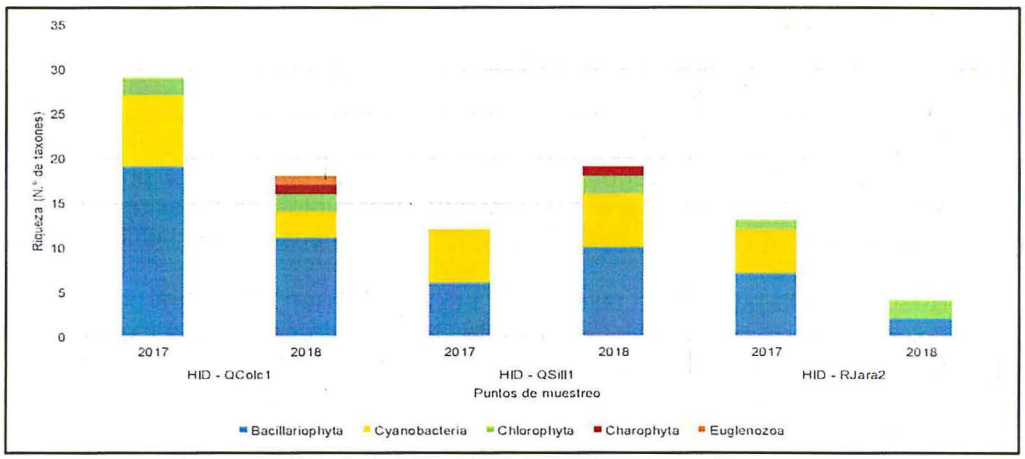

Figura 7-105. Comparación de la riqueza de taxones de perifiton vegetal por punto de muestreo y phyllum, entre las evaluaciones de 2017 y 2018, en la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa

Abundancia

En la evaluación de 2018 se registraron 288 480 organismos de perifiton vegetal, siendo el phylum Bacillariophyta el más dominante, con 171 200 organismos (59,35 % del total), seguido de Cyanobacteria con 54 400 organismos (18,86 % del total) y Miozoa con 35 200 organismos (12,20 % del total), mientras que los demás phyla presentaron abundancias menores.

Los mayores valores de abundancia corresponden a los puntos de muestreo HID-LCoch1 y HID-RChac1, con 69 680 y 60 640 organismos respectivamente. Así también, en estos puntos, se puede evidenciar el predominio de los phyla Miozoa y Bacillariophyta respectivamente. El punto de muestreo HID-QSill1 registró un predominio de organismos del phyllum Cyanobacteria (Figura 7-106). La especie más abundante fue *Peridinium willei*, con 35 200 organismos, siendo dominante en los puntos de muestreo HID-LCoch1 y HID-QMinac1.

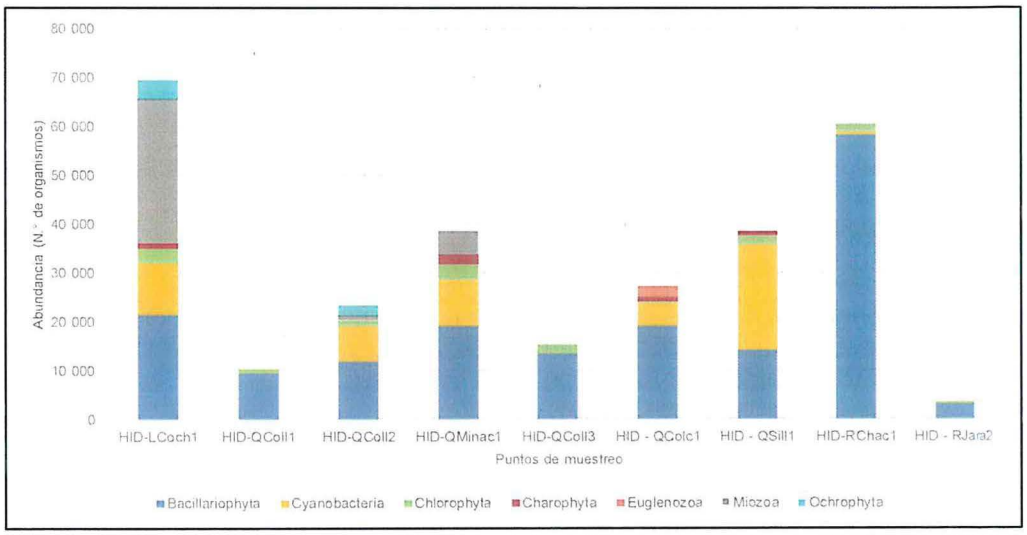

Figura 7-106. Abundancia de organismos del perifiton vegetal por punto de muestreo y phyllum en la evaluación de 2018, en la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa

Respecto a la relación entre los puntos de muestreo evaluados en 2017 y 2018, el phylum Bacillariophyta registró la mayor abundancia en la evaluación de 2017, con 103 779 organismos; seguido del phylum Cyanobacteria, con 62 987 organismos. Así también, en la evaluación de 2018, el phylum Bacillariophyta registró la mayor abundancia, con 36 800 organismos, seguido del phylum Cyanobacteria, con 26 400 organismos. En general, se destaca una mayor abundancia en la evaluación del 2017, en comparación con el 2018 (Figura 7-107).

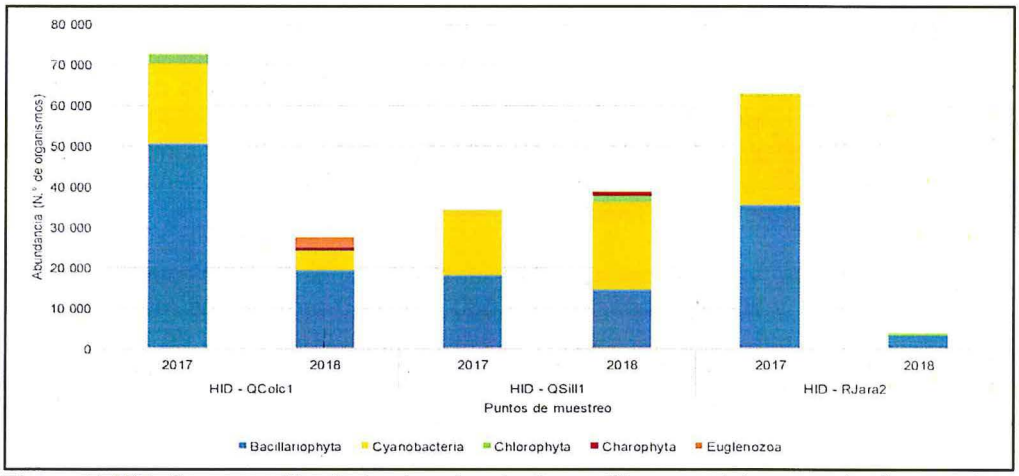

Figura 7-107. Comparación de la abundancia de perifiton vegetal por punto de muestreo y phyllum, entre las evaluaciones de 2017 y 2018, en la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa

Diversidad alfa

En base a la riqueza de taxones y abundancia, en la Tabla 7-21 se detallan los valores del índice de diversidad de Hill (N1 y N2) y la equidad de Pielou (J') para cada punto de muestreo, en las evaluaciones de 2017 y 2018.

En la evaluación de 2017, los máximos valores de diversidad N1 y N2 se registraron en el punto de muestreo HID-QColc1; mientras que, el máximo valor de equidad de Pielou se registró en el punto HID-QSill1 (0,8837). Los más bajos valores de diversidad N1 y N2 se registraron en el punto HID-RJara2; así también, el mínimo valor de equidad, con un valor de 0,6997.

En cuanto a la evaluación de 2018, el máximo valor de diversidad N1 y N2 se registró en el punto HID-QMinac1; mientras que, los menores valores correspondieron al punto HID-RJara2, al igual que en la evaluación de 2017. Con respecto al índice J', el mayor valor se presentó en el punto de muestreo HID-QColc1, con un valor de 0,9279, lo cual sugiere una distribución homogénea de las abundancias de los organismos registrados en este punto de muestreo; mientras que, el menor valor se registró en HID-LCoch1, con un valor de 0,7361.

Tabla 7-21. Diversidad alfa del perifiton vegetal por punto de muestreo en las evaluaciones de 2017 y 2018, en la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa

Punto de muestreo	N1		N2		J'	
Periodo de Evaluación	2017	2018	2017	2018	2017	2018
HID–LCoch1	NE	11,92	NE	5,071	NE	0,7361
HID–QColl1	NE	5,983	NE	5,211	NE	0,9193
HID–QColl2	NE	11,81	NE	8,965	NE	0,8543
HID–QMinac1	NE	21,56	NE	16,77	NE	0,912
HID–QColl3	NE	5,444	NE	3,935	NE	0,7712
HID–QColc1	18,84	14,61	12,88	13,06	0,8720	0,9279
HID–QSill1	8,989	12,13	7.269	7,591	0,8837	0,8477
HID–RChac1	NE	20,13	NE	16,56	NE	0,901
HID–RJara2	6,018	2,814	4,532	2,233	0,6997	0,7464

N1 y N2: índices de diversidad de Hill; J': índice de equidad de Pielou; NE: no evaluado

Valores máximos de índices de diversidad alfa

Valores mínimos de índices de diversidad alfa

Diversidad beta

El dendograma de similaridad de Bray Curtis para la comunidad de perifiton vegetal, muestra agrupaciones con una similitud menor al 30 %, lo cual significa que existe una composición comunitaria muy diferenciada entre puntos de muestreo (Figura 7-108).

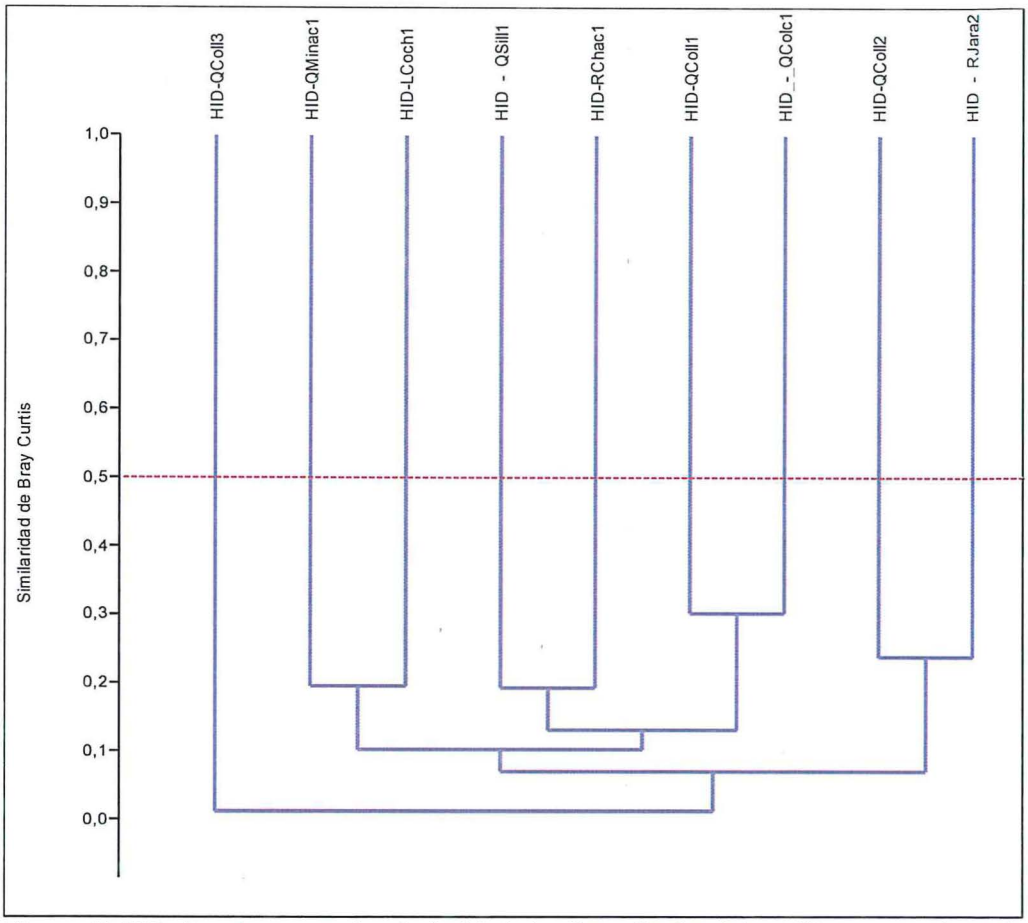

Figura 7-108. Dendograma de similaridad de Bray Curtis del perifiton vegetal, en la evaluación de 2018, en la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa

Perifiton animal

Composición, riqueza y abundancia

En la Tabla 7-22 se presentan los valores de riqueza y abundancia de perifiton animal por punto de muestreo, registrándose organismos solamente en dos de los nueve puntos de muestreo evaluados en el 2018. Cabe precisar que, en la evaluación del 2017 no se registraron organismos en los puntos HID-QLCoch1 y HID-QMinac1.

Tabla 7- 1. Composición, riqueza y abundancia del perifiton animal, en la evaluación de 2018, en la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa

Phylum	Riqueza (Taxón)	HID-LCoch1	HID-QMinac1
Cercozoa	*Corythion* sp.	0	16
Nemata	«Nemátodo» sp. 1	8	0
S (Total de taxones)		1	1
N (abundancia)		8	16

Macroinvertebrados bentónicos

Composición y riqueza

En la evaluación de 2018 se determinaron 7 puntos de muestreo, donde se registraron 22 taxones de macroinvertebrados bentónicos, las cuales estuvieron agrupadas en 3 phyla, 5 clases, 9 órdenes y 20 familias.

Respecto a la riqueza de taxones, el orden Díptera fue dominante con 9 taxones (40,91 % del total), seguido de Trichoptera con 4, Ephemeroptera y Coleoptera con 2, mientras que, los demás órdenes registrados solamente fueron representados por un solo taxón. Cabe precisar que, el orden Díptera estuvo presente y fue dominante en riqueza, en todos los puntos de muestreo donde se registraron macroinvertebrados.

Los valores de riqueza más altos corresponden a los puntos de muestreo HID-QColl1 y HID-QColc1, con 14 y 12 taxones respectivamente; a su vez que, registraron el mayor número de taxones pertenecientes al orden Díptera, con ocho y siete respectivamente (Figura 7-109). El taxón más frecuente fue *Onconeura* sp., presente en 6 de los 7 puntos de muestreo evaluados, estando solamente ausente en HID-QColl2.

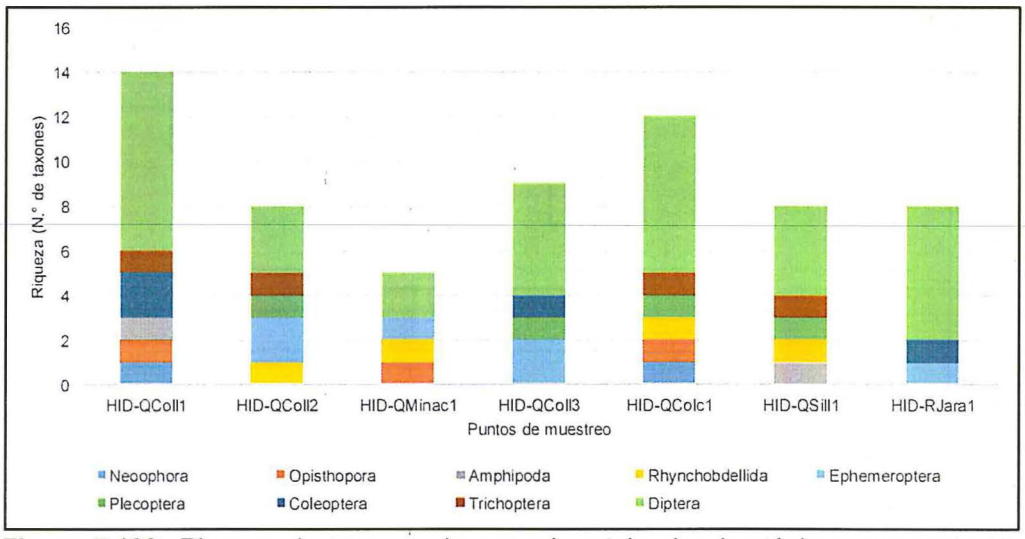

Figura 7-109. Riqueza de taxones de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo y orden en la evaluación de 2018, en la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa

Acerca de la relación entre los puntos de muestreo evaluados en 2017 y 2018, la riqueza presentó un rango de variación entre 9 y 17 taxones por punto de muestreo para la evaluación de 2017; mientras que, en el 2018, la riqueza varió entre 8 y 12 taxones, lo cual sugiere una disminución de la heterogeneidad comunitaria entre los puntos de muestreo en la evaluación de 2018.

El punto de muestreo HID-Colc1 presentó la mayor riqueza de taxones en ambas evaluaciones, a su vez que registró la mayor riqueza de taxones del orden Díptera. Cabe resaltar que, solamente el orden Díptera estuvo presente en todos los puntos de muestreo en ambas evaluaciones (Figura 7-110).

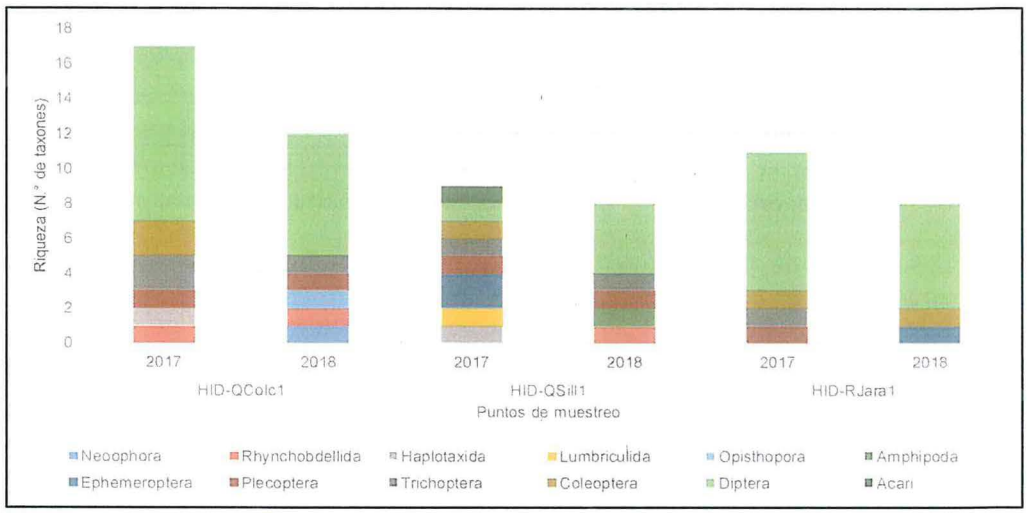

Figura 7-110. Comparación de la riqueza de taxones de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo y orden, entre las evaluaciones de 2017 y 2018, en la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa

Abundancia

En la evaluación de 2018 se registraron 5103 organismos de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos, siendo el orden Díptera el más dominante, con 2018 organismos (39,55 % del total); mientras que, los demás órdenes presentaron abundancias menores al 16 %.

Los valores de abundancia más altos corresponden a los puntos de muestreo HID-QColl2 e HID-QColc1, con 1093 y 1072 organismos respectivamente. Así también, en estos puntos, se puede evidenciar el predominio de los órdenes Rhynchobdellida y Díptera respectivamente.

El punto HID-QMinac1 presentó un predominio de organismos del orden Opisthopora y en HID-QSill1 predominó el orden Plecoptera; mientras que en HID-Coll1, HID-Coll3 y HID-RJara1 predominó el orden Díptera (Figura 7-111). Los taxones más abundantes fueron *Claudioperla* sp. y *Helobdella* sp., con 776 y 766 organismos respectivamente.

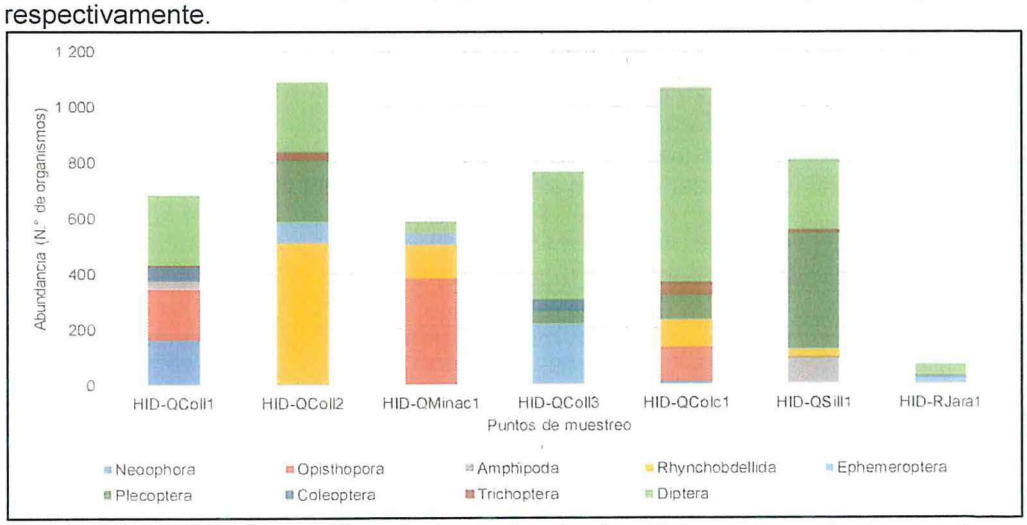

Figura 7-111. Abundancia de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo y orden en la evaluación de 2018, en la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa

Respecto a la relación entre los puntos de muestreo evaluados en 2017 y 2018, el orden Díptera registró la mayor abundancia en ambas evaluaciones, con 509 y 1000 organismos respectivamente.

En el punto HID-Colc1 se registró la mayor abundancia en ambas evaluaciones, así como también se registró la mayor abundancia de organismos del orden Díptera. Cabe destacar que, en el 2018, el orden Coleoptera fue dominante en el punto HID-QSill1.

Los puntos de muestreo HID-Colc1 y HID-QSill1 presentaron un aumento de la abundancia en la evaluación de 2018, con respecto al 2017; mientras que, en HID-RJara1 se evidenció una ligera disminución de la abundancia (Figura 7-112).

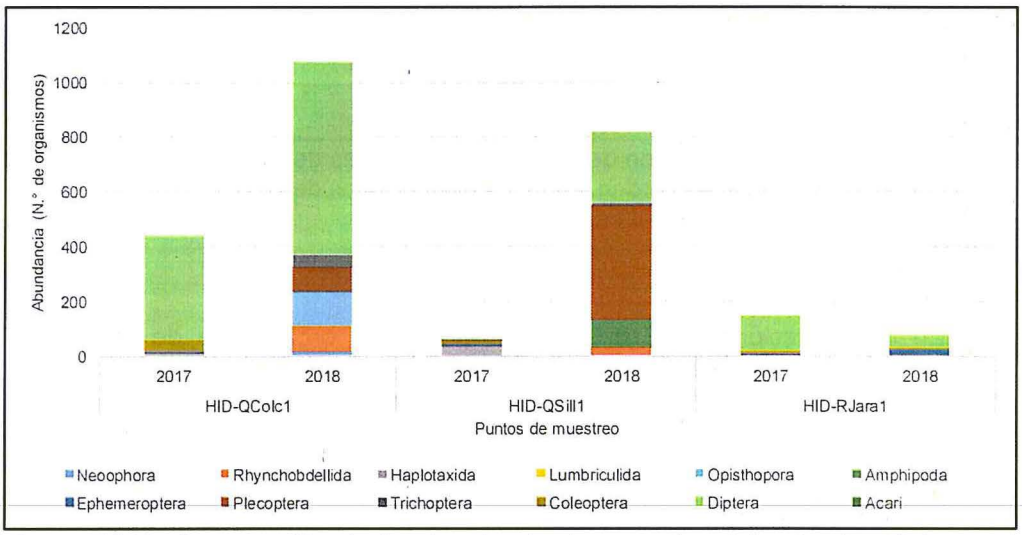

Figura 7-112. Comparación de la abundancia de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo y orden, entre las evaluaciones de 2017 y 2018, en la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa

Diversidad alfa

En base a la riqueza de taxones y abundancia, en la Tabla 7-22 se detallan los valores del índice de diversidad de Hill (N1 y N2) y la equidad de Pielou (J') para cada punto de muestreo, en las evaluaciones de 2017 y 2018.

En la evaluación de 2017, los máximos valores de diversidad N1 y N2 se registraron en el punto de muestreo HID-RJara1, así como el máximo valor de equidad de Pielou, con un valor de 0,61. Los más bajos valores de diversidad N1 y N2 se registraron en el punto HID-QSill1, así también el mínimo valor de equidad, con un valor de 0,39.

En tanto que, en la evaluación de 2018, los máximos valores de diversidad N1 y N2 se registraron en los puntos de muestreo HID-QColc1 y HID-QColl1 respectivamente. Con respecto al índice J', el mayor valor se presentó en el punto de muestreo HID-QColl3, con un valor de 0,7904; mientras que, los mínimos valores de diversidad N1 y N2 se registraron en HID-QMinac1, así como la menor equidad, con un valor de 0,6385.

Tabla 7-22. Diversidad alfa de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo en las evaluaciones de 2017 y 2018, en la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa

Punto de muestreo	N1		N2		J'	
Periodo de Evaluación	2017	2018	2017	2018	2017	2018
HID-QColl1	NE	6,885	NE	5,702	NE	0,7311
HID-QColl2	NE	4,03	NE	3,196	NE	0,6703
HID-QMinac1	NE	2,794	NE	2,122	NE	0,6385
HID-QColl3	NE	5,679	NE	4,295	NE	0,7904
HID-QColc1	3,69	6,906	2,13	5,395	0,44	0,7776
HID-QSill1	2,58	4,127	1,72	2,986	0,39	0,6817
HID-RJara1	4,51	4,592	2,94	3,719	0,61	0,733

N1 y N2: índices de diversidad de Hill; J': índice de equidad de Pielou; NE: no evaluado

Valores máximos de índices de diversidad alfa

Valores mínimos de índices de diversidad alfa

Diversidad beta

El dendograma de similaridad de Bray Curtis para la comunidad de macroinvertebrados bentónicos evidenció una baja similaridad (<50 %) entre los puntos de muestreo evaluados en el 2018 (Figura 7-113).

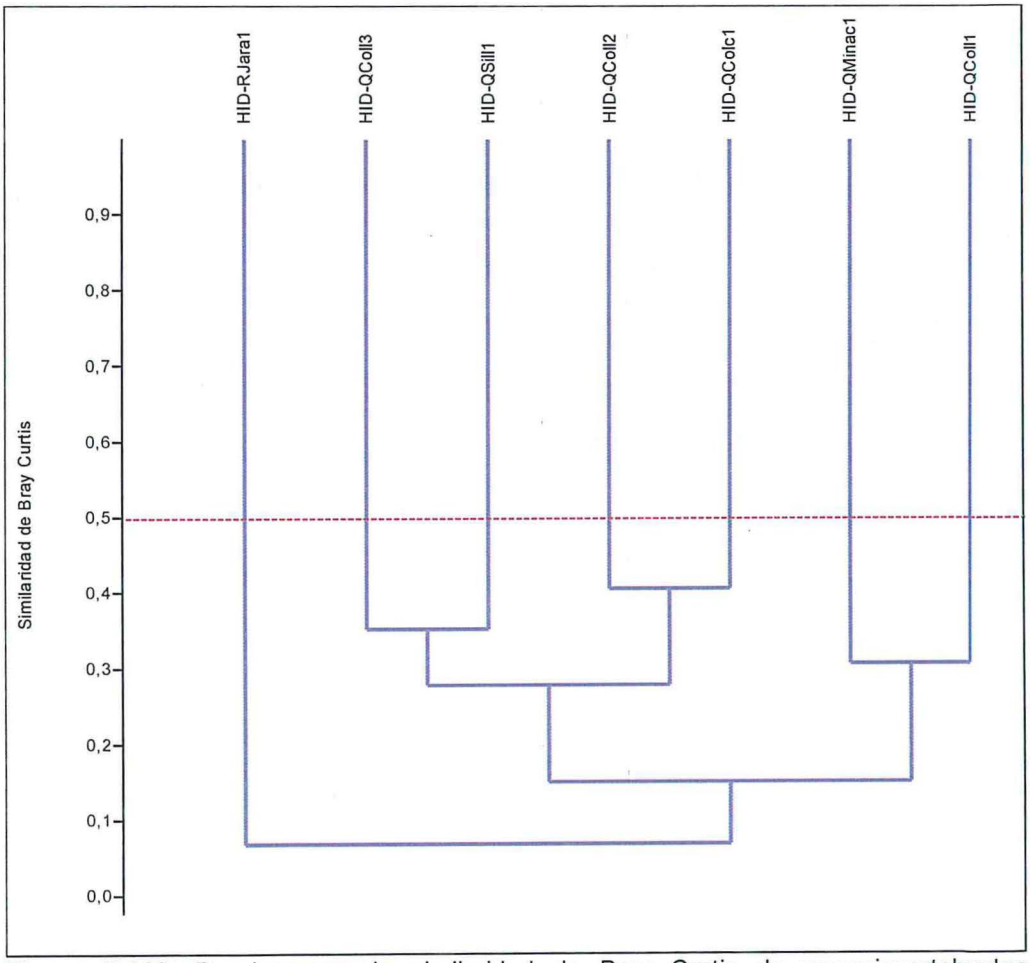

Figura 7-113. Dendograma de similaridad de Bray Curtis de macroinvertebrados bentónicos, en la evaluación de 2018, en la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa

Calidad ecológica

Teniendo en cuenta las evaluaciones de 2017 y 2018, en la Tabla 7-32 se presenta la calidad ecológica de las quebradas y ríos evaluados. Los resultados de este análisis deben tomarse de forma referencial, puesto que el método original exige un muestreo multihábitat de naturaleza cualitativa.

En cuanto a los resultados de la evaluación de 2018, se observa que la mayoría de los puntos de muestreo (6) presentan una calidad ecológica moderada; mientras que solamente el punto HID-QMinac1 presentó una calidad mala, lo cual se podría relacionar al predominio de organismos del phyllum Annelida. Los puntos de muestreo HID-QColc1, HID-QSill1 y HID-RJara1, también, presentaron una moderada calidad en la evaluación de 2017.

La calidad hidromorfológica y la calidad biológica (índice ABI) presentan una misma tendencia respecto a los resultados antes mencionados.

Tabla 7-23. Calidad ecológica de acuerdo con el protocolo CERA-S, en la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa

Punto de muestreo	Calidad hidromorfológica		Calidad biológica (índice ABI)		Calidad ecológica	
	2017	2018	2017	2018	2017	2018
HID-QColl1	--	Moderada	--	Moderada	--	Moderada
HID-QColl2	--	Moderada	--	Moderada	--	Moderada
HID-QMinac1	--	Mala	--	Mala	--	Mala
HID-QColl3	--	Moderada	--	Moderada	--	Moderada
HID-QColc1	Moderada	Moderada	Moderada	Moderada	Moderada	Moderada
HID-QSill1	Moderada	Moderada	Moderada	Moderada	Moderada	Moderada
HID-RJara1	Moderada	Moderada	Moderada	Moderada	Moderada	Moderada

---: no corresponde

7.3.2.5. Microcuenca Imaginamayu (zona III)

Perifiton

El perifiton fue analizado en sus dos componentes: perifiton vegetal y perifiton animal.

Perifiton vegetal

Composición y riqueza

En la evaluación de 2018 se evaluaron 6 puntos de muestreo, donde se registraron 93 taxones de perifiton vegetal, las cuales están agrupadas en 7 phyla, 10 clases, 27 órdenes y 48 familias. Cabe destacar que, solamente el punto HID-Cor-bof46 presentó los 7 phyla registrados.

Respecto a la riqueza de taxones, el phylum Bacillariophyta fue dominante con 38 taxones (40,86 % del total), seguido de Cyanobacteria con 27, Chlorophyta y Charophyta con 12, Ochrophyta con 2, y Euglenozoa y Miozoa con 1 taxón cada uno.

El valor de riqueza más alto corresponde a HID-Cor-bor42, con 44 taxones y siendo además el punto donde se registró la mayor representatividad de los phyla Bacillariophyta, Chlorophyta y Ochrophyta (Figura 7-114). Las especies más frecuentes fueron *Caloneis undulatiformis* y *Pinnularia divergens*, presente en 4 de los 6 puntos de muestreo evaluados.

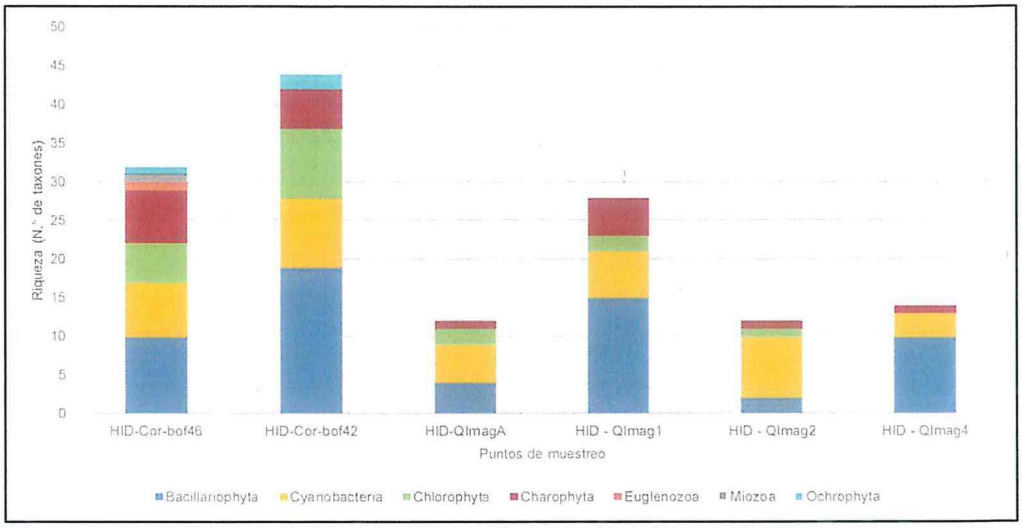

Figura 7-114. Riqueza de taxones de perifiton vegetal por punto de muestreo y phyllum en la evaluación de 2018, en la Microcuenca Imaginamayu

Acerca de la relación entre los puntos de muestreo evaluados en 2017 y 2018, la riqueza presentó un rango de variación entre 13 y 27 taxones por punto de muestreo para la evaluación de 2017; mientras que, en el 2018, la riqueza varió entre 12 y 28 taxones, lo cual sugiere heterogeneidad comunitaria entre los puntos de muestreo en ambas evaluaciones.

El punto HID-QImag4, presentó la mayor riqueza de taxones en la evaluación de 2017; mientras que, en la evaluación de 2018 la mayor riqueza se presentó en HID-QImag1. Cabe resaltar que, los phyla Bacillariophyta, Cyanobacteria y Charophyta estuvieron presentes en todos los puntos de muestreo en ambas evaluaciones (Figura 7-115).

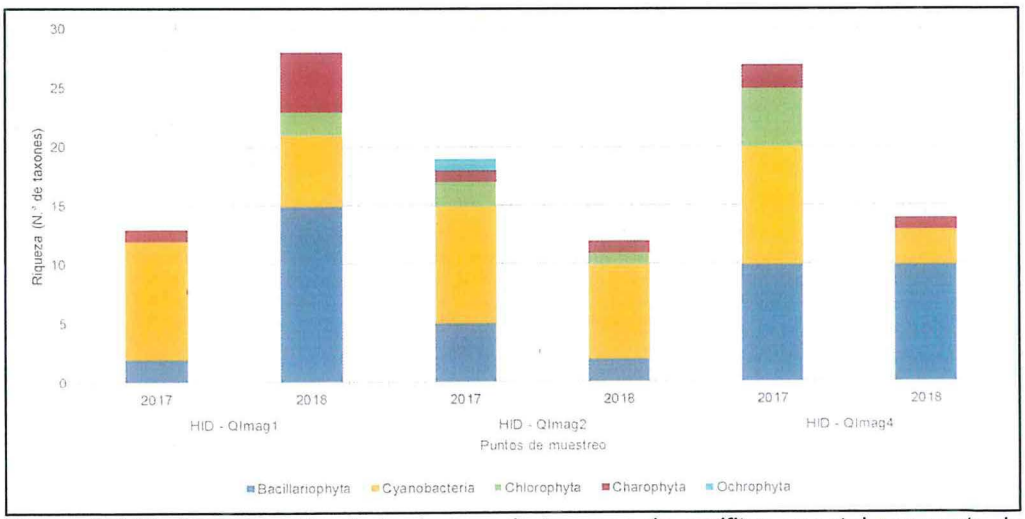

Figura 7-115. Comparación de la riqueza de taxones de perifiton vegetal por punto de muestreo y phyllum, entre las evaluaciones de 2017 y 2018, en la Microcuenca Imaginamayu