



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

**INFORME N.º 092-2017-OEFA/DE-SDCA-CMVA**



**A :** FRANCISCO GARCÍA ARAGÓN  
Director de Evaluación

**SONIA BEATRÍZ ARANÍBAR TAPIA**  
Subdirectora de Evaluación de la Calidad Ambiental

**DE :** PABEL DALMIRO DEL SOLAR PALOMINO  
Coordinador de Monitoreo y Vigilancia Ambiental

**LLOJAN CHUQUISENGO PICON**  
Especialista en Monitoreo y Vigilancia ambiental

**MIGUEL ANGEL MARCELO TORRE**  
Tercero evaluador



**KILMENIA LUNA CAMPOS**  
Tercera Evaluadora

**JESSICA ADELA ESPINO CIUDAD**  
Tercera Evaluadora

**DAN NELSON HERRERA AYOQUE**  
Especialista en Monitoreo y Vigilancia ambiental

**JORGE LUÍS FERNÁNDEZ NAJARRO**  
Tercero Evaluador

**ASUNTO :** Informe de la evaluación ambiental temprana en el área de influencia proyecto minero Corani, en el distrito de Corani, provincia de Carabaya, departamento de Puno, durante el año 2017.

**REFERENCIA:** Planefa 2017

**FECHA :** 21 DIC. 2017

2017-101-21091

Tenemos el agrado de dirigirnos a usted con relación al asunto de la referencia, a fin de informar lo siguiente:

**I. INFORMACIÓN GENERAL**

**1. Detalles del monitoreo ambiental:**

a.	Ubicación general	Distrito de Corani, provincia de Carabaya, departamento de Puno.
b.	Ámbito de influencia	Área de influencia del proyecto minero Corani, enfocadas principalmente a la ubicación proyectada de los componentes mineros, los cuales involucran a las microcuencas de los ríos Corani, Chimboya, Quelcaya, Jarapampa e Isivilla, y las quebradas Imagina Mayu,



[Handwritten signature]



PERÚ

Ministerio  
del AmbienteOrganismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental - OEFA

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

		Pausicocha, Sillatoco, Escalera Cucho, Collpa Mayo, Supayhuasi, Minaspata, Intisayana, Piruacarca y Acanchara	
c.	<b>Problemática</b>	Posible alteración de las condiciones ambientales, producto de las futuras actividades de explotación del proyecto minero Corani, propiedad de la empresa Bear Creek Mining Company Sucursal del Perú.	
d.	<b>Motivo por el cual se realiza la actividad</b>	Actividad establecida en el Planefa 2017 del OEFA.	
e.	<b>Tipo de Evaluación Ambiental</b>	<b>Participativo</b>	[X]
		<b>No Participativo</b>	
		<b>Vigilancia Ambiental</b>	
f.	<b>Periodo de ejecución</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Visita de reconocimiento: del 18 al 23 de junio de 2017.</li> <li>Coordinación previa: del 19 al 23 de junio de 2017.</li> <li>Taller de inducción y presentación de la propuesta del plan de evaluación ambiental temprana: del 09 al 12 de julio de 2017.</li> <li>Ejecución de la evaluación ambiental temprana: del 17 al 27 de julio de 2017.</li> </ul>	

## 2. Equipo profesional:

Tabla 2-1. Profesionales encargados de la evaluación ambiental temprana

Ítem	Evaluador	Profesión	Actividad	Colegiatura
1	Chuquisengo Picon, Llojan (*)	Lic. Químico	Evaluación de agua y sedimento	CQP 906
2	Marcelo Torre, Miguel Ángel	Lic. Químico		CQP 685
3	Luna Campos, Kilmenia	Bióloga	Evaluación de comunidades hidrobiológicas	CBP 11450
4	Espino Ciudad, Jessica Adela	Bióloga		CBP 13188
5	Herrera Ayoque, Dan Nelson	Ing. Pesquero	Evaluación de calidad de suelo	CIP 151605
6	Fernández Najarro, Jorge Luís	Bach. Ing. Ambiental		---

(\*) Líder de equipo

## 3. Resumen

Tabla 3-1. Componentes ambientales evaluados y resumen de los resultados obtenidos

Componentes evaluados	N° de puntos	¿Incumplió los ECA u otras normas de referencia?				¿Qué parámetros?	¿En qué puntos?
		Sí	X	No	--		
Agua <sup>(a)</sup>	44	Sí	X	No	--	pH	<p><b>Microcuencua del río Jarapampa:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Quebrada sin nombre: QSN2. ✓</li> <li>Quebrada Piruacarca: QPiru1. ✓</li> <li>Quebrada Minaspata: QMina1, ✓</li> <li>QMina2. ✓</li> <li>Quebrada Supayhuasi: QSupa2, ✓</li> <li>QSupa3. ✓</li> </ul> <p><b>Microcuencua del río Corani:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Río Corani: RCora1 ✓</li> </ul> <p><b>Manantiales:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Manantial CC Chacaconiza: Mana8. ✓</li> </ul>





"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

Componentes evaluados	N° de puntos	¿Incumplió los ECA u otras normas de referencia?	¿Qué parámetros?	¿En qué puntos?
				<ul style="list-style-type: none"> <li>Manantial CC Aymaña: Mana12.</li> </ul> <p><b>Bofedales:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Bofedal Minaspatá: BMina3</li> </ul>
			Oxígeno disuelto	<p><b>Manantiales:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Manantial Mormontone: Mana10</li> </ul> <p><b>Bofedales:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Bofedal Minaspatá: BMina2</li> </ul>
			Fósforo total	<p><b>Microcuenca del río Isivilla:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Río Isivilla: RIsiv1.</li> </ul> <p><b>Microcuenca del río Corani:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Río Quelcaya: RQuel1</li> <li>Quebrada Quelcaya: QQuel1.</li> </ul> <p><b>Microcuenca del río Jarapampa:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Río Jarapamapa: RJara1.</li> <li>Quebrada Escalera cucho: QEsca1.</li> <li>Quebrada Imagina Mayu4: QImag4.</li> <li>Quebrada Supayhuasi: QSupa3</li> </ul> <p><b>Manantiales:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Manantial Jahuecca: Mana2.</li> <li>Manantial Iswarccota: Mana3.</li> <li>Manantial Cumapata: Mana4.</li> <li>Manantial Kanchapata: Mana7.</li> <li>Manantial de CC Chacaconiza: Mana8.</li> <li>Manantial de CC Queuñani: Mana11.</li> </ul> <p><b>Bofedales:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Bofedal Minaspatá: BMina1, BMina2.</li> </ul> <p><b>Laguna:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Laguna Chullumpicocha: LChul1</li> </ul>
			Amoniaco	<p><b>Microcuenca del río Corani:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Río Quelcaya: RQuel1.</li> </ul>
			Mercurio total	<p><b>Microcuenca del río Jarapampa:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Quebrada Escalera Cucho: QEsca1.</li> <li>Quebrada Intisayana: QInti1.</li> <li>Quebrada Supayhuasi: QSupa2.</li> </ul> <p><b>Bofedales:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Bofedal S/N: BSN1</li> </ul>
			Bario total	<p><b>Bofedales:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Bofedal Minaspatá: BMina3</li> </ul>
			Cobre total	<p><b>Microcuenca del río Jarapampa:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Quebrada S/N: QSN2.</li> <li>Quebrada Minaspatá: QMina2.</li> <li>Quebrada Supayhuasi: QSupa2</li> </ul>
			Plomo total	<p><b>Microcuenca del río Jarapampa:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Quebrada S/NI: QSN2.</li> <li>Quebrada Piruacarca: QPiru1.</li> <li>Quebrada Minaspatá: QMina1, QMina2.</li> <li>Quebrada Supayhuasi: QSupa2, QSupa3.</li> <li>Río Jarapamapa: RJara1, RJara2.</li> </ul> <p><b>Bofedales:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Bofedal Minaspatá: BMina1, BMina3.</li> </ul>



P  
K  
J  
H  
1  
2



PERÚ

Ministerio  
del AmbienteOrganismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

Componentes evaluados	N° de puntos	¿Incumplió los ECA u otras normas de referencia?				¿Qué parámetros?	¿En qué puntos?
		Sí	No	Parcial	Aplica		
						Talio total	<b>Microcuenca del río Jarapampa:</b> • Quebrada S/NI: QSN2. • Quebrada Minaspatá: QMina1, QMina2. • Quebrada Supayhuasi: QSupa2.
						Zinc total	<b>Microcuenca del río Jarapampa:</b> • Quebrada S/NI: QSN2. • Quebrada Piruacarca: QPiru1. • Quebrada Minaspatá: QMina1, QMina2. • Quebrada Supayhuasi: QSupa2, QSupa3. • Río Jarapamapa: RJara1, RJara2. <b>Bofedales:</b> • Bofedal Negrominas: BNegr1. • Bofedal Minaspatá: B Mina1, B Mina3.
						Cadmio disuelto	<b>Microcuenca del río Jarapampa:</b> • Quebrada S/NI: QSN2. • Quebrada Piruacarca: QPiru1. • Quebrada Minaspatá: QMina1, QMina2. • Quebrada Supayhuasi: QSupa2, QSupa3. • Río Jarapamapa: RJara2. <b>Bofedales:</b> • Bofedal Minaspatá: B Mina3
Agua <sup>(b)</sup>	12	Sí	X	No	-	pH	• Manantial de CC Chacaconiza: Mana8 • Manantial CC Aymaña: Mana12
						Oxígeno disuelto	• Manantial Mormontone: Mana10 • Manantial Kanchapata: Mana7 • Manantial Jahuecca: Mana2. • Manantial Iswarccota: Mana3
						Arsénico total	• Manantial de CC Chacaconiza: Mana8, • Manantial Cumapata: Mana4 • Manantial Mormontone: Mana10
						Berilio total	• Manantial Jahuecca: Mana2
						Fósforo total	• Manantial Kanchapata: Mana7 • Manantial de CC Chacaconiza: Mana8 • Manantial Iswarccota: Mana3 • Manantial Cumapata: Mana4 • Manantial de CC Queuñani: Mana11
Hierro total	• Manantial Mormontone: Mana10						
Sedimento	24	Sí	-	No	-	-	-
Comunidades hidrobiológicas	24	Sí	-	No	-	-	-
Suelo <sup>(c)</sup>	71	Sí	X	No	-	Arsénico	• Comunidad Corani: Sue-Cor-1
						Cadmio	• Comunidad Quelcaya: Sue-Que-3, Sue-Que-4
						Plomo	• Comunidad Quelcaya: Sue-Que-3

(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) Manantiales comparados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, Categoría 1 "Poblacional y recreacional", Subcategorías A1 y A2, aprobado mediante Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, de manera referencial.

(c) Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para suelos de uso agrícola, aprobado mediante Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM.

(-) No aplica.

## II. OBJETIVO

- Presentar los resultados de la evaluación ambiental temprana en el área de influencia del proyecto minero Corani, ubicado en el distrito de Corani, provincia de Carabaya, departamento de Puno, realizada del 17 al 27 de julio de 2017.

## III. ANTECEDENTES

- La actividad que es materia del presente informe fue planificada en cumplimiento a la función del OEFA establecida en la Ley del Sistema Nacional de Evaluación y Fiscalización Ambiental (en adelante, Sinefa), cuyo ejercicio permite establecer el diagnóstico de la calidad ambiental en forma puntual, con énfasis en aquellas actividades fiscalizables por el OEFA, comprendiendo acciones de vigilancia, monitoreo y otras similares según sus competencias, para asegurar el cumplimiento de las normas ambientales.
- Como parte de las actividades de ejecución del Plan Anual de Evaluación y Fiscalización Ambiental 2017 (en adelante, Planefa 2017) aprobado mediante Resolución de Consejo Directivo N° 004-2017-OEFA/CD y en base a los criterios de priorización establecidos en dicho plan para la realización de evaluaciones ambientales, la Dirección de Evaluación planificó una evaluación ambiental temprana en el área de influencia del proyecto minero Corani, ubicado en el distrito de Corani, provincia de Carabaya, departamento de Puno, realizada del 17 al 27 de julio de 2017.
- Las evaluaciones ambientales tempranas se realizan en zonas de influencia de proyectos mineros o energéticos que actualmente se encuentran en etapa exploratoria, de construcción o de reciente inicio de explotación, y permiten obtener información de los principales componentes ambientales (agua, sedimento, hidrobiología, aire, suelo y fauna silvestre) a través un diagnóstico ambiental en el que el OEFA fomenta la participación ciudadana.
- Los objetivos específicos de las evaluaciones ambientales tempranas son: (i) contribuir a la prevención de los potenciales conflictos socioambientales, (ii) brindar soporte técnico a las acciones de supervisión y fiscalización ambiental que realiza el OEFA, (iii) proporcionar información a otras instituciones públicas y/o privadas para que actúen en el marco de sus competencias y (iv) constituir la etapa inicial de un sistema de vigilancia ambiental periódico. Estos objetivos buscan contribuir con el desarrollo sostenible de las actividades extractivas desarrolladas en cada zona.
- Para ello, parte del equipo profesional encargado de desarrollar la evaluación ambiental temprana realizó una visita de reconocimiento al área de influencia del proyecto minero Corani, en el distrito de Corani, provincia de Carabaya, departamento de Puno, generándose el informe N° 075-2017-OEFA/DE-SDCA-CMVA, en el que se determinó la viabilidad para el desarrollo de la evaluación ambiental temprana, entre otros aspectos.
- Finalmente, el presente informe corresponde al desarrollo de la evaluación ambiental temprana en el área de influencia del proyecto minero Corani, ubicado en el distrito de Corani, provincia de Carabaya, departamento de Puno, durante el año 2017.



*[Handwritten signatures and initials in blue ink]*

#### IV. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

11. El análisis de la información se encuentra desarrollado en el Anexo N° 1, denominado Informe de la evaluación ambiental temprana en el área de influencia del proyecto minero Corani, ubicado en el distrito de Corani, provincia de Carabaya, departamento de Puno, realizada del 17 al 27 de julio de 2017, que se adjunta y forma parte del presente informe.

#### V. CONCLUSIÓN

- (i) El presente informe contiene el resumen de los resultados de la evaluación ambiental temprana en el área de influencia del proyecto minero Corani, ubicado en el distrito de Corani, provincia de Carabaya, departamento de Puno, durante el año 2017, y además anexa el detalle metodológico y el sustento técnico que conllevó a dichos resultados por cada componente ambiental evaluado.

#### VI. RECOMENDACIÓN

- (i) Los suscritos recomiendan elevar el presente informe a la Subdirección de Evaluación de la Calidad Ambiental, a efectos de que se proponga su aprobación ante la Dirección de Evaluación.

#### VII. ANEXO

- **Anexo N° 1:** Informe de la evaluación ambiental temprana en el área de influencia del proyecto minero Corani, ubicado en el distrito de Corani, provincia de Carabaya, departamento de Puno, durante el año 2017.

Atentamente,



**LLOJAN CHUQUISENGO PICON**  
Especialista en Monitoreo y Vigilancia Ambiental  
Dirección de Evaluación  
Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental

**MIGUEL ANGEL MARCELO TORRE**  
Tercero Evaluador  
Dirección de Evaluación  
Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental

**KILMENIA LUNA CAMPOS**  
Tercera Evaluadora  
Dirección de Evaluación  
Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental

**JESSICA ADELA ESPINO CIUDAD**  
Tercera Evaluadora  
Dirección de Evaluación  
Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Organismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental - OEFA

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

---

**DAN NELSON HERRERA AYOQUE**  
Especialista en Monitoreo y Vigilancia Ambiental  
Dirección de Evaluación  
Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental

---

**JORGE LUÍS FERNÁNDEZ NAJARRO**  
Tercero Evaluador  
Dirección de Evaluación  
Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental

---

**PABEL DALMIRO DEL SOLAR PALOMINO**  
Coordinador de Monitoreo y Vigilancia Ambiental  
Dirección de Evaluación  
Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Organismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental - OEFA

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

Lima,

Visto el Informe N° -2017-OEFA/DE-SDCA-CMVA y habiéndose verificado que su contenido se encuentra enmarcado en el ejercicio de la función evaluadora, así como su coherencia normativa; la Subdirectora de Evaluación de la Calidad Ambiental recomienda su APROBACIÓN a la Dirección de Evaluación, razón por la cual se TRASLADA el presente Informe.

Atentamente,

**SONIA BEATRIZ ARANIBAR TAPIA**

Subdirectora de Evaluación de la Calidad Ambiental  
Dirección de Evaluación  
Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental

Visto el Informe N° -2017-OEFA/DE-SDCA-CMVA y en atención a la recomendación de la Coordinación de Monitoreo y Vigilancia Ambiental, así como de la Subdirección de Evaluación de la Calidad Ambiental, la Dirección de Evaluación ha dispuesto aprobar el presente Informe.

Atentamente,

**FRANCISCO GARCÍA ARAGÓN**

Director de Evaluación  
Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Organismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental - OEFA

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"



Organismo  
de Evaluación  
y Fiscalización  
Ambiental

**INFORME N° 092 - 2017-OEFA/DE-SDCA-CMVA**

**EVALUACIÓN AMBIENTAL TEMPRANA EN  
EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO  
MINERO CORANI, EN EL DISTRITO DE  
CORANI, PROVINCIA DE CARABAYA,  
DEPARTAMENTO DE PUNO, DURANTE EL  
AÑO 2017**



COORDINACIÓN DE MONITOREO Y VIGILANCIA AMBIENTAL

**DIRECCIÓN DE EVALUACIÓN**

**Diciembre de 2017**

k  
8  
H  
1



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

## INDICE

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
2.	MARCO LEGAL.....	2
3.	ANTECEDENTES.....	3
4.	JUSTIFICACIÓN.....	6
5.	OBJETIVOS.....	7
5.1.	Objetivo general.....	7
5.2.	Objetivos específicos.....	7
6.	UBICACIÓN GEOGRÁFICA.....	8
7.	CONTEXTO SOCIAL.....	8
7.1.	Etapas del monitoreo.....	9
7.2.	Ejecución de la evaluación ambiental temprana.....	11
7.3.	Actores involucrados.....	11
8.	MARCO CONCEPTUAL.....	11
8.1.	Agua superficial.....	11
8.1.1.	Parámetros fisicoquímicos.....	12
8.1.2.	Aniones y cationes principales.....	14
8.1.3.	Metaloides y metales pesados.....	17
8.1.4.	Evaluación hidroquímica.....	20
8.2.	Sedimento.....	26
8.2.1.	Métodos estadísticos simples.....	27
8.2.2.	Pretratamiento y análisis multivariado.....	28
8.3.	Comunidades hidrobiológicas.....	29
8.4.	Suelo.....	30
8.4.1.	Nivel de fondo y valor de referencia.....	31
8.4.2.	Geología.....	32
8.4.3.	Capacidad de uso mayor de tierras.....	33
8.4.4.	Elementos potencialmente tóxicos.....	33
8.4.5.	Textura del suelo.....	33
9.	METODOLOGÍA.....	35
9.1.	Calidad de agua superficial.....	38
9.1.1.	Ubicación de los puntos de muestreo.....	38
9.1.2.	Protocolos, equipos y técnicas de análisis.....	41
9.1.3.	Estándares de comparación y análisis de datos.....	45
9.2.	Calidad de sedimento.....	46
9.2.1.	Ubicación de los puntos de muestreo.....	46
9.2.2.	Protocolos, equipos y técnicas de análisis.....	48



P  
Q  
k  
j  
H  
1



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

9.2.3. Análisis de datos.....	49
9.3. Comunidades hidrobiológicas .....	50
9.3.1. Ubicación de los puntos de muestreo .....	50
9.3.2. Protocolos, equipos y técnicas de análisis .....	52
9.3.3. Análisis de datos.....	54
9.4. Calidad de suelo .....	57
9.4.1. Ubicación de los puntos de muestreo .....	58
9.4.1.1. Determinación de las áreas para el muestreo de niveles de fondo .....	58
9.4.1.2. Determinación de las áreas para determinar de calidad ambiental de suelo.....	59
9.4.2. Protocolos, equipos y técnicas de análisis .....	64
9.4.3. Estándares de comparación .....	66
<b>10. RESULTADOS Y ANÁLISIS .....</b>	<b>66</b>
10.1. Calidad de agua.....	67
10.1.1. Evaluación de la calidad ambiental.....	67
10.1.2. Comportamiento de los metales disueltos y suspendidos.....	81
10.1.3. Evaluación hidroquímica .....	91
10.2. Calidad de sedimento .....	110
10.2.1. Evaluación estadística .....	110
10.2.1.1. Análisis multivariado .....	112
10.2.2. Concentraciones de los principales metales pesados.....	115
10.3. Comunidades hidrobiológicas.....	125
10.3.1. Perifiton .....	125
10.3.2. Macroinvertebrados bentónicos.....	125
10.3.3. Zona I: Microcuenca del río Jarapampa.....	126
10.3.3.1 Perifiton .....	126
10.3.3.2 Macroinvertebrados bentónicos .....	132
10.3.3.3 Calidad ecológica .....	136
10.3.4 Zona II: Microcuencas de los ríos Corani e Isivilla .....	137
10.3.4.1 Perifiton .....	137
10.3.4.2 Macroinvertebrados bentónicos .....	143
10.3.4.3 Calidad ecológica .....	147
10.4. Calidad de suelo .....	148
10.4.1. Resultados del análisis del muestreo de calidad ambiental de metales y metaloides en suelos.....	149
<b>11. DISCUSIONES.....</b>	<b>154</b>
11.1. Calidad de agua.....	154
11.2. Calidad de sedimento .....	166
11.3. Comunidades hidrobiológicas.....	170
11.4. Calidad de suelo .....	171
<b>12. CONCLUSIONES.....</b>	<b>177</b>



*[Handwritten signature]*

*[Handwritten initials: K, J, H, I]*



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Organismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental - OEFA

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

12.1. Calidad de agua.....	177
12.2. Calidad de sedimento .....	181
12.3. Comunidades hidrobiológicas .....	181
12.4. Calidad de suelo .....	182
<b>13. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>182</b>
<b>14. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>183</b>
<b>15. ANEXOS .....</b>	<b>189</b>



P  
@  
K  
J  
H  
1



### ÍNDICE DE TABLAS

**Tabla 3-1.** Resumen de estudios realizados en el área de influencia del proyecto minero Corani..... 4

**Tabla 3-2.** Pasivos ambientales en el área de influencia del proyecto minero Corani... 5

**Tabla 3-3.** Cuerpos de agua de interés de acuerdo a los IGA relevantes del proyecto Minero Corani..... 5

**Tabla 7-1.** Actores sociales involucrados para el desarrollo del MAP..... 11

**Tabla 8-1.** Unidades geológicas identificadas ..... 32

**Tabla 8-2.** Clasificación granulométrica de las partículas del suelo..... 34

**Tabla 9-1.** Ubicación de los puntos de muestreo de calidad ambiental de agua superficial ..... 38

**Tabla 9-2.** Controles de calidad establecidos para agua ..... 41

**Tabla 9-3.** Equipos y accesorios utilizados para el muestreo de calidad ambiental de agua ..... 42

**Tabla 9-4.** Características de los equipos usados en la evaluación de campo para la calidad de agua superficial ..... 42

**Tabla 9-5.** Métodos de ensayo utilizados por los laboratorios para el análisis de calidad de agua superficial. .... 43

**Tabla 9-6.** Estándares de comparación de la calidad de agua ..... 46

**Tabla 9-7.** Ubicación de los puntos de muestreo de calidad ambiental de sedimento 47

**Tabla 9-8.** Equipos y accesorios utilizados para el muestreo de calidad ambiental de sedimento..... 48

**Tabla 9-9.** Parámetros muestreados de la calidad ambiental de sedimento ..... 49

**Tabla 9-10.** Métodos de ensayo utilizados por los laboratorios, para el análisis de calidad de sedimento..... 49

**Tabla 9-11.** Ubicación de los puntos de muestreo para comunidades hidrobiológicas 50

**Tabla 9-12.** Equipos y materiales utilizados para el muestreo de las comunidades hidrobiológicas ..... 52

**Tabla 9-13.** Comunidades hidrobiológicas y parámetros muestreados..... 53

**Tabla 9-14.** Calidad hidromorfológica del río ..... 56

**Tabla 9-15.** Valoración de la calidad biológica con el índice ABI ..... 57

**Tabla 9-16.** Escala de calidad ecológica de un río ..... 57

**Tabla 9-17.** Guías y protocolos utilizados para establecer los puntos de muestreo para niveles de fondo. .... 58

**Tabla 9-18.** Descripción de los puntos de muestreo para nivel de fondo..... 58

**Tabla 9-19.** Descripción del área circundante de los puntos de muestreo para nivel de fondo ..... 59



*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*

*[Handwritten initials]*



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

**Tabla 9-20.** Descripción de los puntos de muestreo de calidad ambiental de suelos . 60

**Tabla 9-21.** Descripción del área circundante de los puntos de muestreo de calidad ambiental de suelos..... 62

**Tabla 9-22.** Guías y/o protocolos utilizados para establecer los puntos de muestreo de suelo..... 64

**Tabla 9-23.** Equipos utilizados para el muestreo de calidad ambiental de suelo ..... 64

**Tabla 9-24.** Parámetros y cantidad de puntos de muestreo para la evaluación de calidad de suelo..... 65

**Tabla 9-25.** Métodos de análisis y rangos de los límites de determinación para metales totales..... 65

**Tabla 9-26.** Estándares de comparación nacional en calidad de suelo ..... 66

**Tabla 10-1.** Proporcionalidad entre metales suspendidos y disueltos en las quebradas de la zona de evaluación ambiental..... 82

**Tabla 10-2.** Proporcionalidad entre metales suspendidos y disueltos en los ríos de la zona de evaluación ambiental ..... 83

**Tabla 10-3.** Proporcionalidad entre metales suspendidos y disueltos en los manantiales de la zona de evaluación ambiental..... 83

**Tabla 10-4.** Proporcionalidad entre metales suspendidos y disueltos en los bofedales de la zona de evaluación ambiental..... 84

**Tabla 10-5.** Proporcionalidad entre metales suspendidos y disueltos en la laguna Chullumpicocha..... 84

**Tabla 10-6.** Proporcionalidad entre hierro suspendido y disuelto en los ríos ..... 85

**Tabla 10-7.** Proporcionalidad entre hierro suspendido y disuelto en los manantiales. 85

**Tabla 10-8.** Proporcionalidad entre hierro suspendido y disuelto en los bofedales..... 86

**Tabla 10-9.** Metales en porcentajes variables en las quebradas ..... 86

**Tabla 10-10.** Metales en formas no predominantes de suspendida y disueltas en los bofedales..... 87

**Tabla 10-11.** Balance iónico de los cuerpos agua de las quebradas, ríos, manantiales, bofedales y laguna en área de influencia del proyecto minero Corani, distrito de Corani, provincia de Carabaya, departamento de Puno..... 92

**Tabla 10-12.** Porcentaje de datos censurados estadísticamente para los diferentes parámetros obtenidos del total de puntos de muestreo evaluados ..... 110

**Tabla 10-13.** Tabla resumen de los grupos de cluster formados ..... 114

**Tabla 10-14.** Diversidad alfa del perifiton por punto de muestreo en la Zona I: Microcuenca del río Jarapampa..... 130

**Tabla 10-15.** Composición, riqueza y abundancia de zooperifiton en la Zona I: Microcuenca del río Jarapampa..... 131

**Tabla 10-16.** Diversidad alfa de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo ..... 135



J  
Q  
K  
J  
H  
I



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

**Tabla 10-17.** Calidad ecológica de acuerdo al protocolo CERA-S ..... 137

**Tabla 10-18.** Diversidad alfa del perifiton por punto de muestreo en la Zona II: Microcuencas de los ríos Corani e Isivilla ..... 141

**Tabla 10-19.** Composición, riqueza y abundancia de zooperifiton en la Zona II: Microcuencas de los ríos Corani e Isivilla ..... 142

**Tabla 10-20.** Diversidad alfa de macroinvertebrados bentónicos por zona y punto de muestreo..... 146

**Tabla 10-21.** Calidad ecológica de acuerdo al protocolo CERA-S ..... 147

**Tabla 10-22.** Datos para determinación del nivel de fondo y valores de referencia de metales y metaloides. .... 148

**Tabla 10-23.** Resultados del monitoreo de calidad de suelos en la comunidad campesina Isivilla..... 150

**Tabla 10-24.** Resultados del monitoreo de calidad de suelos en la comunidad campesina Chacaconiza ..... 150

**Tabla 10-25.** Resultados del monitoreo de calidad de suelos en la comunidad campesina Quelcaya ..... 151

**Tabla 10-26.** Resultados del monitoreo de calidad de suelos en la comunidad campesina Corani - Aconsaya ..... 152

**Tabla 10-27.** Resultados del monitoreo de calidad de suelo en el centro poblado Aymaña ..... 153

**Tabla 11-1.** Valores establecidos en el ECA para suelo de uso agrícola ..... 171

**Tabla 11-2.** Concentraciones geoquímicas normales y anómalas de algunos elementos traza en suelos ..... 172



*[Handwritten signature]*

*[Handwritten mark]*

*[Handwritten initials]*



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 6-1.</b> Mapa de ubicación geográfica del proyecto minero Corani .....	8
<b>Figura 8-1.</b> Escala de longitud de partícula para la materia orgánica .....	14
<b>Figura 8-2.</b> Diagrama de Piper .....	21
<b>Figura 8-3.</b> Ejemplos de tipos de agua .....	23
<b>Figura 8-4.</b> Diagrama de Stiff .....	23
<b>Figura 8-5.</b> Diagrama de Stiff en relación a la mineralización .....	24
<b>Figura 8-6.</b> Diagrama de Schöeller – Berkaloff .....	25
<b>Figura 8-7.</b> Diagrama de Schöeller – Berkaloff para una muestra de agua .....	25
<b>Figura 8-8.</b> Casos de relaciones iónicas .....	27
<b>Figura 8-9.</b> Caso de una muestra de agua (Villegas Y., 2011) .....	34
<b>Figura 9-1.</b> Diagrama de cuerpos de agua de la Zona I del área de evaluación del proyecto Corani .....	36
<b>Figura 9-2.</b> Diagrama de cuerpos de agua de la Zona II del área de evaluación del proyecto Corani. ....	37
<b>Figura 10-1.</b> Valores registrados de pH comparados con los valores indicados en el ECA para agua categoría 4 .....	68
<b>Figura 10-2.</b> Concentración de oxígeno disuelto que excedieron el ECA para agua categoría 4 (2017) .....	69
<b>Figura 10-3.</b> Concentración de mercurio total que excedieron el ECA para agua categoría 4 (2017) .....	69
<b>Figura 10-4.</b> Concentración de cobre total que excedieron el ECA para agua categoría 4 (2017) .....	70
<b>Figura 10-5.</b> Concentración de fósforo total que excedieron el ECA para agua categoría 4 (2017) .....	70
<b>Figura 10-6.</b> Concentración de plomo total que excedieron el ECA para Agua categoría 4 (2017) .....	71
<b>Figura 10-7.</b> Concentración de talio total que excedieron el ECA para agua categoría 4 (2017) .....	72
<b>Figura 10-8.</b> Concentración de zinc total que excedieron el ECA para Agua categoría 4 (2017) .....	72
<b>Figura 10-9.</b> Concentración de cadmio disuelto que excedieron el ECA para agua categoría 4 (2017) .....	73
<b>Figura 10-10.</b> Valores de pH total que excedieron el rango del ECA para agua categoría 4 (2017) .....	73
<b>Figura 10-11.</b> Concentración de oxígeno disuelto que excedieron el ECA para agua categoría 4 (2017) .....	74



P

Q

K

J

H

I



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Instituto de Evaluación y Control Ambiental - OEFA

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

**Figura 10-12.** Concentración de mercurio total que excedieron el ECA para agua categoría 4 (2017) ..... 74

**Figura 10-13.** Concentración de bario total que excedieron el ECA para agua categoría 4 (2017) ..... 74

**Figura 10-14.** Concentración de fósforo total que excedieron el ECA para agua categoría 4 (2017) ..... 75

**Figura 10-15.** Concentración de plomo total que excedieron el ECA para Agua categoría 4 (2017) ..... 75

**Figura 10-16.** Concentración de zinc total que excedieron el ECA para Agua categoría 4 (2017) ..... 76

**Figura 10-17.** Concentración de cadmio disuelto que excedieron el ECA para agua categoría 4 (2017) ..... 76

**Figura 10-18.** Valores registrados de pH que excedieron el ECA para Agua categoría Cat1A1 (2017) ..... 77

**Figura 10-19.** Valores registrados de pH que excedieron el ECA para agua categoría Cat1A2 (2017) ..... 77

**Figura 10-20.** Concentración de oxígeno disuelto que excedieron el ECA para Agua categoría Cat1A1 y Cat1A2 (2017) ..... 78

**Figura 10-21.** Concentración de conductividad que excedieron el ECA para agua categoría Cat1A1 y Cat1A2 (2017) ..... 78

**Figura 10-22.** Concentración de arsénico que excedieron el ECA para agua categoría Cat1A1 y Cat1A2 (2017) ..... 79

**Figura 10-23.** Concentración de berilio que excedieron el ECA para agua categoría Cat1A1 y Cat1A2 (2017) ..... 79

**Figura 10-24.** Concentración de fósforo total que excedieron el ECA para Agua categoría Cat1A1 y Cat1A2 (2017) ..... 80

**Figura 10-25.** Concentración de hierro total que excedieron el ECA para Agua categoría Cat1A1 y Cat1A2 (2017) ..... 80

**Figura 10-26.** Relación entre estroncio disuelto y sólidos totales disueltos (STD) ..... 89

**Figura 10-27.** Relación entre boro disuelto y sólidos totales disueltos (STD) ..... 89

**Figura 10-28.** Relación entre magnesio disuelto y sólidos totales disueltos (STD) ..... 89

**Figura 10-29.** Relación entre sodio disuelto y sólidos totales disueltos (STD) ..... 89

**Figura 10-30.** Relación de calcio disuelto y sólidos totales disueltos (STD) ..... 90

**Figura 10-31.** Relación de potasio disuelto y sólidos totales disueltos (STD) ..... 90

**Figura 10-32.** Relación de conductividad y sólidos totales disueltos (STD) ..... 90

**Figura 10-33.** Diagrama de Piper para los cuerpos de agua en el área de influencia del proyecto Corani ..... 95

**Figura 10-34.** Diagrama de Piper para los cuerpos de agua de la Zona I en el área de influencia del proyecto Corani ..... 96



*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

**Figura 10-35.** Diagrama de Piper para los cuerpos de agua de la Zona II en el área de influencia del proyecto Corani..... 96

**Figura 10-36.** Diagramas de Stiff de las quebradas, ríos, manantiales y laguna en el área de evaluación del proyecto Corani..... 98

**Figura 10-37.** Mapa hidroquímico del área de influencia del proyecto minero Corani, (a) Zona I, (b) Zona II..... 99

**Figura 10-38.** Diagrama de Schöeller Berkaloff de las quebradas de la microcuenca de Supayhuasi (CC Chacaconiza, en el área de evaluación ambiental..... 102

**Figura 10-39.** Diagrama de Schöeller Berkaloff las quebradas en el área de evaluación ambiental..... 102

**Figura 10-40.** Diagrama de Schöeller Berkaloff en los ríos del área..... 103

**Figura 10-41.** Diagrama de Schöeller Berkaloff de los bofedales y la laguna Chullumpicocha del área de evaluación ambiental ..... 103

**Figura 10-42.** Diagrama de Schöeller Berkaloff de manantiales del área de evaluación ambiental..... 104

**Figura 10-43.** Relación cloruros (Cl) – sodio (Na) y cloruros (Cl) – calcio (Ca)..... 106

**Figura 10-44.** Relación cloruros (Cl) – Estroncio (Sr) cloruros (Cl) - sulfatos (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) 107

**Figura 10-45.** Relación bicarbonatos (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) - magnesio (Mg) y bicarbonatos (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) - sodio (Na)..... 108

**Figura 10-46.** Relación bicarbonatos (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) – estroncio (Sr) ..... 109

**Figura 10-47.** Relación bicarbonatos (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) – calcio (Ca)..... 109

**Figura 10-48.** Diagrama de cajas para los parámetros de nivel bajo ..... 111

**Figura 10-49.** Diagrama de cajas para los parámetros de nivel alto..... 111

**Figura 10-50.** Dendograma de los puntos de muestreo evaluados (sedimento), subdividido de acuerdo a grupos ..... 113

**Figura 10-51.** Concentración de arsénico en sedimento en el área de influencia del proyecto minero Corani..... 117

**Figura 10-52.** Concentración de cadmio en sedimento en el área de influencia del proyecto minero Corani..... 118

**Figura 10-53.** Concentraciones de cobre en sedimento en el área de influencia del proyecto minero Corani..... 119

**Figura 10-54.** Concentraciones de cromo en sedimento en el área de influencia del proyecto minero Corani..... 120

**Figura 10-55.** Concentraciones de manganeso en sedimento en el área de influencia del proyecto Corani..... 121

**Figura 10-56.** Concentraciones de mercurio en sedimento en el área de influencia del proyecto Corani ..... 122

**Figura 10-57.** Concentraciones de plomo en sedimento en el área de influencia del proyecto Corani ..... 123



*[Handwritten signature]*

*[Handwritten mark]*

*[Handwritten mark]*

*[Handwritten mark]*

*[Handwritten mark]*

*[Handwritten mark]*



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Instituto de Evaluación y Gestión Ambiental - OEFA

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

**Figura 10-58.** Concentraciones de zinc en sedimento en el área de influencia del proyecto Corani ..... 124

**Figura 10-59.** Riqueza o número de taxa de microalgas por phylum ..... 125

**Figura 10-60.** Riqueza o número de taxa de macroinvertebrados bentónicos ..... 126

**Figura 10-61.** Riqueza o número de taxa de ficoperifiton por punto de muestreo y phylum ..... 128

**Figura 10-62.** Abundancia o número de organismos de ficoperifiton por punto de muestreo y phylum ..... 129

**Figura 10-63.** Dendrograma de similitud del perifiton en la Zona I: Microcuenca del río Jarapampa ..... 131

**Figura 10-64.** Riqueza o número de taxa de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo y orden ..... 133

**Figura 10-65.** Abundancia o número de organismos de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo y orden ..... 134

**Figura 10-66.** Abundancia o número de organismos de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo y orden en relación con los parámetros de campo ..... 135

**Figura 10-67.** Dendrograma de similitud de macroinvertebrados bentónicos ..... 136

**Figura 10-68.** Riqueza o número de taxa de ficoperifiton por punto de muestreo y phylum ..... 139

**Figura 10-69.** Abundancia o número de organismos de ficoperifiton por punto de muestreo y phylum ..... 140

**Figura 10-70.** Dendrograma de similitud de perifiton en la Zona II: Microcuencas de los ríos Corani e Isivilla ..... 142

**Figura 10-71.** Riqueza o número de taxa de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo y orden ..... 144

**Figura 10-72.** Abundancia o número de organismos de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo y orden ..... 145

**Figura 10-73.** Dendrograma de similitud de macroinvertebrados bentónicos ..... 147

**Figura 11-1.** Diagrama de cuerpos de agua de la Zona I ..... 156

**Figura 11-2.** Comportamiento de pH en la microcuenca del río Jarapampa ..... 157

**Figura 11-3.** Comportamiento de metales en la microcuenca del río Jarapampa ..... 158

**Figura 11-4.** Correlación de aniones y cationes, de los cuerpos de agua del área de influencia del proyecto minero Corani ..... 160

**Figura 11-5.** Relación pH versus Sulfatos ..... 163

**Figura 11-6.** Diagrama de cuerpos de agua de la Zona II ..... 164

**Figura 11-7.** Manantial en la zona de queuñani, en el centro poblado de Aymaña (Mana11) ..... 165

**Figura 11-8.** Cadmio en sedimento versus cadmio total en agua ..... 169

**Figura 11-9.** Cobre en sedimento versus cobre total en agua ..... 169



*[Handwritten signature]*

*[Handwritten mark]*

*[Handwritten mark]*

*[Handwritten mark]*

*[Handwritten mark]*

*[Handwritten mark]*



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Instituto de Evaluación y  
Regulación Ambiental - OEFA

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

<b>Figura 11-10.</b> Manganeso en sedimento versus manganeso total en agua .....	169
<b>Figura 11-11.</b> Plomo en sedimento versus plomo total en agua .....	170
<b>Figura 11-12.</b> Zinc en sedimento versus zinc total en agua.....	170
<b>Figura 11-13.</b> Concentración de cadmio en los puntos de muestreo de suelos en la comunidad campesina Quelcaya .....	172
<b>Figura 11-14.</b> Concentración de plomo en los puntos de muestreo de suelos en la comunidad campesina Quelcaya .....	173
<b>Figura 11-15.</b> Concentración de arsénico en los puntos de muestreo de suelos en la comunidad campesina Corani - Aconsaya .....	174
<b>Figura 11-16.</b> Concentración de uranio en los puntos de muestreo de suelos en la comunidad campesina Isivilla .....	174
<b>Figura 11-17.</b> Concentración de uranio en los puntos de muestreo de suelos en la comunidad campesina Chacaconiza.....	175
<b>Figura 11-18.</b> Concentración de uranio en los puntos de muestreo de suelos en la comunidad campesina Quelcaya .....	176
<b>Figura 11-19.</b> Concentración de uranio en los puntos de muestreo de suelos en la comunidad campesina Corani - Aconsaya .....	176
<b>Figura 11-20.</b> Concentración de uranio en los puntos de muestreo de suelos en el centro poblado Aymaña.....	177



*[Handwritten signature]*

*[Handwritten mark]*

*[Handwritten initials: dx, z, H, 1]*



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Organismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental - OEFA

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

## 1. INTRODUCCIÓN

1. El proyecto minero Corani, a cargo de la empresa Bear Creek Mining Company Sucursal del Perú (en adelante, BCMC), está ubicado políticamente en el distrito de Corani, provincia de Carabaya, departamento de Puno, el cual se encuentra aproximadamente entre 4 350 y 5 200 m.s.n.m<sup>1</sup>. 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 Company Sucursal del Perú es titular. El referido proyecto realizará la explotación de zinc, plomo y plata a tajo abierto<sup>2</sup>.
2. Hidrográficamente, el área del proyecto minero está ubicado entre las quebradas Supayhuasi y Collpa Mayo las cuales son afluentes del río Chacaconiza, que pertenece a la cuenca del río Inambari<sup>3</sup>.
3. A la fecha, el estado situacional del proyecto minero Corani de BCMC es de transición, debido a que BCMC ha actualizado los estudios de factibilidad del proyecto con el fin de incluir mejoras tecnológicas en su diseño original.
4. Respecto a la coyuntura social en que se desarrollan las actividades mineras, es importante mencionar que los pobladores de las comunidades que conforman el distrito de Corani expresaron su conformidad con el plan minero en la última de una serie de audiencias públicas, en las que se discutió el proyecto en quechua<sup>4</sup>. Asimismo, en setiembre del 2013, se informó que Bear Creek había logrado la aprobación ambiental para el proyecto minero Corani.
5. Mediante Resolución de Consejo Directivo N° 004-2017-OEFA/CD, publicada el 01 de febrero de 2017 en el Diario Oficial el Peruano, se aprobó el Plan Anual de Evaluación y Fiscalización Ambiental 2017 (en adelante, Planefa 2017), el cual señala que la función evaluadora del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (en adelante, OEFA), a diferencia de la función supervisora, permite establecer el diagnóstico de la calidad ambiental en forma integrada y continua con énfasis en aquellas actividades fiscalizadas por el OEFA, con la finalidad de brindar información o soporte técnico para la supervisión directa.
6. En consecuencia, como parte de esta función, se desarrollan las evaluaciones ambientales tempranas, para determinar el estado de la calidad del ambiente en el ámbito de influencia del universo de administrados, conformado por el total de empresas pertenecientes a los sectores supervisados por el OEFA.
7. Con la finalidad de realizar una evaluación ambiental temprana para determinar las condiciones ambientales actuales en el área de influencia del proyecto minero Corani de BCMC, en el distrito de Corani, provincia de Carabaya, departamento de Puno durante el año 2017, se desarrolló un plan de ejecución de evaluación ambiental temprana, que estableció la planificación general de las actividades de campo y gabinete, para la determinación del estado de los componentes ambientales agua superficial, sedimento, comunidades hidrobiológicas y suelos.



*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*

*[Handwritten initials: K, J, H, 1]*

<sup>1</sup> Metros sobre el nivel del mar

<sup>2</sup> 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.

<sup>3</sup> Autoridad Nacional del Agua. (2009). Unidades hidrográficas del Perú: R.M. N° 033-2009-AG.

<sup>4</sup> <http://gestion.pe/empresas/bear-creek-logra-luz-verde-comunidades-puno-proyecto-corani-us-700-millones-2063718> (revisado 30/11/2017).



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Organismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental - OEFA

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

8. El referido plan de ejecución se constituyó sobre una revisión exhaustiva de la información existente acerca del estado ambiental del distrito de Corani, provincia de Carabaya, departamento de Puno, proveniente de fuentes oficiales de diversas instituciones, tales como instrumentos de gestión ambiental del administrado, informes de supervisión del OEFA e informes de monitoreo ambiental que el propio administrado reporta a las autoridades competentes. Del análisis de la referida información se identificó a los actores sociales involucrados, la problemática socioambiental, los objetivos y el área de estudio, y de esta manera se identificó preliminarmente la metodología de trabajo a utilizar, identificando los componentes ambientales a evaluar, la red de puntos y parámetros de muestreo; así como también las herramientas de análisis necesarias para realizar una evaluación ambiental temprana en la zona de interés.
9. Finalmente, el presente informe corresponde principalmente al desarrollo del plan de ejecución de la evaluación ambiental temprana en el área de influencia del proyecto minero Corani, en el distrito de Corani, provincia de Carabaya, departamento de Puno, correspondiendo dicha ejecución a una primera evaluación de este tipo, realizada en julio de 2017 (época de estiaje).

## 2. MARCO LEGAL

10. Ley N° 28611, Ley General del Ambiente y sus modificatorias.
11. Ley N° 29325, Ley del Sistema Nacional de Evaluación y Fiscalización Ambiental y sus modificatorias.
12. Ley N° 28245, Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental y sus modificatorias, así como su Reglamento, aprobado mediante Decreto Supremo N° 008-2005-PCM.
13. Ley N° 27446, Ley del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental y su Reglamento, aprobado mediante Decreto Supremo N° 019-2009-MINAM, así como sus modificatorias.
14. Decreto Legislativo N° 1013, que aprueba la Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente.
15. Resolución Ministerial N° 247-2013-MINAM, que aprueba el Régimen Común de Fiscalización Ambiental.
16. Decreto Supremo N° 022-2009-MINAM, que aprueba el Reglamento de Organización y Funciones del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental.
17. Decreto Supremo N° 012-2009-MINAM, que aprueba la Política Nacional del Ambiente.
18. Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, que aprueba los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua y establecen disposiciones complementarias.
19. Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM, que aprueba los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para suelo.



P  
9  
L  
J  
H  
1



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Organismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental - OEFA

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

20. Resolución de Consejo Directivo N° 004-2017-OEFA/CD, que aprueba el Plan Anual de Evaluación y Fiscalización Ambiental del OEFA, correspondiente al año 2017.
21. Resolución de Consejo Directivo N° 032-2014-OEFA/CD, "Reglamento de participación ciudadana en las acciones de monitoreo ambiental a cargo del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental" y su modificatoria aprobada mediante la Resolución de Consejo Directivo N° 003-2016-OEFA/CD.
22. Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA. "Protocolo Nacional para el Monitoreo de Calidad de Recursos Hídricos Superficiales" publicado el 11 de enero de 2016.

### 3. ANTECEDENTES

23. Mediante la Resolución Directoral N° 435-2005-MEM-AAM de fecha 10 de octubre de 2005, la Dirección General de Asuntos Ambientales Mineros (DGAAM) aprobó la Declaración Jurada del proyecto de exploración minera Corani para ejecutar actividades en las concesiones mineras Corani I, Corani II, Minaspatá 1, Minaspatá 2 y Minaspatá 3, ubicada en el distrito de Corani, provincia de Carabaya, departamento de Puno.
24. Mediante Resolución Directoral N° 070-2006-MEM/AAM de 01 de marzo de 2006, la (DGAAM) aprobó la Evaluación Ambiental del proyecto de exploración Corani, presentado por la empresa Bear Creek Mining Company, Sucursal del Perú, para ejecutar 29 perforaciones en 16 plataformas.
25. Mediante la Resolución Directoral N° 050-2007-MEM/AAM de fecha 09 de febrero de 2007, la DGAAM aprobó la Evaluación Ambiental del proyecto de exploración minera Corani, para desarrollar 297 sondajes en 202 plataformas de perforación en las concesiones mineras Corani I, Corani III, Minaspatá 3, Minaspatá 4, ubicadas en el distrito de Corani, provincia de Carabaya, departamento de Puno.
26. Mediante la Resolución Directoral N° 200-2009-MEM/AMM de fecha 09 de julio de 2009, la DGAAM aprobó la Modificación de la Evaluación Ambiental del proyecto de exploración Corani, para ejecutar 89 plataformas de perforación adicionales en las concesiones mineras Corani I, Minaspatá 1, Minaspatá 3 y Minaspatá 4. En el mismo se suscribe que BCMC se encuentra obligada a cumplir con lo estipulado en las evaluaciones ambientales aprobadas con las Resoluciones Directorales N° 070-2006-MEM/AAM y N° 050-2007-MEM/AAM, así como en los compromisos asumidos a través de los recursos presentados por la recurrente en la modificación de la evaluación ambiental.
27. Mediante la Resolución Directoral N° 355-2013-MEM/AMM de fecha 20 de setiembre de 2013, la DGAAM aprobó el estudio de impacto ambiental para explotación y beneficio minero del proyecto minero Corani, integrada por 12 concesiones mineras.
28. Mediante la Resolución Directoral N° 174-2015-MEM/DGAMM de fecha 23 de abril de 2015, la DGAAM aprobó el plan de cierre de mina del proyecto minero Corani, conforme al informe N° 347-2005-MEM-DGAAM/DNAM-DGAM/PC. En el mismo se suscribe que, BCMC, deberá garantizar que la calidad del agua superficial y subterránea producida en el área de la unidad minera y de los cuerpos receptores,



*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*



PERÚ

Ministerio  
del AmbienteOrganismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental - OEFA

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

se encuentren dentro de los Límites Máximos Permisibles y Estándares de Calidad Ambiental de Ley.

29. De la revisión, de la información relevante de los IGA aprobados por el Ministerio de Energía y Minas, se describe en la Tabla 3-1 un breve resumen de los cuerpos de agua mencionados en los estudios, que servirían como fuente de referencia para la determinación de los cuerpos de agua de interés para presente evaluación.

**Tabla 3-1.** Resumen de estudios realizados en el área de influencia del proyecto minero Corani

Unidad Hidrográfica	IGA revisado	Componentes monitoreados	Cuerpos de agua	
			Este	Norte
Inambari	Estudio de Impacto Ambiental Proyecto Corani (Setiembre 2005)	Qda. s/n	316 206	8 447 914
		Quebrada Callpa Mayo	318 667	8 444 772
		Agua de Mina*	316 129	8 448 312
		Agua de Mina*	316 037	8 447 694
Inambari	Modificación del Estudio de Impacto Ambiental Proyecto Corani (Agosto 2006)	Qda. Sur	316 152	8 447 629
		Qda. Supayhuasi	316 834	8 447 397
		Qda. Collpa Mayo	318 834	8 444 616
		Río Minas Santo Cato, Chacaconiza	318 667	8 444 772
		Río Minas Santo Cato	319 247	8 449 271
		Río Collpa Mayo, Chacaconiza	320 980	8 449 868
		Puquio Silvestre	320 328	8 449 780
		Puquio Ojo central Chacaconiza	320 513	8 449 518
		Puquio Chacaconiza	320 640	8 449 703
		Laguna Cochapala	317 991	8 443 232
Inambari	Estudio de Impacto Ambiental Proyecto Corani (Diciembre 2012)	Qda. Collpa Mayo	318 605	8 444 563
		Qda. Collpa Mayo	318 995	8 444 666
		Qda. Minacucho	319 301	8 444 217
		Qda. Collpa Mayo	319 948	8 445 559
		Qda. Collpa Mayo	320 233	8 447 597
		Poza colección infiltración	316 544	8 447 021
		Bofedal Sornahuiña	317 171	8 449 407
		Bofedal Negrominas	317 170	8 449 408
		Poza colección desmonte este	317 230	8 447 928
		Qda. Supayhuasi	317 874	8 447 673
		Qda. Supayhuasi	319 484	8 449 214
		Río Chacaconiza	320 926	8 450 087
		Río Chacaconiza	321 413	8 454 225
		Laguna Chullumpicocha	321 016	8 455 632
		Qda. Imagina Mayu	319 308	8 453 577
Qda. Imagina Mayu	320 626	8 456 312		

\*Agua subterránea.

Fuente: Instrumentos de Gestión Ambiental (IGA) aprobados por el Ministerio de Energía y Minas – Minem.

30. Asimismo, de la revisión, de la información relevante de los IGA aprobados por el Ministerio de Energía y Minas, se describe en la Tabla 3-2 el resumen de los pasivos ambientales, que servirían como fuente de referencia para la



*[Handwritten signature]*

*[Handwritten initials]*

determinación de los cuerpos de agua de interés para la evaluación de la calidad ambiental.

**Tabla 3-2. Pasivos ambientales en el área de influencia del proyecto minero Corani**

Unidad Hidrográfica	IGA revisado	Zonas de posible influencia	Coordenadas UTM WGS 84 - Zona 19 L	
			Este	Norte
Inambari	Modificación del Estudio de Impacto Ambiental Proyecto Corani (Agosto 2006)	Campamento Antiguo	316 265	8 447 913
		Bocamina Antigua 1	316 129	8 448 312
		Campamento de planta	316 116	8 448 128
		Relave	316 062	8 448 128
		Bocamina Antigua 2	316 265	8 447 913
		Bocamina Antigua 3	315 941	8 448 170

31. De acuerdo con la información descrita en los IGA aprobados para el proyecto Corani, los cuerpos de agua ubicados en el área de influencia presentan características que en algunos casos han excedido las normas establecidas en nuestro país. Al respecto, en la Tabla 3-3 se presenta un breve resumen de la línea base del componente agua, evaluados en los IGA del proyecto Corani en función de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para agua, del año 1969<sup>5</sup> y del año 2008<sup>6</sup>, vigentes para aquel entonces.

**Tabla 3-3. Cuerpos de agua de interés de acuerdo a los IGA relevantes del proyecto Minero Corani**

N°	IGA % informe revisado	Zonas críticas	Parámetros excedidos / normativa
01	Estudio de Impacto Ambiental Proyecto Corani (Setiembre 2005)	Quebrada Collpa Mayo	pH <sup>a</sup>
		Quebrada. Sin nombre	pH, cadmio total (Cd), cobre total (Cu), hierro total (Fe), níquel total (Ni), plomo total (Pb). <sup>a</sup>
02	Modificación Evaluación Ambiental proyecto Corani (Agosto 2006)	Quebrada. Sur	pH, nitrato, aceites y grasas (AyG), arsénico total (As), cadmio total (Cd), cobre total (Cu), níquel total (Ni), plomo total (Pb). <sup>a</sup>
		Quebrada. Supayhuasi	Nitrato, aceites y grasas (AyG), cadmio total (Cd), níquel total (Ni), plomo total (Pb). <sup>a</sup>
		Quebrada. Collpa Mayo	Nitrato. <sup>a</sup>
		Río Minas Santo Cato, Chacaconiza	Nitrato, aceites y grasas (AyG), níquel total (Ni), plomo total (Pb). <sup>a</sup>
		Río Minas Santo Cato	pH, nitrato, plomo total (Pb). <sup>a</sup>
		Río Collpa Mayo, Chacaconiza	Nitrato. <sup>a</sup>
		Puquio Silvestre	--
		Puquio Ojo central Chacaconiza	--
03	Estudio de Impacto Ambiental Proyecto Corani (Diciembre 2012)	Río Chacaconiza – Subcuenca Jarapampa	pH <sup>b,c,d</sup> , cadmio (Cd) <sup>b,d</sup> , cobre (Cu) <sup>d</sup> , hierro (Fe) <sup>b,c</sup> , manganeso (Mn) <sup>b,c</sup> , plomo (Pb) <sup>b,c,d</sup> , zinc (Zn) <sup>d</sup> .
		Quebrada Supayhuasi - Subcuenca Jarapampa	pH <sup>b,c,d</sup> , sólidos totales suspendidos (STS) <sup>d</sup> , nitrógeno amoniacal (NH <sub>3</sub> ) <sup>d</sup> , soliformes fecales <sup>b,c</sup> , coliformes

<sup>5</sup> Decreto Supremo N° 261 – 69 – AP, aprobado el 12 de diciembre de 1969.

<sup>6</sup> Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, aprobado el 30 de julio de 2008.



*[Handwritten signature]*

*[Handwritten initials]*



N°	IGA y/o informe revisado	Zonas críticas	Parámetros excedidos / normativa
			totales <sup>b,c</sup> , arsénico (As) <sup>b,d</sup> , bario (Ba) <sup>b,d</sup> , Cd <sup>c</sup> , Cu <sup>d</sup> , Fe <sup>b,c</sup> , Mn <sup>b,c</sup> , Pb <sup>b,c,d</sup> , Zn <sup>b,d</sup>
		Quebrada Imagina Mayu - Subcuenca Jarapampa	pH <sup>b,c,d</sup> , coliformes totales <sup>b,c</sup>
		Río Jarapampa - Subcuenca Jarapampa	STS <sup>d,c</sup> , Fe <sup>b</sup> , Pb <sup>d</sup>
		Río Ninahuisa - Subcuenca Ninahuisa	STS <sup>d</sup> , Fe <sup>b,c</sup> , Pb <sup>b,c,d</sup>
		Río Quenamari - Subcuenca Quenamari	STS <sup>d</sup> , Fe <sup>b,c</sup> , Pb <sup>d</sup>
		Quebrada Quellapuquio-Subcuenca Challapampa	pH <sup>b,c,d</sup> , sólidos totales suspendidos (STS) <sup>d</sup> , NH <sub>3</sub> <sup>d</sup> , coliformes fecales <sup>b,c</sup> , coliformes totales <sup>b,c</sup> , bario (Ba) <sup>b,d</sup> , Fe <sup>b,c</sup> , Mn <sup>b,c</sup> , Pb <sup>b,c,d</sup> , Zn <sup>d</sup>
		Quebrada Sillapoja - Subcuenca Quelcaya	pH <sup>b,c,d</sup>
		Río Jarapampa - Subcuenca Chacaconiza	pH <sup>b,c,d</sup>
		Lagunas	pH <sup>b,c,d</sup> y Zn <sup>d</sup>

Fuente: Instrumentos de Gestión Ambiental (IGA) aprobados por el Ministerio de Energía y Minas – Minem

(a) ECA – agua 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 bebidas de animales.

(b) ECA –agua del Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, Categoría 3, Subcategoría D1 Riego de vegetales

(c) ECA –agua del Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, Categoría 3, Subcategoría D2 Bebidas de animales

(d) ECA –agua del Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, Categoría 4, Subcategoría E2 Río de costa y sierra



#### 4. JUSTIFICACIÓN

32. El presente informe se realiza dando cumplimiento a la función evaluadora del OEFA establecida en la Ley 29325, Ley del Sistema Nacional de Evaluación y Fiscalización Ambiental – Sinefa, donde se establece que la función evaluadora comprende las acciones de vigilancia, monitoreo y otras similares que realiza el OEFA, según sus competencias, para asegurar el cumplimiento de las normas ambientales.
33. Asimismo, la ejecución de la presente evaluación ambiental se realiza en el marco del Planefa 2017 del OEFA, aprobado mediante Resolución de Consejo Directivo N° 004-2017-OEFA/CD<sup>7</sup>, con la finalidad de dar soporte a la Dirección de Supervisión, generando información ambiental para la posterior verificación del cumplimiento de las medidas preventivas de riesgos ambientales por parte de los administrados.
34. Complementariamente, a través del Informe N° 75-2017-OEFA/DE-SDCA-CMVA, el equipo evaluador del OEFA estableció la viabilidad del desarrollo de una evaluación ambiental temprana en el área de influencia del proyecto minero Corani de BCMC, en el distrito de Corani, provincia de Carabaya, departamento de Puno.

<sup>7</sup> Resolución de Consejo Directivo publicada el 01 de febrero de 2017.



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Organismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental - OEFA

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

35. La evaluación de la calidad ambiental con participación ciudadana para el ejercicio 2017 se realiza a través de evaluaciones ambientales tempranas, las cuales se enfocan en las áreas de influencia de los proyectos que son materia de la función evaluadora, ello de acuerdo a la priorización determinada en el Planefa 2017, con la finalidad de (i) contribuir a la prevención de los potenciales conflictos socio ambientales, (ii) brindar soporte técnico a las acciones de supervisión y fiscalización ambiental que realiza el OEFA, (iii) proporcionar información a otras instituciones públicas y/o privadas para que actúen en el marco de sus competencias y, (iv) constituir la etapa inicial de un sistema de vigilancia ambiental periódico.
36. La minería es una actividad extractiva vinculada a la economía y al medio ambiente, y ha sido una fuente importante de ingresos fiscales que, a lo largo de la historia, ha contribuido al crecimiento económico del país. Sin embargo, esto ha despertado resistencia social en la población local<sup>8</sup> y en la población en general.
37. Esta conflictividad socio ambiental<sup>9</sup>, en la que intervienen diferentes actores, además de componentes políticos, económicos, sociales y culturales, se ha convertido en un tema crítico a gestionar puesto que genera inestabilidad al plantear serios problemas de gobernabilidad, y tiene consecuencias económicas y sociales<sup>10</sup> que pueden mermar seriamente las perspectivas de desarrollo sostenible del país.
38. Ante los múltiples conflictos existentes, se hace necesario realizar un diagnóstico ambiental que comprenda la evaluación de distintos componentes ambientales en consenso con la población del área de influencia del proyecto minero Corani y zonas aledañas, en el distrito de Corani, provincia de Carabaya, departamento de Puno, ello mediante los mecanismos establecidos en la normativa respecto a monitoreos ambientales participativos<sup>11</sup>, aplicados para la realización de evaluaciones ambientales tempranas.

## 5. OBJETIVOS

### 5.1. Objetivo general

39. Realizar la evaluación ambiental temprana con participación ciudadana, en el área de influencia del proyecto minero Corani, en el distrito de Corani, provincia de Carabaya, departamento de Puno, durante el año 2017.

### 5.2. Objetivos específicos

40. Evaluar la calidad ambiental de agua superficial.
41. Evaluar la calidad ambiental de sedimento.

<sup>8</sup> Pontificia Universidad Católica del Perú. Sandra Carrillo Hoyos. Conflictos mineros: Explorando los problemas de Comunicación en Etapas Clave del Ciclo Productivo. GI5: La Comunicación y los medios en contextos de conflictividad socio-ambiental e industrias extractivas. Perú.

<sup>9</sup> La Defensoría del Pueblo define el conflicto socio ambiental como un tipo de conflicto social cuya dinámica gira en torno al control, uso y/o acceso al ambiente y sus recursos, estando también presentes componentes políticos, económicos, sociales y culturales.

<sup>10</sup> Minería y conflicto social. Economía y Sociedad 65, CIES, octubre 2007. (<http://cies.org.pe/sites/default/files/files/articulos/economiasociedad/01-revesz.pdf>)

<sup>11</sup> Resoluciones de Consejo Directivo N° 032-2014-OEFA/CD y N° 003-2016-OEFA/CD.

42. Evaluar las condiciones de las comunidades hidrobiológicas.

43. Evaluar la calidad ambiental de suelo.

## 6. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

44. El proyecto minero Corani se encuentra ubicado en el distrito de Corani, provincia de Carabaya, departamento de Puno. Geográficamente se localiza en la zona Sur-Oriental del Perú (Figura 6-1).

45. Hidrográficamente se encuentra entre las quebradas Supayhuasi y Collpa Mayo, las cuales finalmente desembocan en el río Chacaconiza, los que pertenecen a la unidad hidrográfica del río Inambari<sup>12</sup>.

46. El área de evaluación ambiental temprana corresponde a las comunidades campesinas de Corani –Aconsaya, Quelcaya, Chacaconiza, y el centro poblado de Aymaña del distrito de Corani, provincia de Carabaya, departamento de Puno.

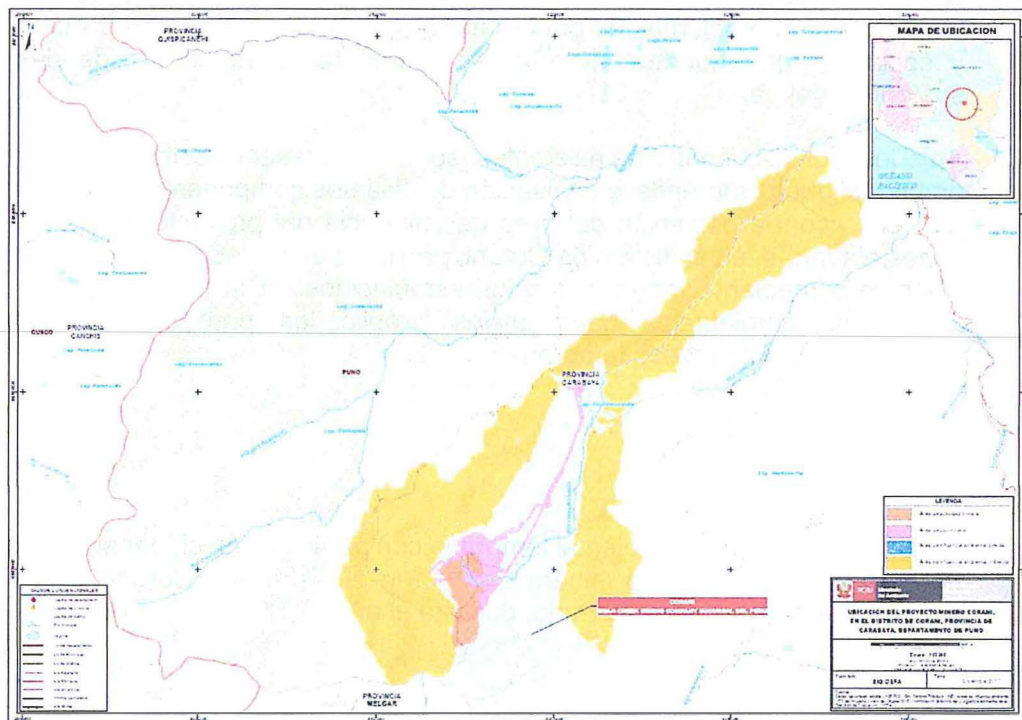


Figura 6-1. Mapa de ubicación geográfica del proyecto minero Corani

## 7. CONTEXTO SOCIAL

47. El contexto social se refiere a todas aquellas circunstancias que enmarcan la situación en la que se encuentra el área de interés: en este caso, el lugar donde se desarrolló la evaluación ambiental y, en el que también están incluidos todos los individuos que forman parte de la población residente en esa área.

<sup>12</sup> Autoridad Nacional del Agua. (2009). Unidades hidrográficas del Perú: R.M. N° 033-2009-AG.



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Organismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental - OEFA

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

48. La información del contexto social fue obtenida mediante la revisión de fuentes bibliográficas, lo que fue complementado con aquella recopilada durante la visita de reconocimiento previa al desarrollo de la evaluación ambiental, y durante las etapas previas a la ejecución del mismo.
49. Las etapas tipificadas en el Reglamento de Participación Ciudadana en las Acciones de Monitoreo Ambiental a cargo del OEFA<sup>13</sup> 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 del MAP.
  - Etapa 6. Ejecución del MAP.
  - Etapa 7. Taller para la presentación de los resultados del monitoreo realizado.
50. A continuación, se detalla información sobre el desarrollo de dichas etapas, incluyendo el reconocimiento previo, así como los actores involucrados en la evaluación ambiental.

#### 7.1. Etapas del monitoreo

51. Seguidamente se presentan las etapas previas a la ejecución del monitoreo, indicándose la fecha en la que tuvieron lugar y las actividades principales que se realizaron durante las mismas.

##### Visita de Reconocimiento

52. La visita de reconocimiento es una etapa adicional, previa al inicio del MAP, fue realizada del 18 al 23 de junio de 2017. Su objetivo fue el de establecer un primer contacto con las poblaciones y autoridades de la zona a evaluar, conocer su percepción respecto a la realización del MAP y reconocer técnica y logísticamente el área de intervención. Toda esta información, junto con el conocimiento de la situación social y ambiental del área de monitoreo, la existencia de conflictos y las principales actividades económicas, entre otras, facilitarían el desarrollo del MAP.
53. Esta visita también sirvió para definir el área y los objetivos del estudio, lo que permitió identificar los componentes ambientales a evaluar, determinar la red y los parámetros de muestreo y, establecer las herramientas de análisis que ayudarían a diagnosticar las condiciones ambientales de la zona.
- **Coordinación previa con los actores involucrados; convocatoria e inscripción a los programas de inducción**
54. Estas etapas fueron desarrolladas del 19 al 23 de junio de 2017, periodo durante el cual se realizaron reuniones de coordinación previa con el alcalde y con los representantes de las cinco comunidades campesinas que conforman el distrito de Corani, para informar acerca de las actividades que los evaluadores realizarían

<sup>13</sup> Resolución de Consejo Directivo N° 032-2014-OEFA/CD, "Aprueban el Reglamento de participación ciudadana en las acciones de monitoreo ambiental a cargo del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - Oefa", del 2 de setiembre de 2014, modificada mediante Resolución de Consejo Directivo N° 003-2016-OEFA/CD.



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Organismo de Evaluación  
y Fiscalización Ambiental - OEFA

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

en relación a las etapas de coordinación previa, convocatoria, inscripción en los programas de inducción y presentación de la propuesta del plan de monitoreo ambiental participativo en el distrito de Corani, ubicado en la provincia de Carabaya, departamento Puno.

55. En dichas reuniones, se determinó que el MAP se realizarían en lugares pertenecientes a las comunidades de Corani-Aconsaya, Quelcaya, Chacaconiza e Isivilla y en centro poblado de Aymaña, en el distrito de Corani, provincia de Carabaya, departamento de Puno; se concretaron las fechas y lugares para la convocatoria y la realización de los talleres de inducción y de la presentación de la propuesta del MAP; y se definió el lugar en el que se dejarían las listas de inscripción.
56. La difusión fue realizada mediante comunicaciones formales, prensa escrita y emisión radial, convocándose a los principales actores sociales involucrados en el desarrollo del MAP.
- **Realización de la inducción y taller para la presentación de la propuesta de la evaluación ambiental temprana**
57. Dichas etapas tuvieron lugar del 9 al 12 de julio 2017, en los locales comunales de las comunidades campesinas de Isivilla, Quelcaya, Chacaconiza, centro poblado de Aymaña y en el Auditorio de la municipalidad Distrital de Corani; durante dicho periodo también se reconocieron los puntos de muestreo en el área de estudio.
58. Durante la inducción, el OEFA informó sobre las competencias de fiscalización ambiental a su cargo, los alcances del reglamento que regula la participación ciudadana en las acciones de monitoreo, los derechos y deberes de los participantes, y los lineamientos y procedimientos para la toma de muestras. Se entregó un certificado a los asistentes que se inscribieron con anticipación.
59. Inmediatamente después de la inducción, se continuó con el taller de presentación de la propuesta del plan de ejecución del monitoreo. Durante la misma, se explicó lo siguiente:
- Los objetivos del monitoreo.
  - Las acciones de monitoreo que serían impulsadas por el OEFA en campo.
  - Los criterios para la elección de los puntos de muestreo.
  - La metodología para la recolección de muestras y mediciones en campo.
  - La metodología que se aplicará para la evaluación de los resultados obtenidos.
  - Los alcances de la participación ciudadana durante las labores de monitoreo a realizarse.
  - Otros aspectos de interés.
60. Los acuerdos tomados estuvieron relacionados principalmente con las fechas de ejecución del monitoreo y los participantes que acompañarían al OEFA durante la misma. Las actas y listas de participantes, correspondientes a cada una de las etapas del MAP, se presentan en el Anexo A.



P

J

K  
J  
H  
1



## 7.2. Ejecución de la evaluación ambiental temprana

61. Esta etapa se desarrolló del 17 al 27 de julio de 2017. Durante la misma se realizó la toma de muestras de agua, sedimento y suelo, teniendo en cuenta los puntos de muestreo que habían sido determinados previamente.
62. Las personas que habían sido seleccionadas previamente acompañaron a los especialistas durante el monitoreo de los componentes ambientales mencionados.

## 7.3. Actores involucrados

63. Los actores involucrados en el desarrollo del MAP se consignan en la Tabla 7-1, estos se encuentran especificados en Anexo A.

**Tabla 7-1.** Actores sociales involucrados para el desarrollo del MAP

Institución	Distrito	Provincia	Departamento
Centro poblado Chimboya (Aymaña)	Corani	Carabaya	Puno
Comunidad campesina Corani – Aconsaya	Corani	Carabaya	Puno
Comunidad campesina Quelcaya	Corani	Carabaya	Puno
Comunidad campesina Chacaconiza	Corani	Carabaya	Puno
Municipalidad Distrital de Corani	Corani	Carabaya	Puno
Municipalidad Provincial de Carabaya	Macusani	Carabaya	Puno
Ronda campesina Corani - Aconsaya	Corani	Carabaya	Puno
Municipalidad Distrital de Corani	Corani	Carabaya	Puno

## 8. MARCO CONCEPTUAL

64. En este apartado se realiza una introducción sobre cada uno de los componentes ambientales que fueron considerados en la evaluación ambiental temprana llevada a cabo en el distrito de Corani. En concreto, se presentan conceptos y metodologías que se han tenido en cuenta para realizar el análisis de resultados referentes a cada componente ambiental.

### 8.1. Agua superficial

65. La creciente presión sobre los cuerpos naturales de agua puede afectar la calidad de los recursos hídricos, impactando en los ecosistemas acuáticos y comprometiendo la disponibilidad de los mismos.
66. Aunque el agua superficial disponible en Perú es relativamente abundante, su calidad es crítica en algunas regiones del país, lo que es uno de los problemas más graves existentes puesto que constituye un impedimento para lograr el uso de dicho recurso de manera eficiente.<sup>14</sup>
67. De manera general, se puede afirmar que el deterioro de la calidad de agua se debe fundamentalmente al aumento de la población (situación que se agrava por las invasiones descontroladas) y a las actividades antropogénicas. Entre otras causas, la calidad del agua puede verse afectada por la falta de tratamiento adecuado de las aguas residuales, la realización de vertimientos procedentes de industrias extractivas (principalmente minería e hidrocarburos) no formalizadas, el uso de pesticidas, la ausencia de vegetación de ribera en los cursos de agua, etc.

<sup>14</sup> Ayuda Memoria del Plan Nacional de Recursos Hídricos de la Autoridad Nacional del Agua (ANA) del 2013.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

Toda esta problemática, también tiene un gran impacto sobre el resto de componentes ambientales que serán analizados en el presente informe.

### 8.1.1. Parámetros fisicoquímicos

#### a) Sólidos totales y disueltos

68. Las partículas que se encuentran en los cuerpos de agua tienen una variedad de tamaños, formas y composición química, sin embargo, tienen características similares que facilitan su clasificación en determinadas categorías, una de ellas es la de sólidos disueltos, definida por contener aquellos sólidos que pueden filtrarse por poros de 1,2 µm o de diámetro menor, por lo general estos sólidos se encuentran entre el rango de 0,01µm a 1,0 µm (Metcalf y Eddy, 2014). Otra categoría de sólidos es la de sólidos totales que incluye tanto a los disueltos como a los suspendidos. Los sólidos totales y los disueltos generan una serie de afectaciones a la salud de los ecosistemas, debido a la formación de turbidez en las aguas naturales, además de que pueden llegar a sedimentarse dañando así el hábitat de algunos organismos bentónicos y fomentar las sobrepoblaciones bacterianas lo que dificulta el tratamiento de las aguas potables, pues estos sólidos sirven como barrera protectora contra la acción desinfectantes en la cloración del líquido (Mackenzie, 2005).

#### b) pH

69. El pH es una escala logarítmica que mide la concentración de hidronios en una sustancia (Jenkins, 2009), que sufre reacciones químicas basadas en la siguiente ecuación:



Dónde:

- B : Base<sub>1</sub>
- HB : Ácido<sub>2</sub>
- HA : Ácido<sub>1</sub>
- A : Base<sub>2</sub>

- 70. La medición del pH es uno de los más importantes y el más frecuente evaluador en la química del agua. Prácticamente cada etapa del suministro de agua y tratamiento de aguas residuales, por ejemplo, neutralización ácido-base, ablandamiento, precipitación, coagulación desinfección y control de la corrosión, dependen del pH<sup>15</sup>.
- 71. Por lo general el pH de las aguas superficiales, está entre el rango de 6,5 y 8,5 y es gracias a estos valores que se pueden realizar una serie de reacciones químicas como la oxidación-reducción, además que permite el desarrollo de la vida acuática y sus procesos biológicos (Alfayate, 2008).
- 72. Existen diversos factores que modifican el pH del líquido, uno de ellos es la composición geológica del cauce del río, pues este sustrato es erosionado y con ello se da la liberación de sales, lo que aumenta el carácter básico del recurso (Mackenzie, 2005), caso contrario sucede cuando hay altas concentraciones de dióxido de carbono, el cual le da un carácter ácido a las aguas (Alfayate, 2008),



P  
D  
K  
J  
H  
1

<sup>15</sup> APHA-AWWA- WEF, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22nd. Ed. 2012

por ello, para garantizar la calidad de un cuerpo de agua es necesario controlar variables como el pH, pues es un parámetro que regula diversidad de procesos en el agua (Metcalf & Eddy, 2014).

### c) Conductividad

73. La conductividad es una medida de la capacidad del agua de conducir la corriente eléctrica. Es sensible a las variaciones de sólidos disueltos, principalmente de sales minerales. Para un cuerpo de agua en específico, se relaciona con los sólidos totales disueltos y con los iones mayoritarios. La conductividad de la mayoría de las aguas dulces naturales se encuentra entre los 10  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y 350  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ; aunque ello dependa del tipo de geología. En zonas con influencia marino costera los valores pueden ir desde los 125  $\mu\text{S}/\text{cm}$  hasta los 2200  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ; mientras que en lagos y reservorios las conductividades son por lo general más bajas (ANZECC, 2000).

### d) Demanda química de oxígeno (DQO)

74. La DQO sirve para estimar el contenido orgánico (compuestos que tienen carbono) soluble y particulado en medio acuoso<sup>16</sup>, que consume oxígeno en condiciones definidas<sup>17</sup>. Representa tanto a la materia orgánica biodegradable<sup>18</sup> como a la no biodegradable.
75. Además, este parámetro también estima tanto los compuestos inorgánicos oxidables que contienen carbono como los que no contienen, tales como los iones no metálicos, es decir, nitritos ( $\text{NO}_2^-$ )<sup>19</sup>, cloruros ( $\text{Cl}^-$ )<sup>20</sup> y sulfuros ( $\text{S}^{2-}$ ); y los iones metálicos como son el ferroso ( $\text{Fe}^{2+}$ ), manganoso ( $\text{Mn}^{2+}$ ), etc. (Yun Whan Kang, 1999; American Public Health Association, 2012).
76. Una de las causas del incremento de la concentración de la DQO en el agua subterránea, es la infiltración de los lixiviados orgánicos en los acuíferos (Ngang, 2015). Otra de las causas podría ser la presencia de iones cloruros ( $\text{Cl}^-$ ) y bromuros ( $\text{Br}^-$ ), y los iones metálicos, principalmente  $\text{Fe}^{2+}$  y  $\text{Mn}^{2+}$ .
77. En el caso de agua de mar, la materia orgánica particulada (POM, por sus siglas en inglés), cuyo tamaño de partículas es mayor a 1,0  $\mu\text{m}$  (ver Figura 8-1), juega un papel importante en la DQO. Los organismos vivos como el fitoplancton (microalgas y diatomeas), bacterias y compuestos inertes como partículas de arcilla, diatomeas muertas y restos de materia fecal y exoesqueleto de zooplancton, son parte de la POM que cae en el fondo marino, lo que es conocido como nieve marina (Volkman, 2002).

<sup>16</sup> Comprende al agua superficial, subterránea y residual.

<sup>17</sup> Evaluación realizada en medio ácido ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), con agente oxidante ( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_4$ ), catalizador ( $\text{AgSO}_4$ ) y calentamiento a 150 °C (digestión en reflujo cerrado) de 1 a 2 horas, de acuerdo al método de ensayo utilizado por el laboratorio acreditado contratado (American Public Health Association, 2012).

<sup>18</sup> La materia orgánica biodegradable u oxidada biológicamente es calculada por la Demanda Bioquímica de Oxígeno al quinto día ( $\text{DBO}_5$ ), por lo que siempre la concentración de la DQO es mayor a la  $\text{DBO}_5$ .

<sup>19</sup> La interferencia positiva de la concentración de los cloruros de 100 a 2 000 mg/L es reducida mediante formación de complejos con sulfato de mercurio ( $\text{HgSO}_4$ ) antes del calentamiento para oxidar los compuestos orgánicos (René Bernard Geerdink, 2017; American Public Health Association, 2012).

<sup>20</sup> La interferencia positiva de los nitritos puede ser eliminada por adición de ácido sulfámico ( $\text{H}_3\text{NSO}_3$ ) (American Public Health Association, 2012).



*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*

78. La materia orgánica coloidal<sup>21</sup> (COM, por sus siglas en inglés), cuyo tamaño de partícula es de 0,001  $\mu\text{m}$  (10 kDa) a 1,0  $\mu\text{m}$ , está constituida por organismos vivos como virus, bacterias de menor tamaño, protozoarios y algas, minerales de arcilla y óxidos de hierro, aluminio y manganeso (Laodong, 1997).
79. Finalmente, la materia orgánica disuelta (DOM, por sus siglas en inglés), cuyo tamaño de partícula es menor a 0,001  $\mu\text{m}$ , está conformada por nutrientes disueltos como el fósforo y el nitrógeno orgánico disuelto (DOP y DON, respectivamente) que acompañan al carbono orgánico disuelto, y otras moléculas pequeñas (Hedges, 2002).

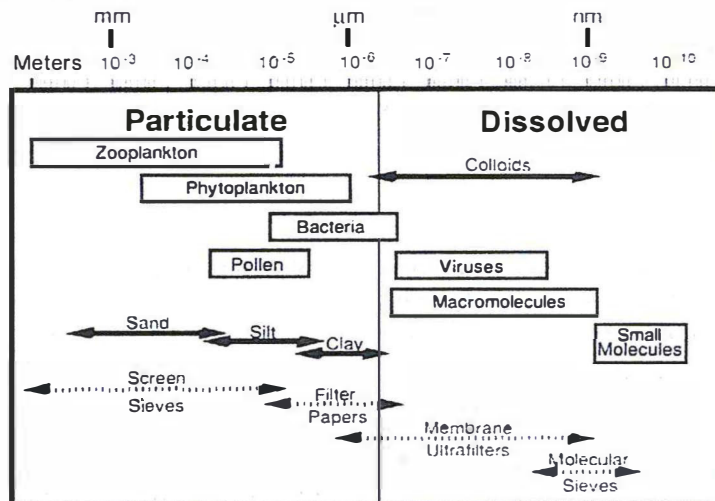


Figura 8-1. Escala de longitud de partícula para la materia orgánica  
Fuente: Hedges J. 2002.



P  
Q

K  
J  
H  
I

### 8.1.2. Aniones y cationes principales<sup>22</sup>

80. Los aniones a destacar en la presente evaluación son el cloruro, sulfato, bicarbonato y carbonato, y nitrato; los cationes resaltantes son sodio, calcio, potasio y magnesio.

#### a) Cloruro (Cl<sup>-</sup>)

81. El ion cloruro es uno de los aniones inorgánicos principales en el agua natural y su contenido en el agua es variable, llegando a concentraciones de 19 350 mg/L en el agua de mar y mayores en aguas de producción de actividades hidrocarburíferas. También está presente en las infiltraciones de agua de mar, que tienen influencia sobre humedales del litoral. Procede del lavado de terrenos de origen marino, aguas congénitas<sup>23</sup> y fósiles.<sup>24</sup>

<sup>21</sup> Históricamente, la materia orgánica ha sido dividida arbitrariamente en disuelta y particulada, basada en la filtración a través de un filtro de 0,45  $\mu\text{m}$ ; no obstante, se han determinado cientos de moléculas de bajo peso molecular, menores a 0,0002  $\mu\text{m}$  (George R. Aiken, 2011), y debido a que la COM con tamaño de 0,001 a 1,0  $\mu\text{m}$ , pasan el filtro de 0,45  $\mu\text{m}$ , se incluye en la DOM con peso molecular alto (Laodong Guo, 1997).

<sup>22</sup> Juan Carmilo Gómez Rave. (2009). Geología, Geofísica, Hidrogeoquímica e Isótopos, como herramienta para definir un modelo conceptual Hidrogeológico, Caso de Aplicación: Acuífero Costero del Municipio de Turbo. Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia, Escuela de Geociencias y Medio - Facultad de Minas, Medellín. Consultado el 01 de Agosto de 2017, de <http://www.bdigital.unal.edu.co/2407/>

<sup>23</sup> Las aguas congénitas o saladas, son un subproducto de la extracción de petróleo.

<sup>24</sup> Las aguas fósiles son aquellas que han permanecido en un acuífero subterráneo durante miles o millones de años.

82. El Cl<sup>-</sup> puede proceder también de la meteorización de rocas, aunque su aporte es pequeño, ya que es un elemento escaso en la corteza terrestre. Puede existir también aportes del ion cloruro a partir de rocas evaporitas<sup>25</sup> y por ciertos minerales asociados a rocas ígneas y metamórficas. Raramente puede provenir de gases y líquidos asociados a emanaciones volcánicas.
83. No precipita, no se oxida ni se reduce en aguas naturales, no es adsorbido significativamente, ni entra a formar parte de procesos bioquímicos, lo que le da un carácter de trazador<sup>26</sup> casi ideal.

**b. Sulfato (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>)**

84. El sulfato es otro anión principal en los cuerpos de agua superficial y se encuentra mayormente en el agua de mar. Procede del lavado de terrenos formados en ambiente marino, de la oxidación de sulfuros que se encuentran ampliamente distribuidos en rocas ígneas y sedimentarias, y de la descomposición de sustancias orgánicas.
85. La disolución de yeso (CaSO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O) y anhidrita (CaSO<sub>4</sub>) y otros tipos de sulfatos dispersos en el terreno, representan el aporte más significativo de este ion a las aguas subterráneas. El comportamiento del ion SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> tiende a formar iones complejos con Na<sup>+</sup> y Ca<sup>2+</sup> y a incorporarse a procesos biológicos.

**c. Bicarbonato y carbonato (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> y CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>)**

86. Proceden de la disolución de anhídrido carbónico (CO<sub>2</sub>) atmosférico o del suelo, de la respiración, de la descomposición de la materia orgánica, y de la disolución de calizas<sup>27</sup> y dolomías.<sup>28</sup>
87. En aguas subterráneas con valores inferior a 8,3 unidades de pH, la especie carbonatada predominante es el ion bicarbonato (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>), mientras que a pH > 8,3, el ion carbonato (CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>) se encuentra en concentraciones mayores que el bicarbonato.

**d. Nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)**

88. Los compuestos nitrogenados presentes en las aguas naturales están íntimamente relacionados con el ciclo del nitrógeno. Cuando se encuentra en forma oxidada constituye una importante fracción en los suelos y sustancias orgánicas (tejidos de animales o vegetales que lo extraen de la atmósfera para su metabolismo).
89. El ión nitrato forma sales muy solubles, por lo que son difícilmente precipitables. En las rocas, sólo se presenta como elemento minoritario.

<sup>25</sup> Las evaporitas son rocas formadas por la evaporación de aguas salinas, por lo que afectan a la calidad de las aguas con las que tienen contacto convirtiéndolas en salinas. Para que se formen el ritmo de evaporación ha de exceder a los aportes de agua. Están formadas principalmente por halitas, anhidritas y yeso.

<sup>26</sup> Un trazador es una sustancia que, al ser añadida al agua subterránea, puede ser identificada y medida con facilidad y que al mismo tiempo es capaz de moverse a la velocidad misma del agua. Estas pueden ser naturales o artificiales. (Potosí., 1996).

<sup>27</sup> Roca sedimentaria compuesta mayoritariamente por carbonato de calcio (CaCO<sub>3</sub>).

<sup>28</sup> Roca sedimentaria de carbonato cálcico y magnésico (dolomita - CaMg(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>), generalmente de origen químico.



*[Handwritten signature]*

*[Handwritten initials]*



PERÚ

Ministerio  
del AmbienteOrganismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental - OEFA

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

**e. Sodio ( $\text{Na}^+$ )**

90. Es liberado por la disolución de rocas sedimentarias de origen marino y depósitos evaporíticos, compuestos fundamentalmente por  $\text{NaCl}$  (halitas).
91. Las sales de  $\text{Na}^+$  son muy solubles y tienden a permanecer en solución, ya que no se producen entre ellas reacciones de precipitación, como ocurre en el caso del  $\text{Ca}^{2+}$ . Sin embargo, el  $\text{Na}^+$  puede ser adsorbido en arcillas de elevada capacidad de cambio catiónico (CIC) y puede ser intercambiado por  $\text{Ca}^{2+}$ , provocando una disminución de la dureza de las aguas (ablandamiento natural).

**f. Calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ )**

92. El calcio suele ser el catión principal en la mayoría de las aguas naturales, debido a su presencia en rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas.
93. En rocas ígneas aparece como constituyente esencial de los silicatos (plagioclasas). En rocas sedimentarias aparece fundamentalmente en forma de carbonato, es decir, como  $\text{CaCO}_3$  (calcita o aragonito) y  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  (dolomita); y en forma de sulfato, es decir, como  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (yeso) o  $\text{CaSO}_4$  (anhidrita). Puede provenir también de la disolución de cemento calcáreo y de la concentración de agua lluvia.
94. Forma sales de moderada a alta solubilidad y puede precipitar con facilidad como  $\text{CaCO}_3$  y su estabilidad en solución, depende del equilibrio  $\text{CO}_2\text{-HCO}_3^-\text{-CO}_3^{2-}$ .

**g. Potasio ( $\text{K}^+$ )**

95. Procede de la meteorización de feldspatos y silicatos (micas y arcillas), y ocasionalmente de la solubilización de depósitos de evaporitas. También procede, en menor medida, del aporte de agua de lluvia. Forma sales de solubilidad muy elevada que son difíciles de precipitar.
96. El potasio tiende a ser fijado irreversiblemente en procesos de formación de arcillas y de adsorción en las superficies de minerales con alta capacidad de intercambio iónico, por ello su concentración y contenidos en las rocas y en aguas subterráneas naturales es generalmente mucho menor que la del  $\text{Na}^+$ .

**h. Magnesio ( $\text{Mg}^{2+}$ )**

97. Es menos abundante que el  $\text{Ca}^{2+}$  en las aguas naturales, y proviene de la disolución de rocas carbonatadas (dolomías y calizas magnesianas), evaporitas y de la alteración de silicatos ferromagnesianos, así como de agua marina.
98. La solubilidad de la magnesita ( $\text{MgCO}_3$ ) en las aguas subterráneas es mayor que la de la calcita ( $\text{CaCO}_3$ ), ya que el  $\text{Mg}^{2+}$  es más soluble y más difícil de precipitar que el  $\text{Ca}^{2+}$ .
99. Los procesos de intercambio iónico influyen también en las concentraciones de  $\text{Mg}^{2+}$  en aguas subterráneas, donde es retenido con preferencia al  $\text{Ca}^{2+}$ , en suelos y rocas.

*[Handwritten signature]**[Handwritten initials]*



PERÚ

Ministerio  
del AmbienteInstituto de Evaluación y  
Calidad Ambiental - OEFA

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

### 8.1.3. Metaloides y metales pesados

#### a) Arsénico (As)

100. El arsénico es un metaloide que puede llegar al agua por vía natural, a través de la desorción y disolución de minerales durante la meteorización, las emisiones volcánicas a la atmósfera y los ascensos de fluidos magmáticos e hidrotermales asociadas a la cordillera de los Andes. Su dispersión secundaria se da a través de aguas superficiales, lo que ha sido el mecanismo dominante que ha llevado el arsénico hasta las costas del océano Pacífico y Atlántico (Fernández, 2005).
101. En relación a las fuentes hidrotermales, las altas concentraciones de arsénico han sido ampliamente reportadas en reservorios de la cordillera de los andes y su respectivo impacto en los cuerpos de agua superficial que reciben dichas aguas.
102. El comportamiento ambiental del arsénico está condicionado por el potencial redox y el pH del medio hídrico. De esta manera, en condiciones oxidantes, el arsénico está disuelto en forma de As (V) a pH neutro o que tienda a la basicidad ( $\text{pH} > 7$ ), siendo la especie predominante  $\text{HAsO}_4$  para  $\text{pH} < 6,9$  y  $\text{HASO}_4^{2-}$  para pH más elevado. Este ambiente geoquímico favorece también la existencia de especies disueltas de boro, mientras que el hierro y manganeso tienden a formar especies minerales en forma de óxidos.
103. Con las condiciones geoquímicas del agua superficial, el arsénico es transportado mayoritariamente en forma disuelta, mientras que las especies suspendidas se trasladan por la adsorción a óxidos minerales de hierro y manganeso que son arrastrados por el agua.
104. En cambio, en aguas subterráneas con condiciones reductoras, el pH suele estar cerca a la neutralidad y el arsénico se encuentra en su forma más tóxica, As (III), cuya especie dominante es el  $\text{H}_3\text{AsO}_3$  para  $\text{pH} < 9,2$ . En estas condiciones, los óxidos de hierro y manganeso tienden a disolverse.
105. En general, la forma química principal en la que aparece el arsénico es el As (V) bajo la forma de arseniato, siendo la relación con el As (III) muy variable, aunque casi siempre mayor a 1. Las formas orgánicas se encuentran en pequeñas concentraciones, y de ellas las formas metiladas, a semejanza de lo que ocurre con el mercurio, son las principales (Gasquez, 2005).
106. La movilidad de las especies de arsénico en los contextos geoquímicos indicados puede variar por competencia con otras especies existentes en el agua tales como el boro y fosfatos (elementos minoritarios o trazas), siendo más compleja la naturaleza química del arsénico al considerar aniones mayoritarios que compitan en las reacciones que se da en estos ambientes acuáticos como los bicarbonatos ( $\text{HCO}_3^-$ ) y sulfatos ( $\text{SO}_4^{2-}$ ).

#### b) Manganeso (Mn)

107. El manganeso es uno de los metales ampliamente distribuidos y abundantes en la naturaleza, presente en las rocas, el suelo y el agua, representando el 0,1% de la corteza terrestre (Annalisa, 2012). El manganeso no se encuentra como metal libre, sino que forma parte de más de 100 minerales que incluyen sulfuros, óxidos, carbonatos, silicatos, fosfatos y boratos (Howe, 2004).



d

j

H

1



PERÚ

Ministerio  
del AmbienteOrganismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental - OEFA

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

108. Las rocas y suelos son una fuente de manganeso, el cual puede disolverse en el agua superficial y subterránea o depositarse en los sedimentos, con el potencial subsecuente para la disolución (Nádaská, 2010).
109. La movilidad y biodisponibilidad biológica del manganeso no depende de su concentración total sino también de las formas fisicoquímicas en el que está presente, estando dichas formas regidas por el potencial redox y pH (Jablonska-Czapla, 2015).
110. En el ambiente acuático, el manganeso se encuentra en dos formas principales, Mn (II) y Mn (IV). La conversión de una forma a otra se produce mediante reacciones de oxidación y reducción, que pueden ser abióticas o mediadas por microorganismos (Annalisa, 2012).
111. El Mn (II) predomina en condiciones de pH y potencial redox más bajos, aumentando la proporción de oxihidróxidos de manganeso coloidal en aguas no distróficas con valores de pH superiores a 5,5.
112. Cabe resaltar que el Mn (II), en especies solubles, abarca el 91,3 % de todos los compuestos de manganeso en el agua. Entre esas especies se encuentran los carbonatos, sulfatos y otros aniones con el 4,46%, 2,96% y 0,3% respectivamente.
113. En el sedimento el manganeso se encuentra como Mn (IV) y se solubiliza en la columna del agua como Mn (II) normalmente en forma disuelta a pH ácido y potencial redox, con un incremento de las formas coloidales por encima de pH 5,5 en aguas no distróficas y precipitando en mayor concentración en forma de hidróxidos a mayores valores de pH.<sup>29</sup>
114. Generalmente, la concentración de manganeso es bajo en condiciones aeróbicas como los acuíferos poco profundos y las aguas superficiales, debido a que se encuentra en su forma oxidada estable, normalmente como MnO<sub>2</sub> (Mn IV) insoluble, tendiendo los compuestos de manganeso a sujetarse a partículas o establecerse como sedimentos, los cuales puede ser removidos en mayor fuerza por el incremento de los caudales en las épocas de mayores lluvias.
- c) Hierro (Fe)<sup>30</sup>**
115. La concentración de este elemento en el agua está controlada por procesos de equilibrio químico como oxidación-reducción (redox), precipitación y disolución de hidróxidos, carbonatos y sulfuros, formación de complejos con materia orgánica y también por la actividad metabólica de animales y plantas.
116. La solubilidad del hierro en el agua es favorecida en condiciones ácidas y reductivas a baja concentración de oxígeno, en donde prevalece los compuestos solubles de Fe<sup>+2</sup> (ion ferroso), excepto el sulfuro ferroso (FeS). En aguas

<sup>29</sup> Medios acuáticos asociados a lugares pantanosos, normalmente turbosos, en los que la descomposición de la materia orgánica está enlentecida. Disponible en: [http://www.mapama.gob.es/es/biodiversidad/temas/espacios-protegidos/3160\\_tcm7-24239.pdf](http://www.mapama.gob.es/es/biodiversidad/temas/espacios-protegidos/3160_tcm7-24239.pdf), publicado en diciembre de 2006 y revisado el 01 de agosto de 2017.

<sup>30</sup> Juan Camilo Gómez Rave. (2009). Geología, Geofísica, Hidrogeoquímica e Isotopos, como herramienta para definir un modelo conceptual Hidrogeológico, Caso de Aplicación: Acuífero Costero del Municipio de Turbo. Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia, Escuela de Geociencias y Medio - Facultad de Minas, Medellín. Recuperado el 01 de Agosto de 2017, de <http://www.bdigital.unal.edu.co/2407/>



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Organismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental - OEFA

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

subterráneas suele encontrarse en forma de  $Fe^{+2}$ , aunque puede estar como  $Fe^{+3}$  (ion férrico) e hidróxidos de hierro en función del pH, oxígeno disuelto y aniones.

**d) Aluminio (Al) <sup>31</sup>**

117. Las concentraciones de aluminio disuelto en aguas naturales son bajas, excepto en aguas de bajo y alto pH o aguas con altas concentraciones de compuestos orgánicos, en las cuales el aluminio del suelo llega a ser más soluble.
118. Las aguas superficiales naturalmente acidificadas con un pH < 4, que incluyen lagos pantanosos, drenaje volcánico, vertientes termales y salinas, y aguas subterráneas ácidas, pueden contener concentraciones de aluminio disuelto. En cambio, en aguas casi neutras, el aluminio se presenta en forma suspendida en compuestos que contienen aluminosilicatos o aluminio absorbido orgánicamente.

**e) Plomo (Pb)**

119. El plomo es un elemento que se le puede encontrar en una variedad de medios ya sea en el aire, suelo, plantas, animales y el agua, sin embargo es el suelo quien contiene la mayor cantidad de este metal, el cual es liberado a los cuerpos de agua mediante la acción erosiva que sufre el manto y las rocas contenedoras; la capacidad de dispersión que tiene el recurso hídrico sobre este metal hace que las concentraciones promedio rondan desde los 0,001 mg/L hasta los 0,01 mg/L, valores que están muy por debajo de la norma establecida por la Organización Mundial de la Salud, la cual indica 0,1 mg/L (Albert, 2012).
120. Los problemas asociados al plomo en cuanto a la calidad de agua de consumo humano están relacionados fundamentalmente con el tiempo de retención y el medio de distribución del líquido, en esencia aquellas tuberías que están elaboradas con plomo (López, 2013), las cuales liberan partículas que pueden elevar las concentraciones hasta los 10,0 mg/L (Vargas, 2004). Para poder reducir la presencia de este metal es recomendable colocar filtros de carbono activado en los sistemas de depuración, ya que estos absorben el plomo y su implementación es de bajo costo (Upadhyayula, 2009).

**f) Cobre (Cu)**

121. La presencia de Cobre en las aguas es un buen indicador, ya que este elemento unido al cloro, permiten la desinfección de las aguas, pues tiene la capacidad de ingresar por las paredes celulares e inhibir el funcionamiento de los microorganismo (Rajagopal, 2012), la concentración deseable de Cobre en las aguas naturales es de 31,85  $\mu\text{mol/L}$ , no obstante la Organización Mundial de la Salud permite concentraciones hasta 828,03  $\mu\text{mol/L}$ , sin que estas lleguen a afectar la salud humana (Arakeri, 2013), al igual que el plomo la afectación a la calidad de agua de consumo humano, se debe a que las tuberías de plomo también contienen trazas de Cobre el cual es liberado al agua y con ello puede ocasionar afectaciones a la salud (Vargas, 2004).



*[Handwritten signature]*

*[Handwritten initials]*

<sup>31</sup> Sancha, A. M. (2005). *Criterios de Calidad de Aguas o Efluentes Tratados Para Uso en Riego*. Universidad de Chile, División de Recursos Hídricos y Medio Ambiente. Recuperado el 01 de Agosto de 2017, de [http://biblioteca-digital.sag.gob.cl/documentos/medio\\_ambiente/criterios\\_calidad\\_suelos\\_aguas\\_agricolas/pdf\\_aguas/informe\\_final.pdf](http://biblioteca-digital.sag.gob.cl/documentos/medio_ambiente/criterios_calidad_suelos_aguas_agricolas/pdf_aguas/informe_final.pdf).

#### 8.1.4. Evaluación hidroquímica

122. Para realizar la evaluación hidroquímica se ha tenido en cuenta el error de balance iónico, diagrama de Piper, diagrama de Stiff, diagrama de Schöeller – Berkaloff y las relaciones iónicas o diagramas binarios. Se consideró el uso de gráficos bivariados y ternarios. Éstos se realizaron utilizando el programa Diagrammes 6.51 (Roland SIMLER Laboratoire d'Hydrogéologie d'Avignon).

##### a) Error de Balance Iónico (EBI)

123. El balance iónico es la verificación de la suma de mili-equivalentes (meq) de aniones ( $\Sigma an$ ) es aproximadamente igual a la suma de mili-equivalentes de cationes ( $\Sigma cat$ ).<sup>32</sup> Antes de realizar una evaluación hidroquímica se realiza el análisis mediante el cálculo del EBI para verificar la consistencia de los mismos.

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

$$\text{Error de Balance Iónico (E.B.I.)} = 100 \frac{\Sigma cat - \Sigma an}{\Sigma cat + \Sigma an} \% \quad (8.2)$$

125. Aunque el EBI es un valor en porcentaje, la ecuación (8.2) incorpora un signo para mostrar la predominancia de cargas de cationes (signo positivo) o de aniones (signo negativo). Se considera aceptable un EBI entre -10 y +10 % para aguas dulces. Dicho rango de EBI fue considerado en todos los tipos de agua en los estudios realizados (Mergesa, 2015). No obstante, un EBI del 2 % es inevitable en casi todos los laboratorios, por lo que se debe aceptar un error mayor; no obstante, si el EBI es mayor a 5 %, deberán revisarse los procedimientos, análisis y el muestreo.<sup>33</sup>

126. Algunas muestras presentan valores de EBI fuera del rango óptimo de  $\pm 10$  %, con valores demasiado negativos ( $\ll -10$  %). Esto se da en la mayoría de los casos en muestras ácidas con altas concentraciones de metales, resultando un EBI negativo si no se toma en cuenta sobre todo el aluminio (Al) y hierro (Fe).

127. La acidez y la asociada disolución de metales es normalmente causada por rápida e intensa oxidación de piritas ( $FeS_2$ ) y otros sulfuros en los acuíferos, tras intrusión de oxidantes como  $O_2$ , y concomitante aumento del potencial redox en un ambiente previamente reductor de  $SO_4^{2-}$  (potencial redox Eh  $\ll 160$  mV). Asimismo, dos errores importantes en el cálculo del balance de carga aparecen para agua de bajo pH. Un error es por omisión de la concentración de  $H^+$  y el otro tiene que ver con omitir la especiación<sup>34</sup>.

128. El EBI con valores positivos no son afectados por los metales en el balance iónico, siendo una de las causas más frecuentes de un EBI demasiado positivo es la

<sup>32</sup> Información extraída de <http://gidahatari.com/ih-es/factores-que-influencian-el-balance-ionico>

<sup>33</sup> El EBI de 5 % fue usado en los estudios de aguas subterráneas realizados por Shubra Singh, 2015 y K. Srinivasamoorthy, 2014, entre otros.

<sup>34</sup> <http://gidahatari.com/ih-es/factores-que-influencian-el-balance-ionico>



P  
9

K  
J  
H  
J

subestimación de  $\text{HCO}_3^-$ , o en algunos casos la no consideración de aniones durante los análisis, como los fluoruros, bromuros u otros.

129. Otra causa frecuente de un EBI fuera del rango óptimo de  $\pm 10\%$  son fortalezas iónicas bajas, debido a bajas concentraciones de analitos, cerca o bajo el límite de detección, donde se magnifican pequeños errores y así aumentan los errores porcentuales.

### b) Diagrama de Piper

130. El concepto de diagrama de Piper fue introducido por Arthur M. Piper en 1944 para el estudio de las propiedades hidrogeológicas (Chong, 2016). Se trata de una herramienta útil para el estudio de la evolución química del agua subterránea y superficial<sup>35</sup> y es usado en los siguientes análisis: i) tipo de agua; ii) precipitación o disolución de minerales; iii) mezcla de aguas; iv) intercambio iónico e v) identificación de las reacciones químicas más comunes, que cambian la composición de los iones principales (relación agua-roca).<sup>36</sup>
131. Este diagrama trilinear consiste en dos triángulos equiláteros (gráficos ternarios) que muestran los porcentajes de las concentraciones en mili-equivalentes (meq/L) de los principales cationes que son Ca, Mg, Na + K (triángulo de la izquierda), y los aniones  $\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  y Cl<sup>-</sup> (triángulo de la derecha), como se muestra en la Figura 8-2

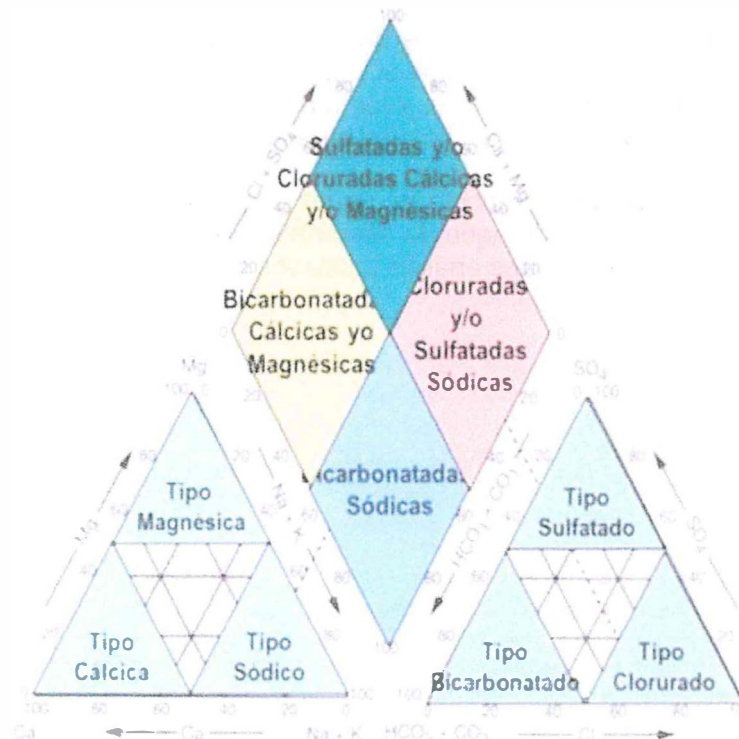


Figura 8-2. Diagrama de Piper  
Fuente: Soto, 2013

<sup>35</sup> El EBI de los cationes y aniones en meq/L del agua a evaluar deben estar en el rango óptimo de  $\pm 10\%$ .

<sup>36</sup> Soto, P. (2013). Diplomado Virtual de Hidrología Subterránea del Centro de Capacitación Minera - CECAMIN. IX. Tratamiento de Dats Químicos I. Lima, Perú.



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Directorio de Evaluación y  
Control Ambiental - OEA

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

132. Los puntos en cada triángulo se unen mediante líneas paralelas en dirección a un rombo ubicado por encima y en medio de los triángulos. Este rombo define cuatro facies (otros autores indican más facies) en función de la composición de los aniones y cationes, formando a menudo los antecedentes para una terminología descriptiva de la composición química del agua (Appelo *et al.* 2005).
133. El triángulo de los cationes (lado izquierdo), formado por una zona mixta entre los tres tipos de agua, cálcico, sódico y magnésico, aumenta los porcentajes en el sentido de las agujas del reloj, mientras que el triángulo de los aniones (lado derecho), formada por una zona mixta entre los tres tipos de agua, bicarbonatado, clorurado y sulfatado, en sentido contrario.
134. Los lados del rombo, ubicado en la parte superior del diagrama de Piper, indica en cada uno de sus lados a los cationes: Ca + Mg y Na + K y aniones: Cl<sup>-</sup> + SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> y HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> + CO<sub>3</sub><sup>2-</sup><sup>37</sup>, cuyos porcentajes se incrementan en dirección al vértice de la línea vertical (vértice superior: Ca + Mg y Cl<sup>-</sup> + SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> y vértice inferior: Na + K y HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> + CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>).
135. De esta manera, el diagrama piper puede indicar cuatro facies: bicarbonatadas sódicas; bicarbonatadas cálcicas y/o magnésicas; sulfatadas y o cloruradas cálcicas y/o magnésicas y; cloruradas y/o sulfatadas sódicas.

### c) Diagrama de Stiff

136. El diagrama de Stiff consiste de tres líneas horizontales<sup>38</sup> y muestra los iones mayoritarios en el agua. En el mismo los cationes están ubicados en el lado izquierdo (Ca, Mg, Na + K), y los aniones en el lado derecho (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> + CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> + NO<sub>3</sub><sup>-</sup> y Cl<sup>-</sup>), tal como se muestra en la Figura 8-4.
137. Estos triángulos diferencian las aguas según sus composiciones y así distinguen los diversos tipos de agua de diferentes unidades geológicas e hidrológicas (ver Figura 8-3), entre otros análisis indicados anteriormente.



P  
D  
K  
8  
H  
1

<sup>37</sup> Las concentraciones de los cationes CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> no tuvieron influencia significativa en los cuerpos de agua superficial y subterránea en el presente estudio.

<sup>38</sup> Una cuarta línea es opcional que pueden cambiar dependiendo del estudio (Appelo C.A.L, Postma D., 2005). Esta línea comúnmente está formada por hierro (Fe) y nitratos (NO<sub>3</sub>) separado de sulfatos (SO<sub>4</sub>).

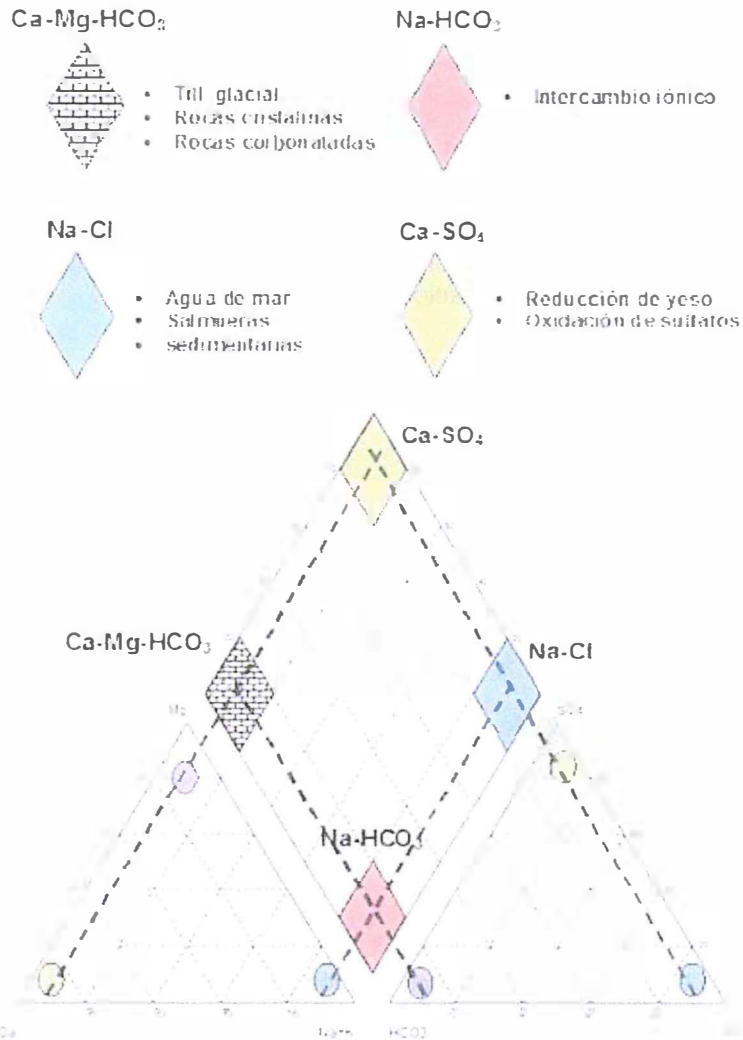


Figura 8-3. Ejemplos de tipos de agua  
Fuente: Villegas, 2011

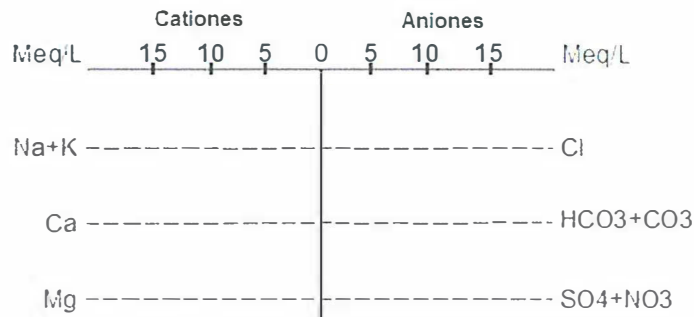


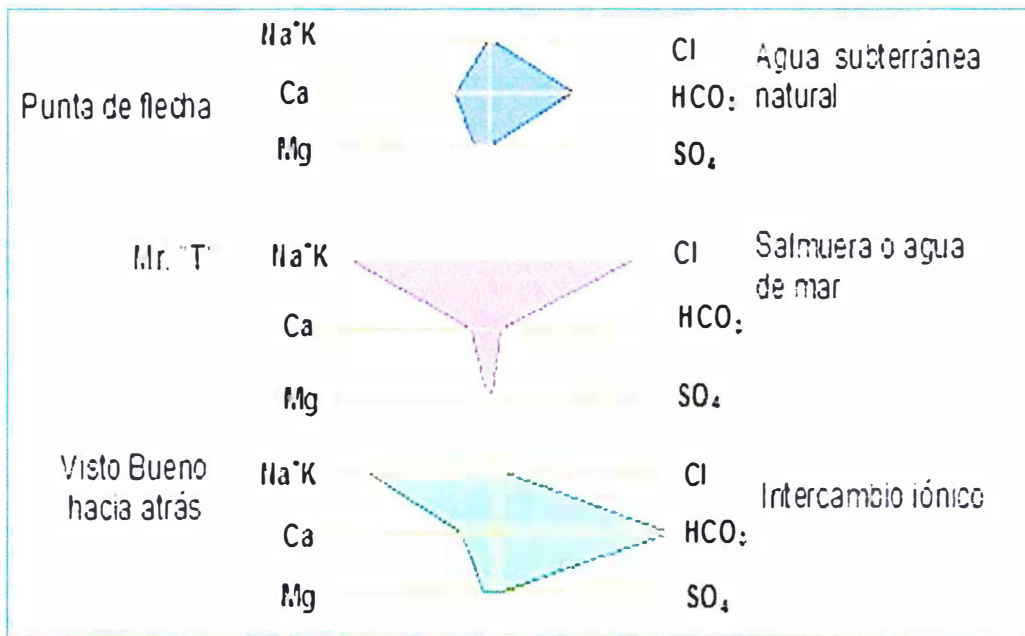
Figura 8-4. Diagrama de Stiff  
Fuente: Simler, 2017



*[Handwritten signature]*

*[Handwritten initials: k, j, H, 1]*

138. En la primera se ubican los iones  $\text{Na}^+\text{K}$  (izquierda) y  $\text{Cl}^-$  (derecha), reflejando la influencia de  $\text{NaCl}$ , que se encuentra principalmente en el agua de mar o el agua subterránea. En la segunda línea se encuentran el  $\text{Ca}$  (izquierda) y  $\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}$  (derecha), lo que está destinado a mostrar la disolución de  $\text{CaCO}_3$ . La tercera línea muestra el  $\text{Mg}$  (izquierda) y  $\text{SO}_4^{2-} + \text{NO}_3^-$  (derecha) presentando el resto de mayores componentes en la mayoría de las aguas.
139. Cuando los valores de cada eje son conectados por líneas, emerge una figura geométrica para cada composición específica de agua. Cuando mayor el área del polígono, mayor la concentración del ion (ver Figura 8-5).



**Figura 8-5.** Diagrama de Stiff en relación a la mineralización  
Fuente: Villegas, 2011.

140. Los diagramas de Stiff pueden presentarse como numerosos polígonos pequeños distribuidos por coordenadas sobre un mapa conocido como "mapa hidroquímico", para dar una idea visual sobre la distribución de los diferentes tipos de agua.

**d) Diagrama de Schöeller - Berkaloff**

141. Este diagrama contiene columnas verticales paralelas, espaciadas y divididas en escala logarítmicas. A cada columna están asociados los cationes  $\text{Ca}$  y  $\text{Mg}$ , los aniones  $\text{SO}_4^{2-}$  y  $\text{NO}_3^-$ , y las sumas de los cationes y aniones  $\text{Na} + \text{K}$  y  $\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}$ , expresada en  $\text{mg/L}$ ; mientras las dos columnas de los extremos se miden en  $\text{meq/L}$  (ver Figura 8-6).
142. La utilidad de este diagrama es que permite ver la evolución temporal de los iones mayoritarios del agua en una misma línea de flujo que es formada por la unión de los puntos obtenido de cada columna. La Figura 8-7 muestra un ejemplo de un diagrama de Schöeller – Berkaloff.



P  
Q  
k  
j  
H  
i

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

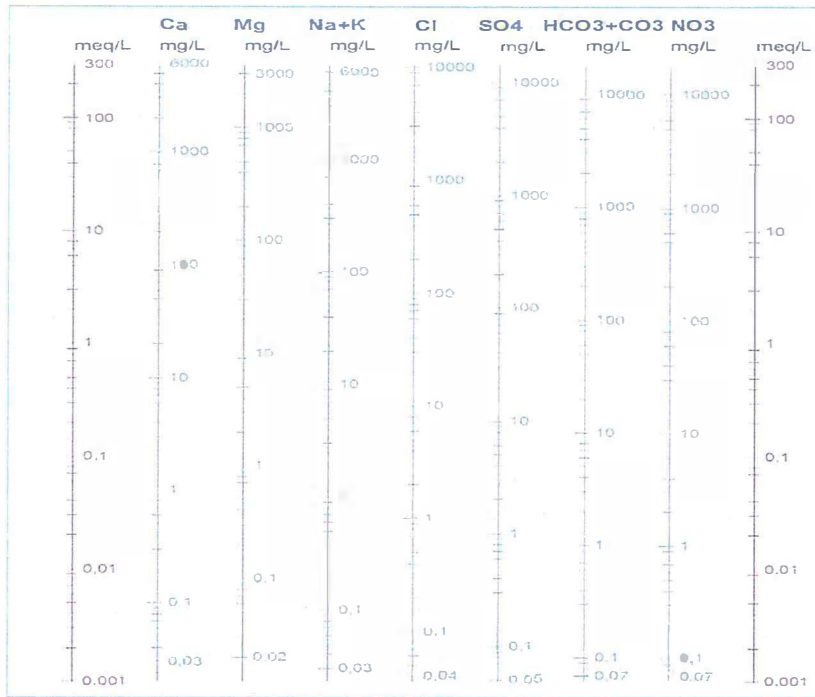


Figura 8-6. Diagrama de Schöeller – Berkaloff  
Fuente: Simler, 2017.

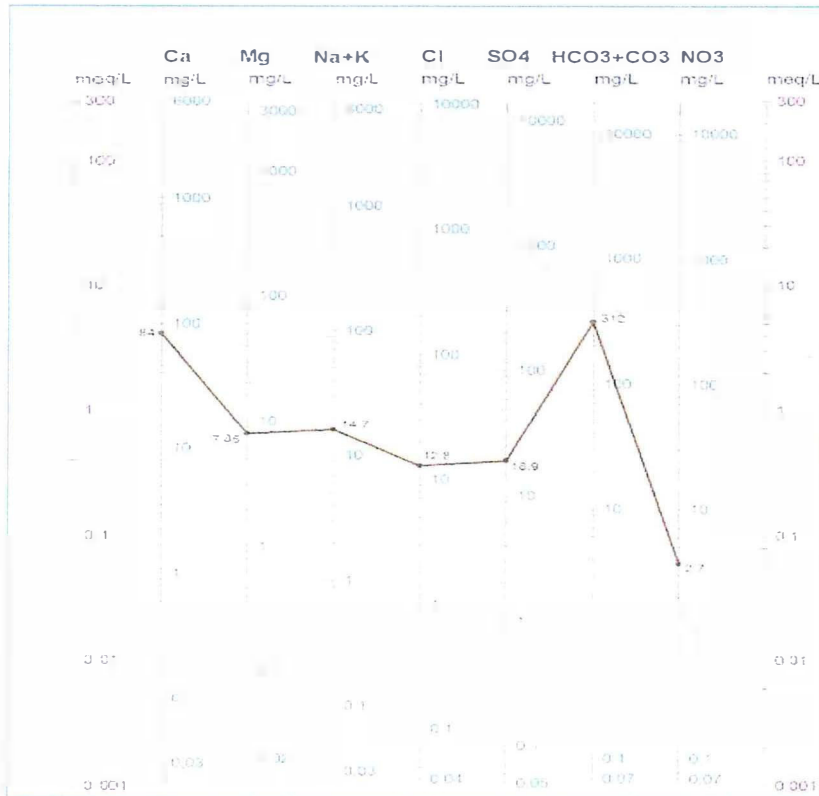


Figura 8-7. Diagrama de Schöeller – Berkaloff para una muestra de agua  
Fuente: Villegas, 2011.



*[Handwritten signature]*  
*[Handwritten initials]*  
K  
J  
H  
I



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Organismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental - OEFA

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

### e) Relaciones iónicas o diagramas binarios

143. Las relaciones iónicas completan la caracterización hidrogeoquímica, pudiéndose representar en una gráfica de dos ejes que permite la visualización de la variación de un catión o anión con respecto a otro catión o anión.
144. Las relaciones principales se realizan entre los iones Ca, Na, K, Mg, Sr, B,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  y  $\text{Cl}^-$ , cuyas concentraciones son expresadas en meq/L o mg/L. Asimismo, las relaciones también pueden darse entre la suma o división de iones como por ejemplo  $\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-}$  vs  $\text{Na} + \text{K}$ , o en otras unidades como se da para el diagrama de Wilcox, que representa la conductividad ( $\mu\text{S}/\text{cm}$  o  $\text{mS}/\text{cm}$ ) vs porcentaje (%) de Na.
145. En conjunto, estos gráficos permiten visualizar los efectos de interacción agua roca, mezcla de diferentes tipos de agua (agua dulce - agua de mar), los efectos de interacción agua - roca que dominan la composición química de las aguas subterráneas más que las superficiales (ver Figura 8-8).
146. Por otro lado, los diagramas binarios también analizan la relación de las concentraciones de otros parámetros ambientales, entre los cuales se menciona la relación de los cationes metálicos o aniones con los sólidos disueltos totales (SDT) como los diagramas de variación de Gibbs, los metales suspendidos con los sólidos suspendidos totales (SST), sólidos disueltos totales (SDT) con la conductividad, entre otros.

### 8.2. Sedimento

147. El sedimento es todo tipo de partículas que provienen de procesos naturales y/o antrópicos, y que se acumulan en el fondo de un cuerpo de agua siendo de gran valor para el estudio de los ecosistemas acuáticos. En estas sustancias se acumulan compuestos orgánicos persistentes, nutrientes, patógenos y metales pesados<sup>39</sup>, entre otros, siendo estos últimos los más estudiados.
148. Seguidamente se presentan algunos de los parámetros que se utilizarán para realizar el análisis de la información de calidad de agua y sedimentos, recogida durante la etapa de campo del presente monitoreo.



P  
Q  
K  
Z  
H  
1

<sup>39</sup> El término metal pesado se refiere a cualquier elemento químico metálico que tenga una relativa alta densidad y sea tóxico o venenoso en concentraciones incluso muy bajas. Los ejemplos de metales pesados o algunos metaloides, incluyen el mercurio (Hg), cadmio (Cd), arsénico (As), cromo (Cr), talio (Tl) y plomo (Pb), entre otros (Lucho *et al.*, 2005a). Los metales pesados son peligrosos porque tienden a bioacumularse en organismos vivos.

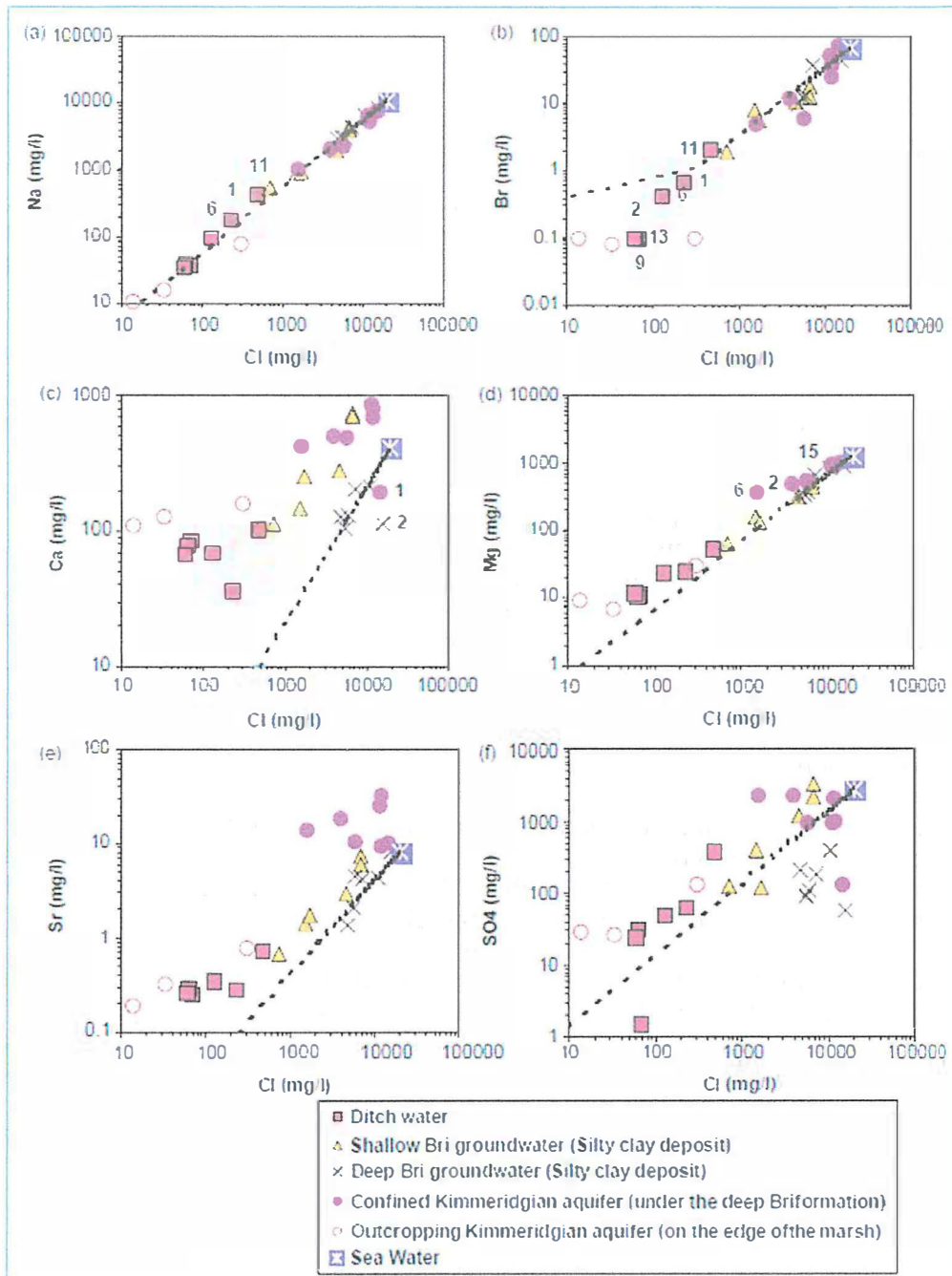


Figura 8-8. Casos de relaciones iónicas  
Fuente: Ladouche B., 2005.

### 8.2.1. Métodos estadísticos simples

149. Para el análisis estadístico simple, se utilizó un análisis estadístico descriptivo (media, mediana, desviación estándar, máximo y mínimo), para explicar en forma general la distribución, rango y comportamiento de los datos analizados.



P  
S  
K  
J  
H  
1



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Organismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental - OEFA

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

### 8.2.2. Pretratamiento y análisis multivariado

150. El análisis multivariado es un conjunto de métodos estadísticos que sirven para analizar simultáneamente conjuntos de datos multivariantes, es decir, cuando hay varias variables medidas para cada objeto estudiado.
151. Para realizar un análisis estadístico efectivo, primero se procedió a la selección de las variables a trabajar. Esto se logró en primera instancia corrigiendo los parámetros "censurados", es decir, aquéllos con valores menores o iguales al límite de detección.
152. Estos datos producidos de las evaluaciones ambientales pueden estar por debajo del límite de cuantificación. Estos datos desconocidos son generalmente descritos como no detectables más que valores ceros o ausentes y se encuentran entre el valor límite y cero.<sup>40</sup>
153. La condición más importante para llevar a cabo el pretratamiento de datos es que la matriz de datos obtenida sea completa, debido a que una matriz incompleta de datos produce resultados inconclusos o erróneos; siendo necesario eliminar o rellenar los espacios vacíos de algún modo (Ramis Ramos G., 2001).
154. De esa manera, se escogió aquellos metales cuyas concentraciones no detectables (debajo del límite de cuantificación) fueran menores al 15 % del total de puntos de muestreo; de acuerdo el método establecido por la Agencia de Protección Ambiental (EPA, 2006).
155. Seguidamente, para cada uno de los metales considerados se consideró la mitad de los valores del límite de cuantificación, tal y como fue considerado en el estudio de investigación por Biljana D. Skrbic, 2010 y por el método estadístico establecido por la Agencia de Protección Ambiental (EPA, 2006).
156. Las técnicas estadísticas multivariadas utilizadas en este estudio fueron el Análisis de Clusters (Q-mode). El método de análisis de clusters es una gran herramienta para analizar la química de las aguas. Consiste en agrupar las muestras en conglomerados de similares características y así poder establecer con éstos una coherencia espacial dentro de la zona de estudio. En relación a Q-mode, esta técnica forma los clusters según la variación entre las muestras, a diferencia de R-mode que lo hace según las fuentes de variación en un set de parámetros (Thyne *et al.*, 2004).
157. En este estudio se utilizó el software Minitab 17 (Minitab Inc.). Se utilizó una combinación del método de vinculación Ward y de distancia Euclidiana, ya que se ha comprobado que la utilización de éstos en conjunto produce clusters más distintivos. En relación a la estandarización de los datos, que centra los valores alrededor de media de cero y escalas de variabilidad de cada parámetro a un similar rango, se calculan automáticamente durante el análisis estadístico en Minitab 17 (Albrecht, 2007).



*[Handwritten signature]*

*[Handwritten initials]*

<sup>40</sup> EPA. (2006). *Data Quality Assessment: Statistical Methods for Practitioners*. Environmental Protection Agency (EPA), Office of Environmental Information, Whashington.

158. Respecto a la elección del número de clusters, esto es subjetivo. Según Thyne (2004), el número óptimo de clusters dependerá del investigador y/o del estudio en cuestión. Este criterio arbitrario requiere de una buena comprensión respecto al área de estudio y la agrupación de las variables, y a su vez lograr establecer la cantidad de grupos y subgrupos, considerando las características del sistema en cuestión.
159. En esta evaluación se utilizó dos criterios, el arbitrario y otro estadístico. En primer lugar, se utilizó un criterio estadístico, en este caso el de Sneath:  $2/3 D_{\text{máx}}$ , siendo  $D_{\text{máx}}$  la distancia máxima de separación, para definir los grupos principales. Posteriormente se usó un criterio arbitrario, para definir los subgrupos de forma tal de definir grupos menores y analizar la coherencia (significado) espacial de su distribución.
160. El Análisis de Componentes Principales es una técnica analítica multivariada que consiste en reducir la variabilidad de un set de datos en menos variables que estén compuestas por combinaciones lineales de las variables originales, y además serán independientes entre sí (Albrecht, 2007). En este análisis, pocos factores explicarían gran parte de la variabilidad total.
161. El número total de componentes o factores generados indica el número total de posibles fuentes de variación en los datos. Los componentes son clasificados en orden de mérito. Así, el primer componente que tenga valor propio (eigenvalue) más alto, representa la más importante fuente de variación de los datos. El último factor es el proceso menos importante que contribuye a la variación química (Yidana *et al.*, 2008).
162. Para este análisis, al igual que en el análisis de clusters, se utilizó el programa Minitab 17. La determinación de los componentes se realizó utilizando el criterio de Kaiser, el que establece que serán retenidos aquellos componentes principales con valores propios (o eigenvalue) mayores o igual a la unidad.
163. En el presente estudio, una matriz de datos correspondientes a los diferentes metales (variables) y puntos de muestreo (observaciones) de sedimentos, será sujeto al análisis multivariado para extraer la información de los puntos de muestreo con similares concentraciones, identificando por tanto patrones.



*[Handwritten signature]*

### 8.3. Comunidades hidrobiológicas

164. Las comunidades hidrobiológicas se encuentran tanto en ambientes lénticos (lagos, lagunas, embalse, estanques, etc.) como lóticos (ríos, quebradas y arroyos), y están conformadas por diversos organismos relacionados entre sí y con el ecosistema acuático. Todas se caracterizan por su compleja composición, su organización biótica y su estrecha relación con el medio físico acuático del cual son dependientes. Según sus roles en el ecosistema, estas comunidades son clasificadas como productores primarios (microalgas, algas filamentosas), consumidores primarios, secundarios y terciarios (zooplancton, zoobentos y peces) y descomponedores (bacterias, hongos y algunos organismos del zoobentos) (UNMSM-MHN & MINAM, 2014). Estas comunidades hidrobiológicas son definidas a continuación:

*[Handwritten list of letters: K, J, H, 1]*



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Organismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental - OEFA

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

#### a. Perifiton

165. Se caracteriza por ser una comunidad acuática que crece sobre las piedras, ramas y otras superficies sumergidas. Estos organismos pueden ser bacterias (filamentosas o films), protozoos, rotíferos, algas y otros microorganismos de vida libre que nadan, se deslizan o se fijan entre las superficies sumergidas (Wetzel, 2001). En los análisis de esta comunidad se consideran los grupos de microalgas y microorganismos de vida libre. Debido a que se adhiere al sustrato, se puede integrar de forma física y química a las perturbaciones de la corriente y de los nutrientes, por ello será considerado en las evaluaciones de ambientes lóticos.

#### b. Macroinvertebrados bentónicos

166. Están constituidos por organismos que habitan en el fondo u orillas de los ecosistemas acuáticos, formando parte de esta comunidad diversos invertebrados (insectos, larvas, crustáceos y gusanos) que viven asociados sustratos de los diferentes ambientes acuáticos (Roldan, 2008).

#### c. Necton (peces)

167. Se refiere a los organismos que poseen movimiento propio y voluntario para desplazarse en la columna de agua, siendo los más representativos y de importancia ecológica, los peces. La ictiofauna de aguas continentales de América del Sur es la de mayor diversidad comparada con otros continentes. Dicha diversidad está asociada a los diferentes hábitats que originan áreas de endemismo para los peces. En el Perú, la diversidad ictiológica es elevada, representada por más de 60 familias y 1 064 especies (Ortega *et al.*, 2012).

168. Por medio de diferentes investigaciones se encontró que los organismos indicadores de la calidad del agua determinan los efectos de los impactos en el ecosistema acuático a través de un tiempo más prolongado. La información biológica generada, a partir de los también llamados bioindicadores, no reemplaza los análisis fisicoquímicos, pero sí reduce costos, por lo que estos estudios son importantes en el muestreo de la calidad del agua (Chapman, 1996).

#### 8.4. Suelo

169. R. Honorato (2000), menciona que un suelo es un cuerpo natural, tridimensional, trifásico (fase sólida, líquida y gaseosa) que ocupa un lugar en el espacio, con características únicas, producto de la transformación del material original o parental; que, a través de procesos destructivos y de síntesis provocada por una determinada combinación de factores ambientales se expresan en un perfil con horizontes y estratos.

170. El Semarnat (2007), indica que el suelo desde el punto de vista ambiental, es un recurso natural escaso, no renovable en escalas de tiempo humano (renovación y formación muy lenta), y que sostiene la producción primaria mundial; es parte de los procesos ecosistémicos, debido a las funciones y servicios que realiza tales como la regulación y la distribución del flujo de agua o como amortiguador de los efectos de diversos contaminantes.



P  
Q  
K  
J  
H  
I

171. El Minam (2017)<sup>41</sup>, en sus documentos de gestión de suelos, lo define como: "...material no consolidado compuesto por partículas inorgánicas, materia orgánica, agua, aire y organismos, que comprende desde la capa superior de la superficie terrestre hasta diferentes niveles de profundidad...". Además, también define, que desde el punto de vista agrícola es: "...Suelo dedicado a la producción de cultivos, forrajes y pastos cultivados. Es también aquel suelo con aptitud para el crecimiento de cultivos y el desarrollo de la ganadería. Esto incluye tierras clasificadas como agrícolas, que mantienen un hábitat para especies permanentes y transitorias, además de flora y fauna nativa, como es el caso de las áreas naturales protegidas...".
172. Por otro lado, los suelos tienen algunas propiedades físicas muy importantes tales como la textura, el color, la estructura, el peso, la porosidad, el drenaje y la profundidad, las cuales de acuerdo con su variación le confieren características propias.

#### 8.4.1. Nivel de fondo y valor de referencia

173. Según Ramos (2002), no existe un criterio común universalmente aceptado para la definición de los niveles de fondo. Sin embargo, diferentes autores como Chen *et al.* (1999), definen al nivel de fondo como el rango de concentración alrededor de la media en suelos no contaminados. Asimismo, el Model Toxics Control Act (MTCA, Ch. 173-340-200 WAC), lo define como la concentración de sustancias peligrosas, presentes de forma sistemática en el medio natural que no han sido influenciadas por actividades humanas localizadas.
174. En ese mismo sentido, de Miguel *et al.* (2002) manifiesta, que los valores de fondo caracterizan la situación real de los suelos naturales de una región en el momento de su estudio. En consecuencia, dichos valores de fondo describen la distribución de valores de concentración de los diferentes elementos químicos, en los suelos de una región no afectada por actividades antrópicas.
175. Miguel *et al.* (2002) denominan al valor de referencia como aquel que su superación por unidad muestral de la población actual caracterizada sea poco probable y que, por tanto, si no ha habido modificaciones de las condiciones de muestreo, sea también poco probable su superación por unidad muestral obtenida posteriormente.
176. A efectos del presente informe se consideró como valor de referencia la cota superior del percentil 95 % con un 95 % de nivel de confianza; en otras palabras, representa el valor por debajo del cual se encuentra el 95% de los datos de la población con un 95% de nivel de confianza (USEPA, 2013).
177. Bajo esta definición, es que se tiene la expresión de la cota superior del percentil p-ésimo, el cual permite definir los valores de referencia. Asimismo, cabe resaltar que la expresión de esta cota dependerá del tipo de distribución a la que se ajusta el conjunto de datos. Así se tiene que para una distribución normal la expresión es la siguiente:

$$C_p = \bar{x} + K_{(n,\alpha,p)} * s \quad (8.7)$$

<sup>41</sup> Minam - Ministerio del Ambiente, publica el Decreto Supremo 011-2017-MINAM, donde se aprueba los Estándares de Calidad Ambiental para Suelo, donde define los términos referentes al término suelo.

Donde:

- $C_p$  : Cota superior del percentil p-ésimo.
- $\bar{x}$  : Media aritmética de la muestra de n datos.
- S : Desviación estándar de la muestra de n datos.
- $K_{(n,\alpha,p)}$  : Factor de tolerancia para la determinación de la cota superior del percentil p-ésimo, a partir de una muestra de n datos, con un nivel de confianza de  $1-\alpha$ , basada en la distribución t-Student (Hahn y Meeker, 1991)

178. Por otro lado, cuando el conjunto de datos se ajusta a una distribución log normal, la expresión para determinar la cota superior del percentil 95 % es la siguiente (EPA, 2013):

$$C_p = \exp(\bar{y} + K_{(n,\alpha,p)} * s_y) \tag{8.8}$$

Donde:

- $\bar{y}$  : Media aritmética de los datos transformados logarítmicamente
- $s_y$  : Desviación estándar de n datos transformados logarítmicamente.

### 8.4.2. Geología



179. La presente descripción geológica del área de estudio del proyecto Corani, fue realizado en base a las cartas geológicas de Corani (hoja 28-u) y Nuñoa (hoja 29-u) a escala 1:100 000 (Ingemmet, 2003).

180. La revisión de las cartas nacionales mencionadas en el párrafo anterior, se encontró que el proyecto Corani y su área de influencia se encuentran dentro de 13 unidades geológicas, las cuales se describen en la Tabla 8-1, desde la unidad más antigua hasta la más reciente.

Tabla 8-1. Unidades geológicas identificadas

Unidades geológicas	Símbolo	Características principales
Grupo Mitu	Ps-m	Areniscas rojizas
Formación Huancané	Ki-hu	Lodolitas y areniscas
Grupo Moho	Kis-mo	Areniscas cuarzosas y limoarcillitas
Formación Hanchipacha	Ks-ha	Areniscas, limoarcillitas y areniscas cuarzosas y acósicas
Formación Quenamari, miembro Chacaconiza	Nm-ch	Piroclástico de composición riolítica, depósito de Lapili y tobas con litoclastos
Formación Quenamari, miembro Sapanuta	Nm-sa	Piroclásticos de composición riolítica y textura cristaloclástica
Formación Quenamari, miembro Yanapamayo	Np-ya	Piroclásticos de composición riolítica
Depósitos glaciares	Q-gl	Gravas subredondeadas en matriz limoarcillosa y arenosa

P  
D  
K  
H  
1



Unidades geológicas	Símbolo	Características principales
Depósitos aluviales	Q-al	Gravas redondeadas en matriz arenosa
Depósitos de remoción de masas	Q-rm	Gravas redepositadas por actividad geodinámica externa
Depósitos coluviales	Q-co	Material originado por la acción de la gravedad
Roca subvolcánica riolítica	Nm-ri	Plutonita de composición
Roca subvolcánica dacítica	Nm-da	Plutonita de composición dacítica

Fuente: EIA proyecto Corani, 2012.

181. En esta zona se tiene como mineral primario a la pechblenda, acompañada por minerales secundarios como la autunita, metaautunita, gummita, fosfuranita y renardita; con pirita, calcopirita y galena.

#### 8.4.3. Capacidad de uso mayor de tierras

182. La capacidad de uso mayor de las tierras se define como aptitud natural del suelo para la producción de especies vegetales, en forma constante o temporal, bajo prácticas de manejo continuo y tratamientos específicos.
183. Según el mapa de capacidad de uso mayor de suelos de la ex Oficina de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN, 1982), el área del proyecto y su área de influencia ambiental se encuentran sobre suelos aptos para pastos (P) y tierras de protección.

#### 8.4.4. Elementos potencialmente tóxicos

184. Entre otros contaminantes, los elementos potencialmente tóxicos (EPT), son una de las principales causas de preocupación ambiental, debido a su elevada persistencia y su capacidad de bioacumulación. Así pues, estas sustancias tóxicas son más móviles cuando provienen de fuentes antropogénicas que cuando son de origen natural (Popescu *et al.*, 2013). Dentro de estas sustancias tóxicas altamente peligrosas para la salud, tanto humana como de los agroecosistemas, se encuentran los metales pesados y algunos metaloides, entre ellos el cadmio (Cd), plomo (Pb), zinc (Zn), cobre (Cu), níquel (Ni), mercurio (Hg), arsénico (As) y cromo (Cr). Algunos de estos están incluidos en la lista de contaminantes prioritarios para la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA, de sus siglas en inglés).

#### 8.4.5. Textura del suelo

185. Según R. Honorato (2000), la textura es una expresión cualitativa y cuantitativa del tamaño de las partículas. Cualitativa ya que se refiere al comportamiento que resulta del tamaño y de la naturaleza de los constituyentes del suelo, y cuantitativa por ser una expresión porcentual. Es decir, se refiere a la proporción relativa en peso de los diferentes tamaños de partículas existentes, expresada como porcentaje de la fracción mineral.
186. Se distinguen tres tipos de partículas: arcilla, limo y arena; la distinción entre ellas se basa en una distribución arbitraria que asocia a cada fracción propiedades relacionadas al tamaño. El número de combinaciones entre las tres fracciones que determinan la textura es ilimitado, es por eso que la granulometría del suelo, donde



*[Handwritten signature]*

*[Handwritten mark]*

*[Handwritten mark]*

*[Handwritten mark]*

*[Handwritten mark]*

*[Handwritten mark]*

hay infinitas posibles combinaciones, ha sido dividida en clases texturales. Cada clase textural representa un grupo de combinaciones de tamaños de partículas con propiedades que adquieren de acuerdo con la fracción predominante y esto le da un comportamiento determinado.

187. Hay varios tipos de clasificación granulométrica propuestos por distintos organismos a nivel internacional, de los cuales el más usado es el desarrollado por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de Norte América (USDA, por sus siglas en inglés) quien ha clasificado a los tamaños de las partículas según se presenta en la Tabla 8-2.

**Tabla 8-2.** Clasificación granulométrica de las partículas del suelo

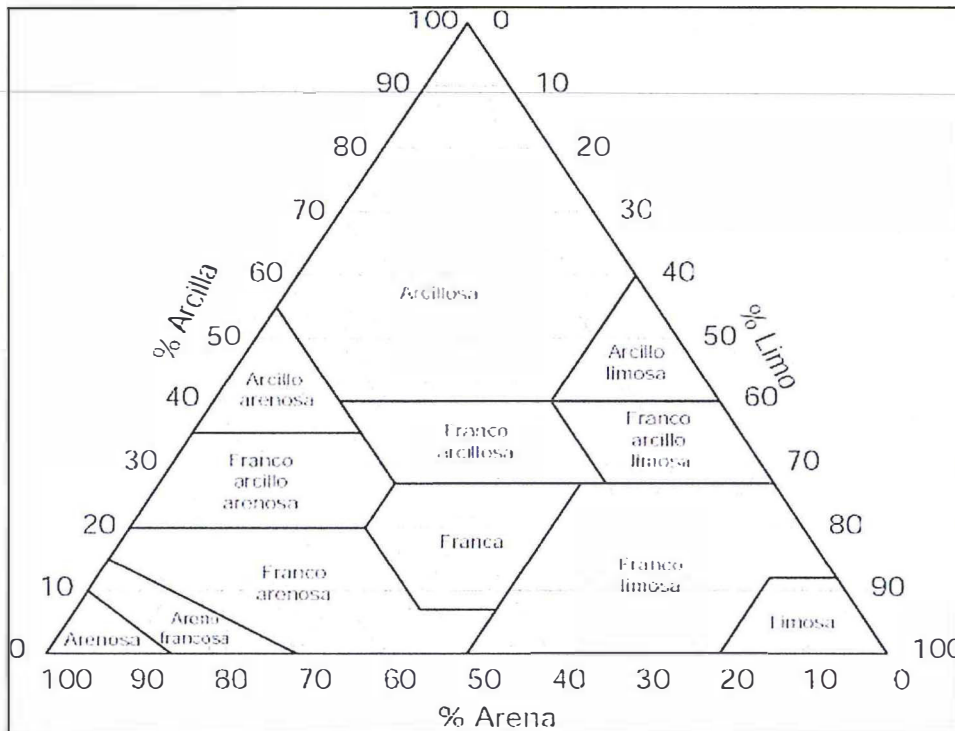
Fracción	Diámetro (mm)	Diámetro ( $\mu\text{m}$ )
Arena muy gruesa	2,00 - 1,00	2000 - 1000
Arena gruesa	1,00 - 0,50	1000 - 500
Arena media	0,50 - 0,25	500 - 250
Arena fina	0,25 - 0,10	250 - 100
Arena muy fina	0,10 - 0,05	100 - 50
Limo	0,05 - 0,002	50 - 2
Arcilla	< 0,002	< 2

Fuente: Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de Norte América – USDA

188. Para la ubicación textural una vez conocidos los porcentajes de las distintas fracciones, se utiliza en triángulo textural (ver la Figura 8-9).



p  
 9  
 K  
 2  
 H  
 1



**Figura 8-9.** Caso de una muestra de agua (Villegas Y., 2011)  
Diagrama triangular o triángulo de las clases texturales básicas del suelo



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Organismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental - OEFA

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

## 9. METODOLOGÍA

189. En esta sección se describe la metodología aplicada durante la evaluación ambiental en el distrito de Corani, provincia de Carabaya, departamento de Puno. Dichos métodos fueron desarrollados para los componentes agua, sedimento, comunidades hidrobiológicas y suelo.
190. Para fines prácticos, en la evaluación de los componentes agua, sedimento y comunidades hidrobiológicas, el área de estudio fue dividido en dos zonas, de acuerdo a las características fisicoquímicas y ubicación de los puntos de muestreo. A continuación, se describen las dos zonas:
191. Zona I, que corresponde a la microcuenca del río Jarapampa.
- Microcuenca del río Jarapampa, donde los puntos de muestreo se ubican en las quebradas de Pausicocha, Imagina Mayu, Sillatoco, Escalera Cucho, Collpa Mayo, Supayhuasi, Minaspata, Intisayana y Piruacarca, los bofedales Negrominas, Sornahuiña y Minaspata, así como la laguna Chullumpicocha y los manantiales de Kanchapata y Chacaconiza.
192. Zona II, que corresponde a las microcuencas de los ríos Corani e Isivilla
- Microcuenca del río Isivilla, donde los puntos de muestreo se ubican en el río Isivilla y los manantiales de Chillicucho, Jahuecca e Iswarccota.
  - Microcuenca del río Quelcaya, el cual es tributario del río Corani, donde los puntos de muestreo se ubican en la quebrada Sillatoco y los manantiales Micallo y Mormontone, además del río Quelcaya.
  - Microcuenca del río Corani, donde los puntos de muestreo se ubican en la quebrada Acanchara, los ríos Chimboya y Corani, además de los manantiales Cumapata, Huancarani, Queñani y los manantiales sin nombre de las comunidades campesinas de Corani-Aconsaya y centro poblado de Aymaña.



*[Handwritten signature]*

*[Handwritten initials]*

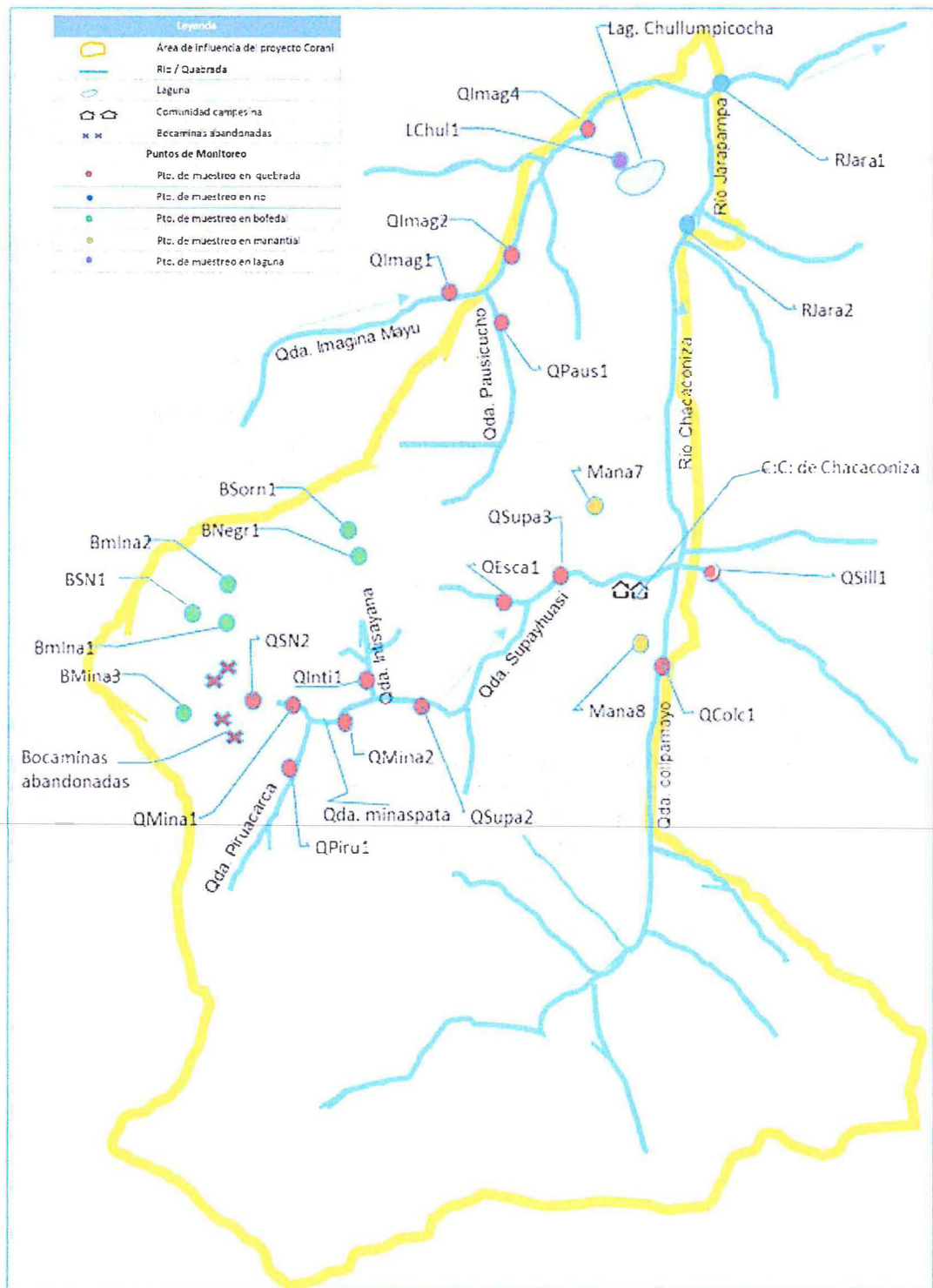


Figura 9-1. Diagrama de cuerpos de agua de la Zona I del área de evaluación del proyecto Corani



*[Handwritten signature]*  
K J H 1

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

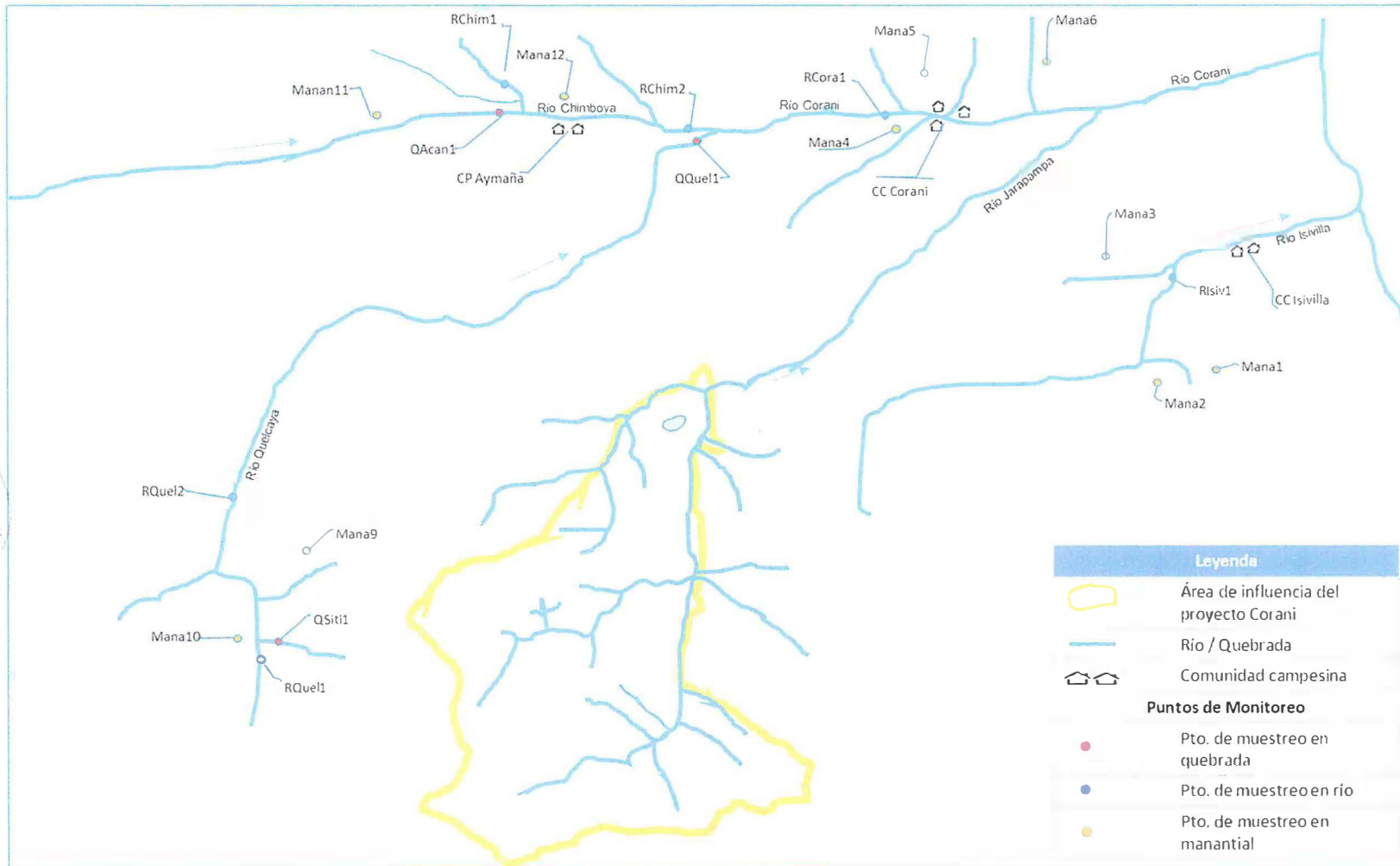


Figura 9-2. Diagrama de cuerpos de agua de la Zona II del área de evaluación del proyecto Corani.



*[Firma manuscrita]*

*[Firma manuscrita]*

*[Firma manuscrita]*

**9.1. Calidad de agua superficial**

193. En esta sección se muestra información acerca del monitoreo realizado para evaluar la calidad del componente agua, describiéndose la ubicación de los puntos de muestreo, los protocolos, equipos y técnicas de análisis, estándares de comparación y la forma de análisis de datos que se emplearon para este componente.

**9.1.1. Ubicación de los puntos de muestreo**

194. Los recursos hídricos evaluados comprenden las quebradas Collpa, Sillatoco, Supayhuasi, Intisiyana, Piruacarca, Minaspatá, Imagina Mayu, Pausicucho; los ríos Corani, Isivilla, Quelcaya, Jarapampa, Chimboya, así como manantiales y bofedales encontrados en el área de influencia del proyecto minero Corani, del distrito del mismo nombre, provincia de Carabaya, departamento de Puno.

195. Producto de la revisión de los IGA y observaciones recopiladas durante la visita de reconocimiento al área de estudio y demás etapas de la evaluación ambiental, se consideraron 44 puntos de muestreos para la evaluación de los cuerpos de agua, los cuales fueron distribuidos de la siguiente manera: 17 puntos de muestreo en quebradas, 12 puntos de muestreo en manantiales, 8 puntos de muestreo en ríos, 6 puntos de muestreo en bofedales y 1 punto de muestreo en laguna.

196. La ubicación de los puntos de muestreo de agua se consigna en la Tabla 9-1. En el Anexo B3. Mapa de puntos de muestreo, se muestra la ubicación de dichos puntos, información que también se encuentra en el Anexo B4. Hojas de campo.

**Tabla 9-1.** Ubicación de los puntos de muestreo de calidad ambiental de agua superficial

N°	ZONA A	CUERPO DE AGUA		CÓDIGO	COORDENADAS UTM WGS 84 - ZONA 19L		ALTURA msnm	DESCRIPCIÓN
		TIPO	NOMBRE		ESTE (m)	NORTE (m)		
<b>Zona I</b>								
1	Zona I	Bofedal	Minaspata	BMina1	315 951	8 448 386	4 872	Bofedal Minaspatá, aproximadamente a 10 m aguas abajo de la cascada que confluye con la quebrada Minaspatá
2		Bofedal	Minaspata	BMina2	315 933	8 448 748	4 948	Bofedal Minaspatá, aguas arriba de la cascada que desemboca en la quebrada Minaspatá
3		Bofedal	Minaspata	BMina3	315 474	8 447 269	4 953	Bofedal Minaspatá, Salida del bofedal aproximadamente a 800 m aguas arriba de la desembocadura con la quebrada Minaspatá
4		Bofedal	Minaspata	BSN1	315 666	8 448 424	4 946	Bofedal Minaspatá, aproximadamente a 10 m aguas abajo de la cascada que desemboca en la quebrada Minaspatá
5		Quebrada	Sin nombre	QSN2	316 033	8 447 611	4 873	Quebrada Sin Nombre, aguas arriba de la confluencia con la quebrada Minaspatá



f

g

h

i

j

k

l



PERÚ

Ministerio  
del AmbienteOrganismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental - OEFA

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

N°	ZONA	CUERPO DE AGUA		CÓDIGO	COORDENADAS UTM WGS 84 - ZONA 19L		ALTURA msnm	DESCRIPCIÓN
		TIPO	NOMBRE		ESTE (m)	NORTE (m)		
6		Quebrada	Piruarca	QPiru1	316 633	8 447 182	4 839	Quebrada Piruarca aproximadamente a 30 m aguas arriba de la confluencia con las quebradas Minaspata y Supayhuasi
7		Quebrada	Minaspata	QMina1	316 424	8 447 505	4 851	Quebrada Minaspata aproximadamente a 50 m aguas arriba de la confluencia con las quebradas Piruarca y Supayhuasi
8		Quebrada	Supayhuasi	QMina2	316 883	8 447 536	4 825	Quebrada Supayhuasi aproximadamente a 20 m aguas abajo de la confluencia con las quebradas Piruarca y Minaspata
9		Quebrada	Supayhuasi	QSupa3	319 480	8 449 214	4 450	Quebrada Supayhuasi aproximadamente a 300 m al sur sureste de la comunidad campesina de Chacaconiza
10		Quebrada	Supayhuasi	QSupa2	317 890	8 447 674	4 781	Quebrada Supayhuasi aproximadamente a 3 km al suroeste de la comunidad campesina de Chacaconiza
11		Quebrada	Intisayana	QInti1	317 268	8 447 955	4 834	Quebrada Intisayana aproximadamente a 20 m aguas arriba de la desembocadura con la quebrada Supayhuasi
12		Quebrada	Escalera Cucho Pugio	QEsca1	318 933	8 448 714	4 515	Quebrada Escalera Cucho Pugio, en la comunidad campesina de Chacaconiza
13		Quebrada	Collpa	QColc1	320 596	8 448 484	4 460	Quebrada Collpa antes de la comunidad campesina de Chacaconiza
14		Manantial	Kanchapata	Mana7	320 032	8 450 050	4 501	Manantial Kanchapata, captación principal de agua de la comunidad campesina de Chacaconiza
15		Manantial	Captación Chacaconiza	Mana8	320 615	8 448 467	4 472	Manantial, punto de captación de agua de la comunidad campesina de Chacaconiza
16		Río	Jarapampa	RJara1	322 196	8 456 801	4 306	Río Jarapampa, aguas abajo de la comunidad campesina Chacaconiza
17		Río	Jarapampa	RJara2	321 432	8 454 299	4 363	Río Jarapampa, aproximadamente 50 m aguas abajo de la confluencia de la quebrada Imagina Mayu
18		Bofedal	Negrominas	BNegr1	317 170	8 449 408	5 056	Bofedal Negrominas
19		Bofedal	Sornahuiña	BSorn1	317 177	8 449 405	5 053	Bofedal Sornahuiña
20		Quebrada	Imagina Mayu	QImag1	319 089	8 453 337	4 482	Quebrada Imagina Mayu, aproximadamente a 100 m aguas arriba de la confluencia con la quebrada Pausicucho
21		Quebrada	Imagina Mayu	QImag2	319 277	8 453 501	4 464	Quebrada Imagina Mayu aproximadamente a 50 m aguas abajo de la confluencia con la quebrada Pausicucho



Handwritten signatures and initials in blue ink, including a large signature and the letters 'K', 'J', 'H', and '1'.



PERÚ

Ministerio  
del AmbienteOrganismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental - OEFA

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

N°	ZONA	CUERPO DE AGUA		CÓDIGO	COORDENADAS UTM WGS 84 - ZONA 19L		ALTURA msnm	DESCRIPCIÓN
		TIPO	NOMBRE		ESTE (m)	NORTE (m)		
22	A	Quebrada	Imagina Mayu	QImag4	320 611	8 456 305	4 347	Quebrada Imagina Mayu, a la altura de la laguna Chullumpicocha
23		Quebrada	Pausicucho	QPaus1	319 107	8 453 326	4 479	Quebrada Pausicucho, aguas arriba de la confluencia con la quebrada Imagina Mayu
24		Laguna	Chullumpicocha	LChul1	321 002	8 455 663	4 404	Laguna Chullumpicocha
Zona II								
25	II	Manantial	Micallo	Mana9	313 174	8 451 343	4 819	Manantial Micallo, captación principal de agua de la comunidad campesina de Quelcaya
26		Manantial	Mormontone	Mana10	311 774	8 449 934	4 652	Manantial Mormontone, captación principal de agua de la comunidad campesina de Quelcaya
27		Quebrada	Sillatoco	QSill1	321 176	8 449 555	4 421	Quebrada Sillatoco antes de la comunidad campesina de Chacaconiza
28		Quebrada	Sititoco	QSiti1	312 317	8 449 667	4 630	Quebrada Sititoco antes de la confluencia con la quebrada Quelcaya
29		Quebrada	Acanchara	QAcan1	316 690	8 466 141	4 250	Quebrada Acanchara, antes de la centro poblado de Aymaña
30		Quebrada	Quelcaya	QQuel1	321 887	8 465 590	4 145	Quebrada Quelcaya, antes de la confluencia al río Corani
31		Manantial	Cumapata	Mana4	326 310	8 466 314	4 072	Manantial Cumapata, captación de agua de la comunidad campesina de Corani
32		Manantial	Captación Corani	Mana5	326 668	8 467 747	4 308	Manantial Corani, captación de agua de la comunidad campesina de Corani
33		Manantial	Huancarani	Mana6	329 596	8 467 826	4 228	Manantial Huancarani, captación de agua de la comunidad campesina de Corani-Aconsaya
34		Manantial	Queuñani	Mana11	313 677	8 465 494	4 564	Manantial en la zona de queuñani, en la centro poblado de Aymaña
35		Manantial	Captación Aymaña	Mana12	318 030	8 466 560	4 303	Manantial, captación principal de agua de la centro poblado de Aymaña
36		Río	Chimboya	RChim1	316 552	8 466 772	4 268	Río Chimboya antes de la centro poblado de Aymaña
37		Río	Chimboya	RChim2	321 643	8 465 576	4 146	Río Chimboya, aguas abajo de la centro poblado de Aymaña
38		Río	Quelcaya	RQuel1	312 107	8 449 667	4 599	Río Quelcaya aguas arriba de la comunidad campesina de Quelcaya
39	Río	Quelcaya	RQuel2	311 435	8 453 528	4 500	Río Quelcaya aguas abajo de la comunidad campesina de Quelcaya	
40	Río	Corani	RCora1	325 984	8 467 016	4 022	Río Corani, antes de la Comunidad Campesina Corani	
41	Manantial	Jahuecca	Mana2	329 192	8 456 349	4 464	Manantial Jahuecca, captación de agua de la	

P  
BK  
J  
H  
1



PERÚ

Ministerio  
del AmbienteOrganismo de Evaluación  
y Fiscalización Ambiental - OEFA

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

N°	ZONA	CUERPO DE AGUA		CÓDIGO	COORDENADAS UTM WGS 84 - ZONA 19L		ALTURA msnm	DESCRIPCIÓN
		TIPO	NOMBRE		ESTE (m)	NORTE (m)		
								comunidad campesina de Isivilla
42		Manantial	Chillicucho	Mana1	330 558	8 456 275	4 405	Manantial Chillicucho, captación principal de agua de la comunidad campesina de Isivilla
43		Manantial	Iswarccota	Mana3	329 409	8 460 295	4 420	Manantial Iswarccota, captación de agua de la comunidad campesina de Isivilla
44		Río	Isivilla	RIsiv1	330 708	8 459 891	4 378	Río Isivilla, antes de la comunidad campesina de Isivilla

### 9.1.2. Protocolos, equipos y técnicas de análisis

197. La metodología aplicada para la evaluación de agua superficial y agua de 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"<sup>42</sup>. En el mencionado capítulo se establecen los criterios técnicos y lineamientos generales a aplicarse en las actividades de monitoreo de la calidad de agua, como la logística mínima necesaria, el establecimiento de los puntos de muestreo, preparación de materiales, equipos e indumentaria de protección, seguridad en el trabajo de campo, procedimiento para la toma de muestras, preservación, llenado de la cadena de custodia, almacenamiento, conservación y transporte de muestras, entre otros. Para la selección de los parámetros de campo y los que requieren ser determinados en laboratorio, se consideró los Estándares de Calidad Ambiental (en adelante, ECA) para agua, establecidos en el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM<sup>43</sup>. Referente a la categoría del cuerpo de agua, esta fue asignada siguiendo los lineamientos establecidos por la Autoridad Nacional del Agua (en adelante, ANA). Sobre esta base se priorizó los parámetros relacionados con la actividad minera. Asimismo, se consideraron parámetros adicionales que permitieron una mejor interpretación de los resultados

198. El programa de aseguramiento de calidad, se realizó de acuerdo al numeral 6.17, aseguramiento de la calidad del muestreo, del Protocolo Nacional para el Monitoreo de Calidad de Recursos Hídricos Superficiales. Los controles de calidad que se presentan en la Tabla 9-2, además del blanco viajero, el cual es parte del programa de control de calidad, se realizó únicamente para el parámetro metales totales.

**Tabla 9-2.** Controles de calidad establecidos para agua

Tipo de control	Número de muestras	Total de muestras
Blanco de campo	1	6
Blanco de viaje	1	
Duplicado	4	

<sup>42</sup> Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA. "Protocolo Nacional para el Monitoreo de Calidad de Recursos Hídricos Superficiales". Aprobado el 11 de enero de 2016.

<sup>43</sup> Decreto que aprueba Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones complementarias, aprobado el 6 de junio de 2017.

199. El muestreo de agua superficial fue puntual. La preservación de las muestras siguió las recomendaciones del laboratorio según parámetro, y conservadas en los respectivos coolers manteniendo la cadena de frío. Los equipos y accesorios utilizados durante la evaluación en campo (*in situ*) se muestran en la Tabla 9-3.

**Tabla 9-3.** Equipos y accesorios utilizados para el muestreo de calidad ambiental de agua

EQUIPOS	MARCA	MODELO	SERIE	OBSERVACIONES
Multiparámetro	HACH	HQ40d	150500000917	El equipo fue ajustado y verificado antes de realizar los registros de los parámetros de campo; para el ajuste se empleó soluciones buffer de unidades de pH y de conductividad eléctrica.
Multiparámetro	HACH	HQ40d	150500000923	
Sonda de pH	HACH	PHC201	161392618024	
Sonda de conductividad	HACH	CDC401	151272588015	
Sonda de oxígeno disuelto	HACH	LDO101	151262597005	
GPS	Garmin	Montana 680	4HU004984 4HU004985	Registro de coordenadas geográficas en sistema WGS 84 UTM.
Cámara digital	Canon	D30	62051001043 62051001043	Registro fotográfico

200. En los puntos de muestreo (ver Tabla 9-1), se realizaron las mediciones de parámetros de campo: temperatura, pH, conductividad y oxígeno disuelto, los cuales fueron registrados usando el equipo multiparamétrico HQ40d, el cual fue previamente calibrado en un laboratorio de calibración acreditado por el INACAL, cuyas características se muestran en la Tabla 9-4; con certificados de calibración en el Anexo B8.

201. Previo al muestreo y al registro de los parámetros de campo se realizó el ajuste y verificación de los parámetros de pH, conductividad eléctrica y oxígeno disuelto utilizando soluciones buffer de pH (4.00, 7.00 y 10.00 unidades de pH), conductividad eléctrica (1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y 1 413  $\mu\text{S}/\text{cm}$  para rango bajo, y 12 850  $\mu\text{S}/\text{cm}$  para rango alto). Los registros de ajuste y verificación de los equipos se presentan en el Anexo B5, mientras que los certificados de calibración de equipos se consignan en el Anexo B8.

**Tabla 9-4.** Características de los equipos usados en la evaluación de campo para la calidad de agua superficial

Equipo	Parámetros de medición	Rango o límite de lectura	Fecha de calibración
Multiparámetro HQ40d	Temperatura	-10 a 110 °C	02/03/2017
	pH	0 a 14 unidades de pH	11/03/2017
	Conductividad	0,01 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 200 mS/cm	
	Oxígeno disuelto (OD)	0 a 20 mg/L	

202. Los parámetros considerados para evaluar la calidad de los recursos hídricos superficiales, los cuales se consignan en la Tabla 9-5, fueron seleccionados en función de las actividades productivas del área de estudio.



*[Handwritten signature and initials in blue ink]*



PERÚ

Ministerio  
del AmbienteOrganismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental - OEFA

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

**Tabla 9-5.** Métodos de ensayo utilizados por los laboratorios para el análisis de calidad de agua superficial.

Parámetro	Método de ensayo de referencia	Técnica empleada	Cantidad de puntos	Observaciones
pH	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H <sup>+</sup> B, 22 <sup>nd</sup> Ed. 2012	Electrométrico	44	Parámetros registrados <i>in situ</i> , con el equipo multiparámetro marca HACH - HQ40d.
Temperatura	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2550 B, 22 <sup>nd</sup> Ed. 2012.	Método de laboratorio y de campo		
Oxígeno disuelto	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 C, 22 <sup>nd</sup> Ed. 2012.	Electrométrico		
Conductividad eléctrica	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2510 B, 22 <sup>nd</sup> Ed. 2012.	Método de laboratorio		
Demanda química de oxígeno (DQO)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 C, 22 <sup>nd</sup> Ed. 2012.	Método titrimétrico, Reflujo cerrado		Parámetros analizados por el laboratorio de ensayo INSPECTORATE SERVICES PERÚ S.A.C.
Sólidos suspendidos totales (SST)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 2540 D, 22 <sup>nd</sup> Ed. 2012	Gravimetría, secado a 103 - 105 °C		Parámetro analizado por el laboratorio de ensayo acreditado AGQ PERÚ S.A.C.
Sólidos totales disueltos (STD)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 2540 C, 22 <sup>nd</sup> Ed. 2012	Gravimetría		Parámetros analizados por el laboratorio de ensayo acreditado NSF ENVIROLAB S.A.C.
Metales total y disuelto	EPA Método 200.7, Rev. 4.4, mayo 1994	Espectrometría de emisión atómica con plasma acoplado inductivamente		
Mercurio total y disuelto	EPA Método 245.7 (validado), febrero 2005	Espectrometría de fluorescencia atómica por vapor frío		
Cloruros	EPA Método 325.3, revisado en marzo de 1983	Titulación con nitrato de mercurio		



J

Q

k

j

H

1



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

Parámetro	Método de ensayo de referencia	Técnica empleada	Cantidad de puntos	Observaciones
Sulfuros	SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 4500-S=D, 22nd Ed.2012	Espectrofotometría, Azul de metileno,		
Sulfatos	EPA Método 375.4, revisado en marzo 1983	Turbidimétrico		
Nitrógeno amoniacal	SMEWW Part 4500-NH3-F, 22nd, Ed 2012	Espectrométrico, Método del Fenato		
Nitratos	EPA. Método 352.1 Rev. Marzo 1983	Colorimétrico Método de la Brucina.		
Carbonatos	SMEWW-APHA-AWWA-WEF parte 4500 CO2, 22nd Ed. 2012.	Volumetría		
Bicarbonatos	SMEWW-APHA-AWWA-WEF parte 4500 CO2, 22nd Ed. 2012.	Volumetría		
Nitrógeno total kjeldahl	SMEWW-APHA-AWWA-WEF 4500 Norg-B (Organic). 22nd Ed. 2012.	Método macro kjeldahl,		



Handwritten signatures and initials in blue ink.

- 203. Para los análisis de los parámetros físico-químicos (demanda química de oxígeno, cloruros, sulfuros, sulfatos, nitrógeno amoniacal, nitratos, carbonatos, bicarbonatos, nitrógeno total, sólidos suspendidos totales y sólidos disueltos totales) e inorgánicos (metales totales y disueltos), las muestras fueron colectadas en envases de plástico (sometidos a un lavado especial para eliminar trazas que pudieron haberse generado en la fabricación de las mismas), y preservados en campo; el tamaño de los frascos y los preservantes utilizados según el parámetro a evaluar se especifican en los protocolos de cada laboratorio donde se realizó su análisis.
- 204. Además, en el caso de los sólidos disueltos totales y metales disueltos se procedió al filtrado antes de su envasado y preservación según sea el caso.
- 205. Las botellas y preservantes para las muestras de agua superficial fueron proporcionadas por los laboratorios Inspectorate Services Perú S.A.C., AGQ PERU S.A.C. y NSF Envirolab S.A.C., acreditados por el INACAL (ver Anexo B9).
- 206. Finalmente, todas las muestras se almacenaron permanentemente en posición vertical en diferentes coolers (cajas térmicas) con *ice-packs* (hielo gel) y fueron remitidas a los respectivos laboratorios citados en los párrafos anteriores, con las respectivas cadenas de custodia y sus informes de ensayo (ver Anexo B7).



### 9.1.3. Estándares de comparación y análisis de datos

207. Para evaluar la calidad de los recursos hídricos, los resultados de los análisis serán comparados con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para agua aprobados por el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.
208. Es necesario señalar que el río principal que recorre la zona a evaluar es el río Corani, que de acuerdo al anexo 1 de la Resolución Jefatural N° 202-2010-ANA del 22 de marzo de 2010 que aprueba la clasificación de cuerpos de aguas superficiales y marinas – costeros, no posee categorización alguna. En relación a lo mencionado en la tercera disposición complementaria transitoria de la norma del 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".
209. Debido a lo anterior, el río Corani y todos sus afluentes serán comparados con la categoría 4 "Conservación del ambiente Acuático-Ríos de la Sierra", de los ECA para Agua, Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, toda vez que a lo largo de su recorrido es afluente del río Inambari, que se clasifica como categoría 4 "Conservación del ambiente Acuático".
210. En cuanto a los manantiales, también serán considerados en la Categoría 4 "Conservación del ambiente Acuático-Ríos de la Sierra", debido a que las quebradas y ríos que a su vez son efluentes del río Corani, son receptores de las aguas de los manantiales. Asimismo, los manantiales considerados en esta evaluación ambiental, son utilizados como fuente de agua para las comunidades. Por lo que sus aguas serán comparados con la categoría 1 "Poblacional y Recreacional", Subcategoría A1: "Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección". En este caso, la comparación es referencial.
211. Para el caso de la laguna y los bofedales consideradas en la presente evaluación, se asignó la Categoría 4 "Conservación del ambiente acuático", Subcategoría E1 "Lagos y lagunas" (en adelante, Cat4E1), tomando en consideración que las lagunas constituyen ecosistemas frágiles,<sup>44</sup> concordante con lo dispuesto en el numeral 3.4: Conservación del ambiente acuático, del decreto supremo N° 004-2017-MINAM<sup>45</sup>.
212. En la Tabla 9-6 se detallan los estándares de comparación de la calidad de agua que se emplearon para cada cuerpo de agua, conforme a lo que se ha mencionado previamente.

<sup>44</sup> 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".

<sup>45</sup> D.S. N° 004-2017-MINAM de fecha 07 de junio de 2017. Numeral 3.4, "Categoría 4: Conservación del ambiente acuático. Entiéndase como aquellos cuerpos naturales de agua superficiales que forman parte de ecosistemas frágiles, áreas naturales protegidas y/o zonas de amortiguamiento, cuyas características requieren ser protegidas".

**Tabla 9-6.** Estándares de comparación de la calidad de agua

Ubicación	Unidad Hidrográfica	Cuerpos de agua	ECA para agua Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM			
			Categoría de comparación	Subcategoría de comparación		
Distrito Corani	Inambari	<b>Grupo 1: Ambientes lóticos</b>				
		Ríos: Isivilla, Corani, Quelcaya, Jaramapampa, Chimboya	Categoría 4: Conservación del ambiente acuático	E2: Ríos, "Costa y sierra"		
		Quebrada: Escalera Cucho Pugio, Colpa, Sillatoco, Silitoco, Supayhuasi Intisayana, Piruacarca, Minaspata, Imagina Mayu, Pausicucho, Acanchara, Quelcaya				
		Manantial: Chilicucho, Iswarccota, Cumapata, Huancarani, Kanchapata, Micallo, Mormontone, Queuñani, Jahuecca, Captación Aymaña, Captación Chacaconiza, Captación Corani				
				Manantial: Chilicucho, Iswarccota, Cumapata, Huancarani, Kanchapata, Micallo, Mormontone, Queuñani, Jahuecca, Captación Aymaña, Captación Chacaconiza, Captación Corani	Categoría 1 Poblacional y recreacional (*)	A1. Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección. A2. Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional.
		<b>Grupo 2: Ambientes lénticos</b>				
		Bofedal: Negrominas, Sornahuña, Minaspata	Categoría 4: Conservación del ambiente acuático	E1 "Lagunas y lagos"		
Laguna Chullumpicocha						

(\*) Comparación referencial

**9.2. Calidad de sedimento**

213. En los apartados siguientes se muestra información acerca del muestreo realizado para evaluar la calidad del componente sedimento consignándose la ubicación de los puntos de muestreo, los protocolos, equipos y técnicas de análisis, y estándares de comparación.

**9.2.1. Ubicación de los puntos de muestreo**

214. Los puntos de muestreo para la evaluación de calidad de sedimento se localizaron en los mismos puntos de muestreo de calidad de agua, concretamente en los



Handwritten signature and initials in blue ink.

Handwritten signature and initials in blue ink.



PERÚ

Ministerio  
del AmbienteOrganismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental - OEFA

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

ubicados en los ríos Isivilla, Corani, Quelcaya, Jarapampa y Chimboya; en las quebradas Collpa, Supayhuasi, Intisayana, Piruacarca, Minaspata, Imagina Mayu, Acanchara y Quelcaya; los bofedales, Negrominas, Sornahuiña y Minaspata; así también en la laguna Chullumpicocha. La relación de puntos de muestreo se presenta en la Tabla 9-7, información que también se encuentra en el Anexo C4: Hojas de campo. En el Anexo C3: Mapa de puntos de muestreo, se puede visualizar la ubicación de los puntos de muestreo de sedimento.

**Tabla 9-7.** Ubicación de los puntos de muestreo de calidad ambiental de sedimento

N°	ZONA	CUERPO DE AGUA		CÓDIGO	Coordenadas UTM WGS 84 - Zona 19 L		ALTITUD	REFERENCIA
		TIPO	NOMBRE		ESTE	NORTE		
<b>Zona I</b>								
1	ZONA I	Quebrada	Intisayana	SED-QInti1	317 268	8 447 955	4 834	Quebrada Intisayana aproximadamente a 20 m aguas arriba de la desembocadura con la quebrada Supayhuasi
2		Quebrada	Collpa	SED-QColc1	320 596	8 448 484	4 460	Quebrada Collpa aguas arriba de la comunidad campesina de Chacaconiza
3		Bofedal	Minaspata	SED-BMina2	315 933	8 448 748	4 948	Bofedal Minasapata, aguas arriba de la cascada que desemboca en la quebrada Minasapata
4		Bofedal	Minaspata	SED-BMina3	315 474	8 447 269	4 953	Bofedal Minasapata, salida del bofedal aproximadamente a 800 m aguas arriba de la desembocadura con la quebrada Minasapata
5		Quebrada	Piruacarca	SED-QPiru1	316 633	8 447 182	4 839	Quebrada Piruacarca aproximadamente a 30 m aguas arriba de la confluencia con las quebradas Minasapata y Supayhuasi
6		Quebrada	Sin nombre	SED-QSN2	316 033	8 447 611	4 873	Quebrada Sin nombre, aguas arriba de la confluencia con la quebrada Minasapata
7		Quebrada	Minaspata	SED-QMina1	316 424	8 447 505	4 851	Quebrada Minasapata aproximadamente a 50 m aguas arriba de la confluencia con la Quebrada Piruacarca y la Quebrada Supayhuasi
8		Quebrada	Supayhuasi	SED-QMina2	316 883	8 447 536	4 825	Quebrada Supayhuasi aproximadamente a 20 m aguas abajo de la confluencia con la quebrada Piruacarca y la quebrada Minasapata
9		Quebrada	Supayhuasi	SED-QSupa2	317 890	8 447 674	4 781	Quebrada Supayhuasi aproximadamente a 3 km al sureste del poblado de Chacaconiza
10		Quebrada	Supayhuasi	SED-QSupa3	319 480	8 449 214	4 450	Quebrada Supayhuasi aproximadamente a 300 m al sur sureste de la Comunidad Campesina Chacaconiza
11		Río	Jarapampa	SED-RJara1	322 196	8 456 801	4 306	Río Jarapampa, aguas abajo de la Comunidad Campesina Chacaconiza
<b>Zona II</b>								
12	ZONA II	Río	Isivilla	SED-Risiv1	330 708	8 459 891	4 378	Río Isivilla, antes de la comunidad campesina de Isivilla
13		Río	Quelcaya	SED-RQuel1	312 107	8 449 667	4 599	Río Quelcaya aguas arriba de la comunidad campesina de Quelcaya
14		Río	Quelcaya	SED-RQuel2	311 435	8 453 528	4 500	Río Quelcaya aguas abajo de la comunidad campesina de Quelcaya
15		Quebrada	Acanchara	SED-QAcan1	316 690	8 466 141	4 250	Quebrada Acanchara, aguas arriba del centro poblado Aymaña



*[Handwritten signature and initials]*



PERÚ

Ministerio  
del AmbienteOrganismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental - OEFA

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

N°	ZONA	CUERPO DE AGUA		CÓDIGO	Coordenadas UTM WGS 84 - Zona 19 L		ALTITUD	REFERENCIA
		TIPO	NOMBRE		ESTE	NORTE		
16		Río	Chimboya	SED- RChim2	321 643	8 465 576	4 146	Río Chimboya, aguas abajo del centro poblado de Aymaña
17		Quebrada	Quelcaya	QQuel1	321 887	8 465 590	4 145	Quebrada Quelcaya, antes de la confluencia con el río Corani
18		Río	Corani	SED- RCora1	325 984	8 467 016	4 022	Río Corani, antes de la comunidad campesina Corani Acoosaya
19		Bofedal	Negrominas	SED- BNegr1	317 170	8 449 408	5 056	Bofedal Negrominas
20		Bofedal	Somahuiña	SED- BSom1	317 177	8 449 405	5 053	Bofedal Somahuiña
21		Quebrada	Imagina Mayu	SED- QImag1	319 089	8 453 337	4 482	Quebrada Imagina Mayu, aproximadamente a 100 m aguas arriba de la confluencia con la quebrada Pausicucho
22		Quebrada	Imagina Mayu	SED- QImag2	319 277	8 453 501	4 464	Quebrada Imagina Mayu aproximadamente a 50 m aguas abajo de la confluencia con la quebrada Pausicucho
23		Quebrada	Imagina Mayu	SED- QImag4	320 611	8 456 305	4 347	Quebrada Imagina Mayu, a la altura de la laguna Chullumpicocha
24		Laguna	Chullumpicocha	SED- LChul1	321 002	8 455 663	4 404	Laguna Chullumpicocha

### 9.2.2. Protocolos, equipos y técnicas de análisis

215. Debido a que no se cuenta con un protocolo nacional aprobado para la toma de muestras de sedimento, se utilizó a modo referencial, el 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.<sup>46</sup>

216. Este documento da a conocer consideraciones generales en el diseño de muestreos para sedimento, equipos/herramientas de campo y laboratorio, pautas de seguridad, procedimientos de almacenamiento y transporte de muestras, además de asuntos comunes a la manipulación de muestras para análisis químicos y toxicológicos. Asimismo, se utilizó el Procedimiento de Operación Estándar – *Standard Operating Procedure* (SOP). #2016, Muestreo de Sedimento, de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos<sup>47</sup>.

217. Los equipos y accesorios utilizados durante la evaluación en campo (*in situ*) se muestran en la Tabla 9-8.

**Tabla 9-8.** Equipos y accesorios utilizados para el muestreo de calidad ambiental de sedimento

EQUIPOS	MARCA	MODELO	SERIE	OBSERVACIONES
GPS	GARMIN	MONTONA	4HU004984 4HU004985	Registro de coordenadas geográficas en sistema WGS 84 UTM.
Cámara	CANON	D30	62051001043 62051001043	Registro fotográfico.
Pala de polietileno	--	--	--	Herramienta de fácil manipulación para coleccionar el sedimento superficial hasta unos 20 cm.

<sup>46</sup> Methods for Collection Storage and Manipulation of Sediments for Chemical and Toxicological Analyses: Technical Manual. Office of Science & Technology Office of Water. U.S. Environmental Protection Agency. EPA-823-B-01-002. Washington, DC 20460. October 2001.

<sup>47</sup> Environmental Protection Agency (EPA). *Standard Operating Procedure-SOP #2016, Sediment Sampling* [https://www.epa.gov/sites/production/files/documents/r8-src\\_02.pdf](https://www.epa.gov/sites/production/files/documents/r8-src_02.pdf)



PERÚ

Ministerio  
del AmbienteOrganismo de Evaluación y  
Certificación Ambiental (OCEA)

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

EQUIPOS	MARCA	MODELO	SERIE	OBSERVACIONES
Compósito de polietileno	-	-	-	Recipiente para coleccionar y homogenizar la muestra antes de vaciar al frasco de transporte para el análisis.

(-) No corresponde

218. Los parámetros considerados para el análisis de las muestras de sedimento, las cuales fueron conservadas en coolers para mantener la cadena de frío, se consignan en la Tabla 9-9.

Tabla 9-9. Parámetros muestreados de la calidad ambiental de sedimento

Parámetro	Método de ensayo de referencia	Técnica empleada	Laboratorio de ensayo acreditado
Metales totales	EPA Método 200.8 Revisión 5.4. 1994	Espectrometría ICP-MS	Parámetros analizados por el laboratorio de ensayo acreditado AGQ PERÚ S.A.C.

219. El sedimento para el análisis de metales se coleccionaron en bolsas de plástico. Estas muestras se preservaron en refrigeración. Los métodos de ensayo utilizados en el análisis de laboratorio, se detallan en la Tabla 9-10.

Tabla 9-10. Métodos de ensayo utilizados por los laboratorios, para el análisis de calidad de sedimento

Parámetro	Método de ensayo de referencia	Técnica empleada	Laboratorio de ensayo acreditado
Metales totales	EPA 200.8	Espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente	AGQ Perú S.A.C.

Fuente: Informes de ensayo de laboratorio.

220. Finalmente, todas las muestras de sedimento se almacenaron permanentemente en posición vertical en diferentes coolers con *Ice-Packs* (hielo gel) y fueron remitidas al laboratorio, con las respectivas cadenas de custodia con sus informes de ensayo (ver Anexo C6).

### 9.2.3. Análisis de datos

221. Para realizar un análisis estadístico efectivo, primero se procederá a la selección de las variables a trabajar, corrigiendo los parámetros "censurados". es decir aquellos con valores menores o iguales al límite de detección.
222. Seguidamente, para cada uno de los metales considerados se considerará la mitad de los valores del límite de cuantificación. A continuación se procederá a estimar el valor medio, rango y determinar los valores atípicos mediante el diagrama de cajas.
223. Finalmente se procederá a establecer grupos de similaridad mediante las técnicas estadísticas multivariadas mediante el análisis de Clusters (Q-mode). Para determinar los clusters se utilizará el software Minitab 17 (Minitab Inc.) y para establecer el número de cluster se considerará dos criterios, el arbitrario y otro estadístico. El primero permitirá definir los grupos principales y posteriormente con el criterio arbitrario, se definirá los subgrupos de forma tal de definir grupos menores y analizar la coherencia de la distribución.



Y

9

K  
2  
H  
1



PERÚ

Ministerio  
del AmbienteUnidad Ejecutiva de Evaluación  
de Impacto Ambiental - UREA

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

### 9.3. Comunidades hidrobiológicas

224. En los apartados siguientes se muestra información acerca de la evaluación las comunidades hidrobiológicas (perifiton, macroinvertebrados bentónicos y peces) consignándose el área de estudio, los puntos de muestreo, los protocolos, equipos y técnicas de análisis, y la caracterización hidromorfológica de los puntos de muestreo hidrobiológicos.

#### 9.3.1. Ubicación de los puntos de muestreo

225. Los puntos de muestreo se establecieron los recursos hídricos superficiales más representativos, en ambientes lóticos (ríos y quebradas) y léntico (laguna). La descripción de la ubicación de los puntos de muestreo se presenta en la Tabla 9-11, lo que se consigna en el Anexo D2. Hojas de campo. En el Anexo D1. Mapa de puntos de muestreo, se puede visualizar la ubicación de los mismos.

**Tabla 9-11.** Ubicación de los puntos de muestreo para comunidades hidrobiológicas

N°	Zona	Nombre del cuerpo de agua	Código del punto	Coordenadas UTM Datum WGS 84 - ZONA 19 L		Altitud (m s.n.m.)	Referencia
				Este	Norte		
<b>Zona I</b>							
1	Zona I	Quebrada Colpa	HID-QColc1	320 596	8 448 484	4460	Quebrada Collpa antes de la comunidad campesina de Chacaconiza.
2		Quebrada Sillatoco	HID-QSill1	321 176	8 449 555	4421	Quebrada Sillatoco antes de la comunidad campesina de Chacaconiza.
3		Quebrada Piruacarca	HID-QPiru1	316 633	8 447 182	4839	Quebrada Piruacarca aproximadamente a 30 m aguas arriba de la confluencia con las quebradas Minaspatá y Supayhuasi
4		Quebrada Supayhuasi	HID-QMina2	316 883	8 447 536	4825	Quebrada Supayhuasi aproximadamente a 20 m aguas abajo de la confluencia con las quebradas Piruacarca y Minaspatá.
5			HID-QSupa2	317 890	8 447 674	4781	Quebrada Supayhuasi aproximadamente a 3 km al sureste de la comunidad campesina de Chacaconiza
6			HID-QSupa3	319 480	8 449 214	4450	Quebrada Supayhuasi aproximadamente a 300 m al sur sureste de la comunidad campesina de Chacaconiza.
7		Quebrada Intisayana	HID-QInti1	317 268	8 447 955	4834	Quebrada Intisayana aproximadamente a 20 m aguas arriba de la confluencia con la quebrada Supayhuasi.
8		Bofedal Minaspatá	HID-BMina1	315 951	8 448 386	4872	Bofedal Minaspatá, aproximadamente a 10 m aguas abajo de la cascada que confluye en la quebrada Minaspatá.
9		Quebrada sin nombre	HID-QSN2	316 033	8 447 611	4873	Quebrada Sin Nombre, aguas arriba de la



P

9

X  
J  
H  
1



PERÚ

Ministerio  
del AmbienteOrganismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental - OEFA

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

N°	Zona	Nombre del cuerpo de agua	Código del punto	Coordenadas UTM Datum WGS 84 - ZONA 19 L		Altitud (m s.n.m.)	Referencia
				Este	Norte		
<b>Zona I</b>							
							confluencia con la quebrada Minaspatá.
10		Laguna Chullumpicocha	HID-LChul1(*)	321 002	8 455 663	4404	Laguna Chullumpicocha.
11		Quebrada Pausicucho	HID-QPaus1	319 107	8 453 326	4479	Quebrada Pausicucho, aguas arriba de la confluencia con la quebrada Imagina Mayu.
12		Quebrada Imagina Mayu	HID-QImag1	319 089	8 453 337	4482	Quebrada Imagina Mayu, aproximadamente a 100 m aguas arriba de la confluencia con la quebrada Pausicucho.
13			HID-QImag2	319 277	8 453 501	4464	Quebrada Imagina Mayu aproximadamente a 50 m aguas abajo de la confluencia con la quebrada Pausicucho.
14			HID-QImag4	320 611	8 456 305	4347	Quebrada Imagina Mayu, a la altura de la laguna Chullumpicocha
15		Río Jarapampa	HID-RJara1	322 196	8 456 801	4306	Río Jarapampa, aguas debajo de la comunidad campesina de Chacaconiza.
16			HID-RJara2	321 432	8 454 299	4363	Río Jarapampa, aproximadamente 50 m aguas abajo de la confluencia de la quebrada Imagina Mayu y el río Chacaconiza.
<b>Zona II</b>							
17	Zona II	Río Isivilla	HID-RIsiv1	330 708	8 459 891	4378	Río Isivilla, antes de la comunidad campesina Isivilla.
18		Río Corani	HID-RCora1	325 984	8 467 016	4022	Río Corani, antes de la comunidad campesina Corani-Aconsaya.
19		Río Quelcaya	HID-RQuel1	312 107	8 449 667	4599	Río Quelcaya aguas arriba de la comunidad campesina de Quelcaya.
20			HID-RQuel2	311 435	8 453 528	4500	Río Quelcaya aguas abajo de la comunidad campesina de Quelcaya.
21		Río Chimboya y sus tributarios	HID-RChim1	316 552	8 466 772	4268	Río Chimboya antes del centro poblado de Aymaña.
22			HID-QAcan1	316 690	8 466 141	4250	Quebrada Acanchara, aguas arriba del centro poblado de Aymaña.
23			HID-RChim2	321 643	8 465 576	4146	Río Chimboya, aguas abajo del centro poblado de Aymaña.
24			HID-QQuel1	321 887	8 465 590	4150	Quebrada Quelcaya, antes de la confluencia al río Corani.

(\*) Sólo se colectó la muestra correspondiente a perifiton.



Handwritten signature and initials: Y, G, K, J, H, 1



### 9.3.2. Protocolos, equipos y técnicas de análisis

226. El protocolo empleado para la colecta de muestras de perifiton y macroinvertebrados bentónicos tuvo como base metodológica las técnicas de muestreo descritas en el manual "Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú" (UNMSM-MHN 2014).
227. En el mencionado manual también se listan los equipos y materiales necesarios para llevar a cabo un muestreo hidrobiológico. En el caso de la presente evaluación se emplearon los materiales y equipos que se presentan en la Tabla 9-12.

**Tabla 9-12.** Equipos y materiales utilizados para el muestreo de las comunidades hidrobiológicas

EQUIPOS Y MATERIALES	MARCA	MODELO	UTILIDAD	CARACTERÍSTICAS
GPS	GARMIN	OREGON 650	Medición de coordenadas UTM	Georeferenciación
Cámara fotográfica	CANON	D30	Registro fotográfico	Registro visual de los puntos de muestreo
Red Surber	--	--	Colecta de muestras de macroinvertebrados bentónicos	Área de muestreo de 0,09 m <sup>2</sup> y abertura de malla de 500 µm
Red de arrastre	--	--	Colecta de ictiofauna	Red de pesca, arrastre hacia la orilla.

(--) No corresponde

228. Además de los equipos y materiales listados en la tabla anterior, se utilizaron guantes de látex y etanol al 70% como preservante, los cuales se utilizaron de forma complementaria para la manipulación, colecta y preservación de las diferentes muestras. Los protocolos usados se basaron en las técnicas de muestreo hidrobiológico y se desarrollaron de acuerdo a lo establecido en el documento "Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú"<sup>48</sup>.

- **Método de muestreo**

229. Antes de iniciar el muestreo es necesario observar y describir la zona de trabajo, esto es de gran importancia para identificar los sitios más propicios para obtener muestras representativas de las comunidades que deseamos evaluar. Para este fin, se contó con hojas de campo (ver Anexo D2) que permitieron realizar anotaciones que describan la vegetación ribereña, el lecho del río, los sustratos elegidos para la colecta, tamaño de muestra, entre otras observaciones necesarias según el criterio del especialista. Hecho esto, se continuó con la colecta de muestras de perifiton, macroinvertebrados bentónicos y peces obedeciendo las siguientes pautas:

- Perifiton. Para la colecta de muestras de perifiton se obtuvieron raspados superficiales de piedras u otros sustratos sumergidos en un área de 8 cm<sup>2</sup> y 9 cm<sup>2</sup> (3 x 3 cm y 4 x 2 cm), cualquiera de estas dos área se triplicó el procedimiento para obtener al final una muestra compuesta de 25 cm<sup>2</sup>. Para tal fin, del lado más regular de una piedra se delimitó un área de 3 x 3 cm, 4 x 2

<sup>48</sup> Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú /Departamento de Limnología, Departamento de Ictiología - Lima: Ministerio del Ambiente, 2014.



cm y ayudados con un cepillo y una pizeta con agua destilada, se obtuvo un raspado (muestra) en un pote de 250 ml. La muestra final fue etiquetada y preservada con formol al 4 % (4 ml de formol por 100 ml de muestra) con la ayuda de una jeringa para su posterior análisis cualitativo y cuantitativo por especialistas del OEFA.

- ii. Macroinvertebrados bentónicos. Para la colecta de muestras de macroinvertebrados bentónicos se utilizó una red Surber de 500 µm de luz de malla y 0,09 m<sup>2</sup> (30 x 30 cm) de área. Para tal fin, se colocó el marco cuadrado de la red Surber en el fondo del ambiente a evaluar, en sentido contrario a la corriente, luego se removi6 con fuerza el sustrato con las manos para facilitar el desprendimiento de los organismos y queden atrapados en la red. El procedimiento anterior se realiz6 por triplicado obteniéndose una muestra compuesta de 0,27 m<sup>2</sup>. La muestra final fue vertida en potes de 1 L, etiquetada y preservada con etanol al 70 % para su posterior análisis cualitativo y cuantitativo por NSF Envirolab.
- iii. Peces. Para la colecta de muestras de peces se utiliz6 una red de arrastre de 5 m x 3 m x 5 mm de abertura de malla, los peces capturados se colocan en un balde con soluci6n de formol al 10 % por m6nimo 24 horas hasta un m6ximo de 48 horas, dependiendo el tamaño de los peces. Luego se enjuagan con agua y se procede a conservarlos en gasas embebidas con alcohol al 70° para el posterior análisis cualitativo y cuantitativo por especialistas del OEFA.

230. Es necesario mencionar que al principio del monitoreo se tuvo contemplado coleccionar muestras de peces, sin embargo, esto no fue posible ya que los cuerpos de agua evaluados no mostraron condiciones favorables para pescar.

• **Métodos de análisis de muestras**

231. Las muestras de perifiton y macroinvertebrados bent6nicos fueron analizadas por especialistas de la Direcci6n de Evaluaci6n del OEFA y NSF Envirolab, respectivamente, obedeciendo las directrices del *Standard methods for examination of water and wastewater 22 nd* (APHA 2012). En la Tabla 9-13 se detallan las comunidades hidrobiol6gicas muestreadas, los par6metros analizados y los m6todos empleados para el análisis de las muestras, seg6n el par6metro a determinar. Los informes de ensayo se encuentran en los Anexos D4 y D5 perifiton y macroinvertebrados bent6nicos, respectivamente.

**Tabla 9-13.** Comunidades hidrobiol6gicas y par6metros muestreados

PARÁMETRO	MÉTODO DE ENSAYO DE REFERENCIA	UNIDAD DE CONTEO <sup>(1)</sup>	TÉCNICA EMPLEADA
Perifiton	SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 10 300 C, 22nd Ed. 2012	Org/cm <sup>2</sup>	Identificaci6n taxon6mica y análisis cuantitativo
Macroinvertebrados bent6nicos	SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 10 500 C, 22nd Ed. 2012	Org/m <sup>2</sup>	

Org.: Organismos



*[Handwritten signature]*

*[Handwritten initials]*



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEF

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

### 9.3.3. Analisis de datos

232. Para el análisis de los resultados obtenidos de la evaluación hidrobiológica, se procederá a caracterizar las comunidades del perifiton y macroinvertebrados bentónicos teniendo en cuenta los siguientes parámetros.

a) Composición, riqueza y abundancia

233. Entiéndase por Composición: Al conjunto particular de especies en una comunidad. Riqueza: Número de especies diferentes en una comunidad. Abundancia: Número de organismos de cada especie en una comunidad.

234. Se representó la clasificación taxonómica (phylum, clase, orden, familia y especie) del perifiton y macroinvertebrados bentónicos. Esta clasificación taxonómica así como sus cadenas de custodia se encuentra en el Anexo D4 y D5 del presente informe.

235. La evaluación de la riqueza y la abundancia del perifiton y macroinvertebrados bentónicos se desarrolló en base a la categoría taxonómica de phylum y orden, respectivamente. Se utilizó el programa Excel y se sistematizaron los valores de riqueza y abundancia por la categoría taxonómica elegida y punto de muestreo a partir de los resultados de análisis de muestras; enseguida se hicieron las correspondientes representaciones mediante gráficas acumuladas por zona evaluada.

236. Es necesario indicar, que los resultados de abundancia se analizaron en base a la densidad de la muestra; sin embargo, los resultados de cada comunidad hidrobiológica se presentaran en número de organismos para mejorar el entendimiento de la distribución de la abundancia en cada punto de muestreo.

b) Diversidad alfa

237. 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 (H') (Jost, 2006) que tiene como fórmula:

$$N1 = exp(H')$$
 (9.1)

Donde:

$H$  : Índice de Shannon.

238. Por otro lado, se usó la variable N2 como la modificación del índice de Simpson (D) (Jost, 2006) cuya fórmula es:

$$N2 = \frac{1}{\text{Índice de Simpson}}$$
 (9.2)

239. 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



P

Q

K

J

H

I

son igualmente abundantes (Pielou, 1975; Peet, 1974). Su fórmula es la que se indica a continuación:

$$J' = \frac{H'}{H'_{max}} \quad (9.3)$$

Donde:

- $J'$  : Índice de equidad de Pielou  
 $H'$  : Índice de diversidad de Shannon-Wiener  
 $H'_{max}$  : Ln (S)  
S : Número de especies.

$$H'_{max} = \ln(S) \quad (9.4)$$

Donde:

- S : Número de especies.

### c) Diversidad beta

240. 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:

$$IBC = 1 - \frac{(\sum xi - yi)}{(\sum xi + yi)} \quad (9.5)$$

Donde:

- $IBC$  : Índice de Bray Curtis.  
 $xi$  : Abundancia o densidad de especies i en un conjunto 1.  
 $yi$  : Abundancia de las especies en el otro.

241. 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). Esta gráfica resume la similitud de las especies entre dos puntos de muestreo.

### d) Calidad Ecológica

242. La evaluación de calidad ecológica se realizó tomando como base metodológica el "Protocolo Simplificado y guía de evaluación de la calidad ecológica de los ríos andinos (CERA-S)" (Encalada *et al.* 2011). Para su aplicación, se eligió en el sitio de muestreo un tramo que midió entre 50 y 100 m de longitud, en el cual se observaron y valoraron dos grupos de variables:

- Las características hidromorfológicas: incluye observaciones de vegetación de ribera, paisaje próximo al río y algunos elementos del canal del río como su forma y sustrato. Mediante estas observaciones se estimará la calidad hidromorfológica.



J  
9  
k  
f  
H  
1



- Los organismos que habitan el agua: los macroinvertebrados bentónicos. Con información de la composición de especies por punto de muestreo y el respectivo valor de tolerancia de cada orden taxonómico se estimará la calidad biológica.
243. La calidad hidromorfológica se estimó a partir de la observación de ocho características hidromorfológicas, las cuales son listadas a continuación.
- Estructura y naturalidad de la vegetación de ribera
  - Continuidad de la ribera
  - Conectividad de la vegetación de ribera con otros elementos del paisaje
  - Presencia de basuras y escombros
  - Naturalidad del canal fluvial
  - Composición del sustrato
  - Regímenes de velocidad y profundidad del río
  - Elementos de heterogeneidad
244. El criterio de elección del puntaje respectivo para cada característica es detallado en el Anexo D6. Una vez obtenidas las puntuaciones para cada característica hidromorfológica se procedió obtener una sumatoria de todas ellas, con la finalidad de tener un solo valor por punto de muestreo. Finalmente, para obtener el respectivo valor de calidad hidromorfológica, dichos valores fueron comparados con la siguiente escala (Tabla 9-14)

Tabla 9-14. Calidad hidromorfológica del río

CLASE	PUNTUACIÓN	CALIDAD HIDROMORFOLÓGICA
1	> 35	Excelente
2	28 - 35	Buena
3	20 - 28	Moderada
4	10 - 20	Mala
5	0 - 10	Pésima

Fuente: Ríos-Touma *et al.*, 2014

245. La **calidad biológica** del agua se estimó a través del índice biótico *Andean Biotic Index* (Ríos-Touma *et al.* 2014), el cual fue desarrollado para evaluar la calidad de agua de ríos alto andinos ubicados a más de 2000 m de altitud. Este índice estima la calidad del agua atribuyendo a cada familia taxonómica presente en una muestra un valor de intolerancia (0-10), luego los valores de intolerancia hallados por todas las familias presentes en la muestra son sumados y se obtiene un valor final que es comparado con las puntuaciones de la Tabla 9-15. El valor asignado a cada familia es directamente proporcional a su intolerancia (ver Anexo D6).



Handwritten signature

Handwritten signature

Handwritten signature

**Tabla 9-15.** Valoración de la calidad biológica con el índice ABI

CLASE	PUNTUACIONES	CALIDAD BIOLÓGICA
1	> 74	Excelente
2	45 – 74	Buena
3	27 – 44	Moderada
4	11 – 26	Mala
5	< 11	Pésima

Fuente: Ríos-Touma *et al.*, 2014

246. La **calidad ecológica** se obtuvo combinando las valoraciones de calidad hidromorfológica y calidad biológica. Por ejemplo: si el resultado de combinar las dos evaluaciones es azul, entonces la calidad ecológica del río es excelente; si es verde, es buena; si es amarilla, es moderada; si es naranja, es mala; y por último si es roja, es pésima. Otras combinaciones también son posibles (Tabla 9-16).

**Tabla 9-16.** Escala de calidad ecológica de un río

		CALIDAD BIOLÓGICA				
		Excelente	Buena	Moderada	Mala	Pésima
CALIDAD HIDROMORFOLÓGICA	Excelente	Excelente	Buena	Moderada	Mala	Pésima
	Buena	Buena	Buena	Moderada	Mala	Pésima
	Moderada	Buena	Moderada	Moderada	Mala	Pésima
	Mala	Mala	Moderada	Moderada	Mala	Pésima
	Pésima	Moderada	Mala	Mala	Pésima	Pésima

Fuente: Ríos-Touma *et al.*, 2014

**e) Análisis de Correspondencia Canónica (ACC)**

247. Para determinar la relación entre las variables ambientales (físicoquímicas del agua) y la abundancia relativa de macroinvertebrados bentónicos se realizó el Análisis de Correspondencia Canónica (ACC) utilizando el programa estadístico PAST (Hammer *et al.* 2001). Dicho análisis aportó información importante sobre el porcentaje de variabilidad de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos que puede ser explicado por el efecto de las variables ambientales.
248. Los datos de abundancia de organismos fueron transformados a Log (X+1) para disminuir los efectos de los taxa dominantes; del mismo modo, los datos ambientales, a excepción del pH, también fueron transformados a Log (X+1).

**9.4. Calidad de suelo**

249. En los apartados siguientes se muestra información acerca de la evaluación de la calidad del componente suelo, concretamente de la ubicación de los puntos de muestreo, los protocolos, equipos y técnicas de análisis, y estándares de comparación.



*[Handwritten signatures and initials]*

**9.4.1. Ubicación de los puntos de muestreo**

250. Para determinar los puntos de muestreo de suelo de nivel de fondo, se consideró el tipo de suelo, la capacidad de uso mayor de suelos y la 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.

**9.4.1.1. Determinación de las áreas para el muestreo de niveles de fondo**

251. Estas actividades se realizaron tomando en consideración las recomendaciones establecidas en guías y protocolos que se detallan en la Tabla 9-17.

**Tabla 9-17.** Guías y protocolos utilizados para establecer los puntos de muestreo para niveles de fondo.

Componente ambiental	Guía o protocolo	País	Institución	Dispositivo legal	Año
Suelo	Guía para Muestreo de Suelos (Sección 1.3. Tipos de muestreo, sección 5. Determinación de puntos de muestreo y anexo N° 2 del documento)	Perú	Ministerio del Ambiente – MIINAM	R.M. N° 085-2014-MINAM.	2014

252. 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 la geología de depósitos aluviales (Qh-al), ubicado en zonas aguas debajo de los futuros componentes mineros del proyecto Corani, los cuales se encontraran establecidos en las unidades geológicas depósitos aluvial (Qh-al), familia Quenamari miembro Chacaconiza (Nm-ch), familia Quenamari miembro Sapanuta (Nm-sa) y grupo Mitu (PsT-mi); tomando en cuenta la proximidad a las áreas donde se han desarrollado trabajos de exploración del proyecto en mención, asimismo también se consideró el uso actual del suelo.

253. Las áreas de muestreo para nivel de fondo fueron establecidas siguiendo los lineamientos establecidos en la guía citada en la Tabla 9-17. En el presente estudio, se evaluó un total de 12 muestras compuestas (cinco sub muestras, las submuestras fueron tomadas en un radio de 20 a 30 metros del punto central).

254. Con respecto a la profundidad de muestreo, esta se realizó de 0 a 30 cm de profundidad. De esta manera, conforme a la guía en mención se determinó realizar un muestreo compuesto<sup>49</sup> cinco sub-muestras representativas para la conformación de una muestra. En la Tabla 9-18, se tiene la cantidad, codificación y coordenadas de los puntos de muestreo de niveles de fondo. Mientras que en la Tabla 9-19 se describe el área circundante de los puntos de muestreo.

**Tabla 9-18.** Descripción de los puntos de muestreo para nivel de fondo

Código	Coordenadas UTM DATUM WGS 84 19 L		Altitud (msnm)	Referencia geográfica
	Norte	Este		
SUE-PCOR 1	8 447 341	317 239	4849	Sector de Peruaccarca del proyecto minero de Corani.
SUE-PCOR 2	8 447 368	317 232	4843	Sector de Peruaccarca del proyecto minero de Corani.

<sup>49</sup> Para el muestreo de nivel de fondo, la Guía de Muestreo para Suelos propone que las muestras deben ser compuestas y recolectadas en un mínimo de tres áreas diferentes, pero con características similares al área de estudio. 11pp; 26pp.



PERÚ

Ministerio  
del AmbienteMinisterio de Educación y  
Cultura

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

Código	Coordenadas UTM DATUM WGS 84 19 L		Altitud (msnm)	Referencia geográfica
	Norte	Este		
SUE-PCOR 3	8 447 408	317 215	4834	Sector de Peruaccarca del proyecto minero de Corani.
SUE-PCOR 4	8 447 445	317 202	4828	Sector de Peruaccarca del proyecto minero de Corani.
SUE-PCOR 5	8 448 061	317 042	4871	Sector de Peruaccarca del proyecto minero de Corani.
SUE-PCOR 6	8 448 053	317 067	4863	Sector de Peruaccarca del proyecto minero de Corani.
SUE-PCOR 7	8 447 905	317 048	4859	Sector de Peruaccarca del proyecto minero de Corani.
SUE-PCOR 8	8 447 876	317 075	4856	Sector de Peruaccarca del proyecto minero de Corani.
SUE-PCOR 9	8 447 687	317 210	4833	Sector de Peruaccarca del proyecto minero de Corani.
SUE-PCOR 10	8 447 723	317 200	4832	Sector de Peruaccarca del proyecto minero de Corani.
SUE-PCOR 11	8 447 759	317 200	4834	Sector de Peruaccarca del proyecto minero de Corani.
SUE-PCOR 12	8 447 815	317 179	4836	Sector de Peruaccarca del proyecto minero de Corani.

**Tabla 9-19.** Descripción del área circundante de los puntos de muestreo para nivel de fondo

Código	Descripción detallada
SUE-PCOR 1	Suelo de color marrón claro con presencia de materia orgánica y mayor porcentaje de arena
SUE-PCOR 2	Suelo de color marrón claro con presencia de materia orgánica y mayor porcentaje de arena
SUE-PCOR 3	Suelo de color marrón claro con presencia de materia orgánica y mayor porcentaje de arena
SUE-PCOR 4	Suelo de color marrón claro con presencia de materia orgánica y mayor porcentaje de arena
SUE-PCOR 5	Suelo de color marrón claro con presencia de materia orgánica
SUE-PCOR 6	Suelo de color marrón claro con presencia de materia orgánica a partir de los 10 centímetros de profundidad presenta grava
SUE-PCOR 7	Suelo color marrón claro, con los tres primeros centímetros cubierto por materia orgánica.
SUE-PCOR 8	Suelo color marrón claro, con los tres primeros centímetros cubierto por materia orgánica.
SUE-PCOR 9	Suelo color marrón claro, con los tres primeros centímetros cubierto por materia orgánica.
SUE-PCOR 10	Suelo color marrón claro, con los tres primeros centímetros cubierto por materia orgánica.
SUE-PCOR 11	Suelo color marrón claro, con los tres primeros centímetros cubierto por materia orgánica.
SUE-PCOR 12	Suelo color marrón claro, con los tres primeros centímetros cubierto por materia orgánica.

#### 9.4.1.2. Determinación de las áreas para determinar de calidad ambiental de suelo

255. Se establecieron puntos de monitoreo de calidad ambiental de suelos en las comunidades campesinas de Isivilla, Corani-Aconsaya, Chacaconiza, Quelcaya y en el centro poblado de Aymaña.
256. Los puntos en las comunidades campesinas y centro poblado, se establecieron en tierras de pastoreo pertenecientes a la comunidad. Se evaluaron un total de 59



J  
9  
K  
J  
H  
1



PERÚ

Ministerio  
del AmbienteOrganismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental - OEFA

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

puntos de calidad ambiental de suelos, cada punto de muestreo consta de cuatro submuestras distribuidas en un cuadrante de 30 metros.

257. Con respecto a la profundidad de muestreo, esta se realizó de 0 a 30 cm de profundidad. De esta manera, conforme a la guía en mención se determinó realizar un muestreo compuesto<sup>50</sup>. En la Tabla 9-20, se tiene la cantidad, codificación y coordenadas de los puntos de muestreo de calidad ambiental de muestreo de suelos.

**Tabla 9-20.** Descripción de los puntos de muestreo de calidad ambiental de suelos

Código	Coordenadas UTM DATUM WGS 84, Zona 19 L		Altitud (msnm)	Referencia geográfica
	Norte	Este		
SUE-ISI 1	8 454 693	329 066	4581	Sector de Cuncatiana perteneciente a la comunidad campesina de Isivilla.
SUE-ISI 2	8 454 705	329 033	4574	Sector de Cuncatiana perteneciente a la comunidad campesina de Isivilla.
SUE-ISI 3	8 454 976	328 792	4583	Sector de Cuncatiana perteneciente a la comunidad campesina de Isivilla.
SUE-ISI 4	8 454 954	328 825	4579	Sector de Cuncatiana perteneciente a la comunidad campesina de Isivilla.
SUE-ISI 5	8 458 497	332 079	4451	Sector de Cuncatiana perteneciente a la comunidad campesina de Isivilla.
SUE-ISI 6	8 458 519	332 031	4448	Sector de Cuncatiana perteneciente a la comunidad campesina de Isivilla.
SUE-ISI 7	8 458 566	331 966	4444	Sector de Cuncatiana perteneciente a la comunidad campesina de Isivilla.
SUE-ISI 8	8 458 586	331 913	4444	Sector de Cuncatiana perteneciente a la comunidad campesina de Isivilla.
SUE-ISI 9	8 463 724	333 786	4462	Inmediaciones de la comunidad campesina de Isivilla - Corani
SUE-ISI 10	8 463 744	333 822	4473	Inmediaciones de la comunidad campesina de Isivilla - Corani.
SUE-ISI 11	8 463 829	333 810	4474	Inmediaciones de la comunidad campesina de Isivilla - Corani
SUE-ISI 12	8 461 779	332 793	4423	Inmediaciones de la comunidad campesina de Isivilla - Corani
SUE-ISI 13	8 461 747	332 802	4421	Inmediaciones de la comunidad campesina de Isivilla - Corani
SUE-ISI 14	8 461 717	332 805	4420	Inmediaciones de la comunidad campesina de Isivilla - Corani
SUE-COR 1	8 467 124	325 740	4069	Terreno agrícola el sector de "Chacuricocha" en el límite de las comunidades de Corani y Chimboya.
SUE-COR 2	8 467 053	325 699	4050	Terreno agrícola el sector de "Chacuricocha" en el límite de las comunidades de Corani y Chimboya.
SUE-COR 3	8 469 475	327 792	4452	Sector de la laguna de Soytochocha perteneciente a la comunidad campesina de Corani
SUE-COR 4	8 469 473	327 777	4442	Sector de la laguna de Soytochocha perteneciente a la comunidad campesina de Corani
SUE-COR 5	8 469 472	327 752	4426	Sector de la laguna de Soytochocha perteneciente a la comunidad campesina de Corani
SUE-COR 6	8 469 469	327 733	4412	Sector de la laguna de Soytochocha perteneciente a la comunidad campesina de Corani



9  
k  
2  
H  
1

<sup>50</sup> Para el muestreo de nivel de fondo, la Guía de Muestreo para Suelos propone que las muestras deben ser compuestas y recolectadas en un mínimo de tres áreas diferentes, pero con características similares al área de estudio. 11pp; 26pp.



PERÚ

Ministerio  
del AmbienteInstituto de Evaluación y  
Gestión Ambiental - OEFA

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

Código	Coordenadas UTM DATUM WGS 84, Zona 19 L		Altitud (msnm)	Referencia geográfica
	Norte	Este		
SUE-COR 7	8 469 350	327 688	4402	Inmediaciones de la laguna de Sorococha en la comunidad campesina de Corani.
SUE-COR 8	8 469 360	327 664	4392	Inmediaciones de la laguna de Sorococha en la comunidad campesina de Corani.
SUE-COR 9	8 469 226	327 589	4388	Inmediaciones de la laguna de Sorococha en la comunidad campesina de Corani.
SUE-COR 10	8 469 192	327 453	4401	Inmediaciones de la laguna de Sorococha en la comunidad campesina de Corani.
SUE-COR 11	8 469 186	327 484	4397	Inmediaciones de la laguna de Sorococha en la comunidad campesina de Corani.
SUE-CHA 1	8 448 962	319 373	4524	Sector de Wilacancha al margen derecho del río de Minaspata en la comunidad campesina de Chacaconiza.
SUE-CHA 2	8 448 997	319 355	4505	Sector de Wilacancha al margen derecho del río de Minaspata en la comunidad campesina de Chacaconiza.
SUE-CHA 3	8 449 027	319 357	4479	Sector de Wilacancha al margen derecho del río de Minaspata en la comunidad campesina de Chacaconiza.
SUE-CHA 4	8 449 191	319 121	4489	Sector de Wilacancha al margen izquierdo del río de Minaspata en la comunidad campesina de Chacaconiza.
SUE-CHA 5	8 449 157	319 173	4480	Sector de Wilacancha al margen izquierdo del río de Minaspata en la comunidad campesina de Chacaconiza.
SUE-CHA 6	8 455 017	320 976	4430	Sector de la laguna de Cochapata en la comunidad campesina de Chacaconiza.
SUE-CHA 7	8 455 031	320 998	4422	Sector de la laguna de Cochapata en la comunidad campesina de Chacaconiza.
SUE-CHA 8	8 454 993	321 032	4432	Sector de la laguna de Cochapata en la comunidad campesina de Chacaconiza.
SUE-CHA 9	8 455 018	321 010	4424	Sector de la laguna de Cochapata en la comunidad campesina de Chacaconiza.
SUE-CHA 10	8 455 882	321 578	4421	Sector de la laguna de Cochapata en la comunidad campesina de Chacaconiza.
SUE-CHA 11	8 455 853	321 621	4410	Sector de la laguna de Cochapata en la localidad de Chacaconiza.
SUE-CHA 12	8 456 167	321 564	4407	Sector de la laguna de Cochapata en la localidad de Chacaconiza.
SUE-CHA 13	8 456 103	321 545	4405	Sector de la laguna de Cochapata en la localidad de Chacaconiza.
SUE-QUE 1	8 449 435	312 072	4628	Sector de Añota en la comunidad campesina de Quelcaya.
SUE-QUE 2	8 449 466	312 052	4623	Sector de Añota en la comunidad campesina de Quelcaya.
SUE-QUE 3	8 449 526	312 149	4627	Sector de Añota en la comunidad campesina de Quelcaya.
SUE-QUE 4	8 449 543	312 122	4621	Sector de Añota en la comunidad campesina de Quelcaya.
SUE-QUE 5	8 449 784	311 900	4614	Sector de Mormontoy en la comunidad campesina de Quelcaya.
SUE-QUE 6	8 449 794	311 922	4610	Sector de Mormontoy en la comunidad campesina de Quelcaya.
SUE-QUE 7	8 451 405	314 195	4817	Sector de Pampa Condorsaya (Quelcany) en la comunidad campesina de Quelcaya.





PERÚ

Ministerio  
del AmbienteOrganismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental - OEFA

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

Código	Coordenadas UTM DATUM WGS 84, Zona 19 L		Altitud (msnm)	Referencia geográfica
	Norte	Este		
SUE-QUE 8	8 451 435	314 177	4816	Sector de Pampa Condorsaya en la comunidad campesina de Quelcaya.
SUE-QUE 9	8 451 494	314 153	4817	Sector de Pampa Condorsaya en la comunidad campesina de Quelcaya.
SUE-QUE 10	8 451 689	314 167	4815	Sector de Pampa Condorsaya en la comunidad campesina de Quelcaya.
SUE-QUE 11	8 451 597	314 142	4818	Sector de Pampa Condorsaya en la comunidad campesina de Quelcaya.
SUE-AYM 1	8 471 772	308 659	4505	Sector de Puñunacunca del centro poblado de Aymaña – Chimboya.
SUE-AYM 2	8 471 736	308 616	4510	Sector de Puñunacunca del centro poblado de Aymaña – Chimboya.
SUE-AYM 3	8 471 249	310 775	4503	Sector de Puñunacunca del centro poblado de Aymaña – Chimboya.
SUE-AYM 4	8 471 281	310 783	4500	Sector de Puñunacunca del centro poblado de Aymaña – Chimboya.
SUE-AYM 5	8 471 452	310 840	4487	Sector de Puñunacunca del centro poblado de Aymaña – Chimboya.
SUE-AYM 6	8 471 410	310 837	4489	Sector de Puñunacunca del centro poblado de Aymaña – Chimboya.
SUE-AYM 7	8 467 566	314 835	4323	Sector de Vilullo del centro poblado de Aymaña – Chimboya.
SUE-AYM 8	8 467 587	315 872	4319	Sector de Vilullo del centro poblado de Aymaña – Chimboya.
SUE-AYM 9	8 467 814	315 954	4319	Sector de Chullo del centro poblado de Aymaña – Chimboya.
SUE-AYM 10	8 467 768	315 919	4320	Sector de Chullo del centro poblado de Aymaña – Chimboya.

**Tabla 9-21.** Descripción del área circundante de los puntos de muestreo de calidad ambiental de suelos

Código	Descripción detallada
SUE-ISI 1	Suelo color marrón claro, con mayor porcentaje de arena y presencia de lombrices
SUE-ISI 2	Suelo color marrón claro, con mayor porcentaje de arena y presencia de lombrices
SUE-ISI 3	Suelo color marrón claro, con mayor porcentaje de arena y presencia de lombrices
SUE-ISI 4	Suelo color marrón claro, con mayor porcentaje de arena y presencia de lombrices
SUE-ISI 5	Suelo color marrón claro, con mayor porcentaje de arena y presencia de grava y raíces hasta 10 centímetros de profundidad
SUE-ISI 6	Suelo color marrón claro, con mayor porcentaje de arena y presencia de grava y raíces hasta 10 centímetros de profundidad
SUE-ISI 7	Suelo color marrón oscuro, con mayor porcentaje de arena y presencia de grava
SUE-ISI 8	Suelo color marrón claro, con mayor porcentaje de arena
SUE-ISI 9	Suelo color marrón oscuro, con presencia de materia orgánica
SUE-ISI 10	Suelo color marrón oscuro, con presencia de materia orgánica
SUE-ISI 11	Suelo color marrón oscuro, con presencia de materia orgánica
SUE-ISI 12	Suelo color marrón oscuro, con presencia de materia orgánica
SUE-ISI 13	Suelo color marrón oscuro, con presencia de materia orgánica
SUE-ISI 14	Suelo color marrón oscuro, con presencia de materia orgánica
SUE-COR 1	Suelo color marrón oscuro, con mayor porcentaje de arena
SUE-COR 2	Suelo color marrón oscuro, con mayor porcentaje de arena

P  
GK  
J  
H  
1



PERÚ

Ministerio  
del AmbienteOrganismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental - OEFA

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

Código	Descripción detallada
SUE-COR 3	Suelo color marrón oscuro, con mayor porcentaje de arena y materia orgánica
SUE-COR 4	Suelo color marrón oscuro, con mayor porcentaje de arena y materia orgánica
SUE-COR 5	Suelo color marrón oscuro, con mayor porcentaje de arena y con presencia de materia orgánica y grava
SUE-COR 6	Suelo color marrón oscuro, con mayor porcentaje de arena y materia orgánica
SUE-COR 7	Suelo color marrón oscuro, con mayor porcentaje de arena y con presencia de materia orgánica y grava
SUE-COR 8	Suelo color marrón oscuro, con mayor porcentaje de arena y con presencia de materia orgánica y grava
SUE-COR 9	Suelo color marrón oscuro, con mayor porcentaje de arena y con presencia de materia orgánica y grava
SUE-COR 10	Suelo color marrón oscuro, con mayor porcentaje de arena y con presencia de materia orgánica y grava
SUE-COR 11	Suelo color marrón oscuro, con mayor porcentaje de arena y con presencia de materia orgánica y grava
SUE-CHA 1	Suelo de color marrón oscuro, con mayor porcentaje de arena y presencia de grava
SUE-CHA 2	Suelo de color marrón claro, con mayor porcentaje de arena y presencia de grava
SUE-CHA 3	Suelo de color marrón claro, con mayor porcentaje de arena y presencia de grava
SUE-CHA 4	Suelo de color marrón oscuro, con mayor porcentaje de arena y presencia de grava
SUE-CHA 5	Suelo de color marrón claro, con mayor porcentaje de arena y presencia de grava
SUE-CHA 6	Suelo de color marrón claro, con mayor porcentaje de arena y raíces
SUE-CHA 7	Suelo de color marrón claro, con mayor porcentaje de arena y raíces
SUE-CHA 8	Suelo de color marrón claro, con mayor porcentaje de arena y raíces
SUE-CHA 9	Suelo de color marrón oscuro, con mayor presencia de arena
SUE-CHA 10	Suelo de color marrón claro, con mayor porcentaje de arena y presencia de raíces y grava
SUE-CHA 11	Suelo de color marrón claro, con mayor porcentaje de arena y presencia de raíces y grava
SUE-CHA 12	Suelo de color marrón claro, con mayor porcentaje de arena y presencia de raíces y grava
SUE-CHA 13	Suelo de color marrón claro, con mayor porcentaje de arena y presencia de raíces y grava
SUE-QUE 1	Suelo de color marrón oscuro, con mayor porcentaje de arena
SUE-QUE 2	Suelo de color marrón claro, con mayor porcentaje de arena y presencia de raíces hasta 20 centímetros de profundidad
SUE-QUE 3	Suelo de color marrón claro, con mayor porcentaje de arena
SUE-QUE 4	Suelo de color marrón claro, con mayor porcentaje de arena
SUE-QUE 5	Suelo de color marrón claro, con mayor porcentaje de arena y presencia de grava
SUE-QUE 6	Suelo marrón oscuro con presencia de materia orgánica y raíces
SUE-QUE 7	Suelo marrón oscuro con presencia de materia orgánica y raíces
SUE-QUE 8	Suelo marrón oscuro con presencia de materia orgánica y raíces
SUE-QUE 9	Suelo marrón oscuro con presencia de grava
SUE-QUE 10	Suelo marrón oscuro con presencia de materia orgánica y raíces
SUE-QUE 11	Suelo marrón oscuro con presencia de materia orgánica y raíces
SUE-AYM 1	Suelo color marrón claro, con mayor porcentaje de arena
SUE-AYM 2	Suelo color marrón oscuro, con mayor presencia de arena
SUE-AYM 3	Suelo color marrón claro, con mayor porcentaje de arena
SUE-AYM 4	Suelo color marrón claro, con mayor porcentaje de arena
SUE-AYM 5	Suelo color marrón oscuro, con mayor presencia de arena
SUE-AYM 6	Suelo color marrón oscuro, con mayor presencia de arena



/

9

K  
J  
H  
1

Código	Descripción detallada
SUE-AYM 7	Suelo color marrón oscuro, con mayor presencia de arena
SUE-AYM 8	Suelo color marrón oscuro, con mayor presencia de arena
SUE-AYM 9	Suelo color marrón oscuro, con mayor presencia de arena
SUE-AYM 10	Suelo color marrón oscuro, con mayor presencia de arena

**9.4.2. Protocolos, equipos y técnicas de análisis**

258. Los puntos de muestreo para nivel de fondo fueron establecidos siguiendo los lineamientos establecidos en las guías y protocolos citados en la Tabla 9-22.

**Tabla 9-22.** Guías y/o protocolos utilizados para establecer los puntos de muestreo de suelo

Componente ambiental	Guía y/o protocolo	País	Institución	Dispositivo legal	Año
Suelo	Guía para Muestreo de Suelos (Sección 1.3. Tipos de muestreo, sección 5. Determinación de puntos de muestreo y anexo N° 2 del documento)	Perú	Ministerio del Ambiente – MINAM	R.M. N° 085-2014-MINAM.	2014
	Manual de Lineamientos y Procedimientos para la elaboración y evaluación de Informes de Identificación de Sitios Contaminados (Parte A del manual)	Perú	Ministerio del Ambiente – MINAM	-	2015

259. El muestreo se realizó siguiendo un patrón de rejillas regulares; este modelo puede variar de acuerdo con la pendiente, la presencia de afloramientos rocosos, el relieve del suelo (e.g. zonas escarpadas) u otro factor que pueda afectar el muestreo, en concordancia con la "Guía para Muestreo de Suelos", aprobada mediante la Resolución Ministerial N° 085-2014-MINAM.

260. El barreno fue utilizado para extraer muestras de suelo a una profundidad de muestreo de 0 a 30 cm. De esta manera, conforme a la guía en mención, se determinó realizar un muestreo compuesto<sup>51</sup> de cinco sub-muestras representativas para la conformación de una muestra, las cuales fueron colectadas en un recipiente de polietileno en el que se realizó la mezcla de las mismas. Cada muestra homogenizada fue colectada en bolsas de polietileno con cierre hermético.

261. Cada uno de los puntos de muestreo fue referenciado mediante el uso de un navegador terrestre de posicionamiento global y registrado con cámara fotográfica. Los equipos utilizados para la evaluación de calidad ambiental de suelo se muestran en la Tabla 9-23.

**Tabla 9-23.** Equipos utilizados para el muestreo de calidad ambiental de suelo

EQUIPOS	MARCA	MODELO	SERIE
GPS	GPS	Garmin	Oregón 650
Cámara digital	Cámara digital	Canon	D30
Barreno	...	...	...

51 Para el muestreo de nivel de fondo, la Guía de Muestreo para Suelos propone que las muestras deben ser compuestas y recolectadas en un mínimo de tres áreas diferentes, pero con características similares al área de estudio. 11pp; 26pp.



*[Handwritten signature and initials in blue ink]*



PERÚ

Ministerio  
del AmbienteOrganismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental - OEFA

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

262. Para la selección de los parámetros para la evaluación del nivel de fondo de suelos, se priorizó aquellos relacionados con las futuras actividades de explotación y beneficio de yacimientos mineros del proyecto minero Corani de Bear Creek Mining Company Sucursal del Perú, así como parámetros adicionales que permitirían la interpretación de los resultados. Dichos parámetros se presentan en la Tabla 9-24.

**Tabla 9-24.** Parámetros y cantidad de puntos de muestreo para la evaluación de calidad de suelo

Áreas de evaluación	Metales totales	Observaciones
Área de influencia del proyecto minero Corani	12	Evaluado por el laboratorio de ensayo acreditado AGQ PERÚ S.A.C.
CC Corani Aconsaya	11	
CC Isivilla	14	
CP Aymaña	10	
CC Chacaconiza	13	
CC Quelcaya	11	

CC: Comunidad campesina

CP: Centro poblado

263. Como se ha mencionado, se tomaron como referencia los lineamientos establecidos en la "Guía para Muestreo de Suelos", el cual determina evaluar metales y metaloides. Dichos parámetros se consignan en la Tabla 9-25, donde se detallan la lista de los 35 metales y sus métodos de análisis empleados por AGQ Perú S.A.C., así como los límites de cuantificación del laboratorio para cada parámetro. La información relacionada al laboratorio se encuentra en el Anexo E5. Cadenas de custodia e informes de ensayo.

**Tabla 9-25.** Métodos de análisis y rangos de los límites de determinación para metales totales

PARÁMETRO	METALES TOTALES		
	PNT	Técnica	Rango (mg/kg PS) *
Aluminio (Al) total	EPA 200.8	Espect ICP-MS	0,15 – 50 000
Antimonio (Sb) total	EPA 200.8	Espect ICP-MS	0,0017 – 1 000
Arsénico (As) total	EPA 200.8	Espect ICP-MS	0,40 – 5 000
Bario (Ba) total	EPA 200.8	Espect ICP-MS	0,030 – 5 000
Berilio (Be) total	EPA 200.8	Espect ICP-MS	0,001 – 1 000
Bismuto (Bi) total	EPA 200.8	Espect ICP-MS	0,008 – 2 000
Boro (B) total	EPA 200.8	Espect ICP-MS	0,180 – 2 000
Cadmio (Cd)	EPA 200.8	Espect ICP-MS	0,0007 – 1 000
Calcio (Ca) total	EPA 200.8	Espect ICP-MS	8 – 100 000
Cerio (Ce) total	EPA 200.8	Espect ICP-MS	0,0005 – 1 000
Cobalto (Co) total	EPA 200.8	Espect ICP-MS	0,003 – 1 000
Cobre (Cu) total	EPA 200.8	Espect ICP-MS	0,03 – 10 000
Cromo (Cr) total	EPA 200.8	Espect ICP-MS	0,1 – 1 000
Estaño (Sn) total	EPA 200.8	Espect ICP-MS	0,01 – 2 000
Estroncio (Sr) total	EPA 200.8	Espect ICP-MS	0,004 – 2 000
Fosforo (P) total	EPA 200.8	Espect ICP-MS	0,8 – 50 000
Hierro (Fe) total	EPA 200.8	Espect ICP-MS	0,006 – 100 000
Litio (Li) total	EPA 200.8	Espect ICP-MS	0,01 – 2 000
Magnesio (Mg) total	EPA 200.8	Espect ICP-MS	0,1 – 50 000
Manganeso (Mn) total	EPA 200.8	Espect ICP-MS	3 – 10 000
Mercurio (Hg) total	EPA 200.8	Espect ICP-MS	0,03 – 1 000



Y

D

K  
2  
H  
1



PERÚ

Ministerio  
del AmbienteOrganismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental - OEFA

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

PARÁMETRO	METALES TOTALES		
	PNT	Técnica	Rango (mg/kg PS) *
Molibdeno (Mo) total	EPA 200.8	Espect ICP-MS	0,003 – 1 000
Níquel (Ni) total	EPA 200.8	Espect ICP-MS	0,09 – 1 000
Plata (Ag) total	EPA 200.8	Espect ICP-MS	0,006 – 1 000
Plomo (Pb) total	EPA 200.8	Espect ICP-MS	0,006 – 5 000
Potasio (K) total	EPA 200.8	Espect ICP-MS	8 – 50 000
Selenio (Se) total	EPA 200.8	Espect ICP-MS	0,004 – 2 000
Sodio (Na) total	EPA 200.8	Espect ICP-MS	1 – 50 000
Talio (Tl) total	EPA 200.8	Espect ICP-MS	0,0002 – 1 000
Titanio (Ti) total	EPA 200.8	Espect ICP-MS	0,06 – 2 000
Torio (Th) total	EPA 200.8	Espect ICP-MS	0,0001 – 1 000
Uranio (U) total	EPA 200.8	Espect ICP-MS	0,0002 – 1 000
Vanadio (Va) total	EPA 200.8	Espect ICP-MS	0,6 – 1 000
Wolframio (W) total	EPA 200.8	Espect ICP-MS	0,0017 – 2 000
Zinc (Zn) total	EPA 200.8	Espect ICP-MS	0,17 – 10 000

\* El rango mínimo se corresponde con el Límite de Determinación, a partir del cual cuantificamos

PNT: Procedimiento normalizado de trabajo / ND: No determinado

PS: Peso seco

Fuente: AGQ Perú S.A.C.

#### 9.4.3. Estándares de comparación

264. De acuerdo con el mapa de clasificación de tierras por su capacidad de uso mayor de 1981 de la Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN), los suelos ubicados alrededor del proyecto Corani, estarían clasificados como tierras con aptitud para pasto (P) y protección (X)<sup>52</sup>. Asimismo, el Anexo II del Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM especifica que la clasificación "suelo agrícola" incluye a los suelos con aptitud para el crecimiento de cultivos y el desarrollo de la ganadería. En este sentido, los puntos de muestreo de calidad ambiental de suelos serán comparados con el ECA de suelos anteriormente mencionado, los cuales se detallan en la Tabla 9-26.

Tabla 9-26. Estándares de comparación nacional en calidad de suelo

PARÁMETROS	Estándares de Calidad Ambiental para Suelos
	Suelo de uso agrícola (mg/kg MS)
Mercurio (Hg)	6,6
Arsénico (As)	50
Bario (Ba)	750
Cadmio (Cd)	1,4
Cromo VI	0,4
Plomo (Pb)	70
Cianuro libre	0,9

Fuente: Decreto Supremo 011-2017-MINAM

## 10. RESULTADOS Y ANÁLISIS

265. Los resultados y el análisis de los componentes agua a nivel superficial, sedimento, comunidades hidrobiológicas y suelo, son descritos a continuación.

<sup>52</sup> Mapa de capacidad de uso mayor de suelos de 1981 ONERN. Visto en la página web <http://www.geogpsperu.com/2015/10/mapadesuelos-onemhtml>, revisado el 12 de octubre de 2016.



PERÚ

Ministerio  
del AmbienteOrganismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental - OEFA

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

## 10.1. Calidad de agua

266. Los resultados de calidad de agua superficial de los 44 puntos de muestreo y el análisis de los mismos, se han separado en 3 ítems para llegar a un mejor entendimiento: 10.1.1. Evaluación de la calidad ambiental, 10.1.2. Comportamiento de metales y 10.1.3. Evaluación hidroquímica.
267. Los resultados correspondientes a los ríos, quebradas, manantiales y bofedales, han sido representados a través de gráficos, mientras que los correspondientes al balance iónico, el porcentaje de metales disueltos y suspendidos han sido presentados en tablas.
268. Los resultados completos de campo y laboratorio del componente agua se presentan en los Anexos: B1. Tabla de resultados y B2. Gráficos.
269. Para realizar el análisis de resultados, los puntos de muestreo de calidad de agua superficial y de manantiales, se han dividido en dos zonas de acuerdo a las ubicaciones de cada punto según se detalla en el ítem 6.1.

### 10.1.1. Evaluación de la calidad ambiental

270. En esta sección se muestra la comparación de las concentraciones obtenidas de los parámetros analizados con los valores establecidos en el ECA para agua (D.S. N° 004-2017-MINAM). Debido a las características de los cuerpos de agua, se vio por conveniente realizar una comparación por tipo de componente. En ese sentido, tendremos a los cuerpos de agua lóticos y cuerpos de agua lénticos, lo cual permite una mejor visualización y comparación de los cuerpos de agua con su respectiva categoría establecido en los ECA para agua.
271. A continuación se mostrarán solo los parámetros que hayan excedido los valores establecidos en los ECA para agua: Dentro de los cuerpos de agua lóticos se compararon con los valores establecidos en los ECA para agua, categoría 4, subcategorías E2 "Ríos Costa y Sierra" y en los cuerpos de agua lénticos<sup>53</sup> se compararon con los valores establecidos en los ECA para agua, categoría 4, subcategorías E1 "Lagunas y Lagos"<sup>54</sup>. Debe indicarse que el parámetro Cadmio disuelto, reportado por el laboratorio NSF Envirolab, tiene límite de cuantificación 0,001mg/L (ver anexo B7).
272. Por otro lado, los manantiales son utilizados por las comunidades campesinas, como fuente de agua para consumo, por lo que los resultados de los manantiales, también serán comparados con los ECA para agua, Categoría 1 "Poblacional y Recreacional", subcategorías A1 "Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección" y; A2 "Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional", de manera referencial.
273. Las concentraciones de otros parámetros evaluados y no indicados en esta sección, como conductividad, nitrógeno amoniacal, nitrato, sulfuro, sólidos suspendidos totales (SST), antimonio, arsénico, entre otros, no excedieron los valores establecidos en los ECA – Categoría 4, E1. Asimismo las concentraciones de

<sup>53</sup> "Humedales andinos: lagos, lagunas, bofedales, manantiales, puquios, tuberías, humedales de páramos, kársticos andinos". Ministerio del Ambiente, "Estrategia Nacional de Humedales", Primera edición, Ministerio del ambiente, Dirección general de diversidad biológica, diciembre 2015.

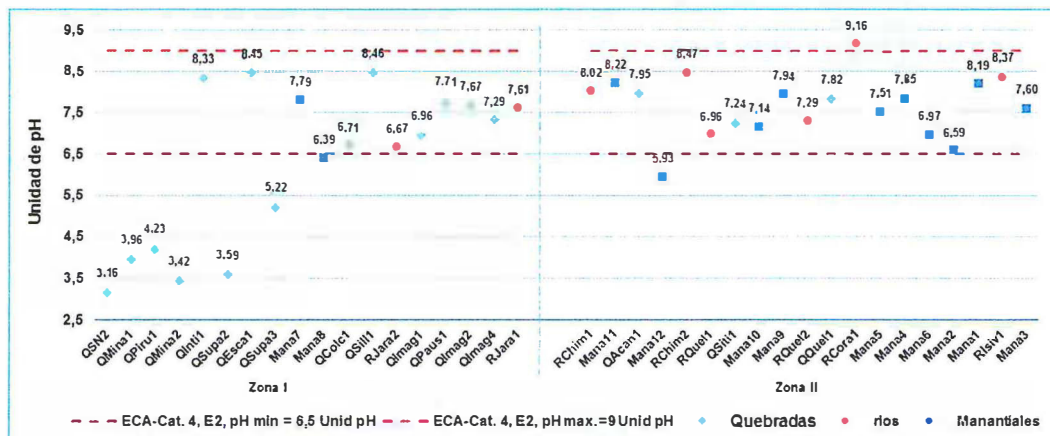
<sup>54</sup> D.S. N° 004-2017-MINAM de fecha 07 de junio de 2017. Numeral 3.4, "Categoría 4: Conservación del ambiente acuático" Subcategoría E1: Lagunas y lagos. Entiéndase como aquellos cuerpos naturales de agua lénticos, que no presentan corriente continua, incluyendo humedales".

conductividad, nitratos, Sulfuros, SST, antimonio, arsénico, entre otros, no excedieron los valores establecidos en los ECA – Categoría 4, E2. Ver anexo B1. Tabla de resultados.

**a) Ríos, quebradas y manantiales**

- Potencial de hidrógeno (pH)**

274. En la Figura 10-1. se muestran los resultados de los valores de pH que excedieron los ECA para Agua, Cat4E2.



**Figura 10-1.** Valores registrados de pH comparados con los valores indicados en el ECA para agua categoría 4

**Zona I**

275. Los valores de pH en los puntos de muestreo en las quebradas denominados: QSN2, QPiru1, QMin2, Qmin1, QSupa2 y QSupa3; así como en el manantial (Mana8), se encuentran fuera del rango establecido en el ECA agua Cat4E2, presentando características ácidas.

**Zona II**

276. Los valores de pH en los puntos de muestreo del manantial (Mana12) y en el río Corani (RCora1), se encuentran fuera del rango establecido en el ECA agua Cat4E2, presentando características ácida y básica respectivamente.

- Oxígeno disuelto**

**Zona I**

277. En la zona I, en todos los puntos de muestreo la concentración de oxígeno disuelto se encuentran por encima del valor mínimo establecido en el ECA para agua Cat4E2 (5 mg/L).

**Zona II**

278. En la zona II, el manantial denominado Mana10, presentó concentración por debajo del valor mínimo establecido en el ECA para agua Cat4E2 (5 mg/L) para Oxígeno disuelto (4,59 mg/L) (ver Figura 10-2).



P  
 D  
 K  
 2  
 7  
 7  
 1

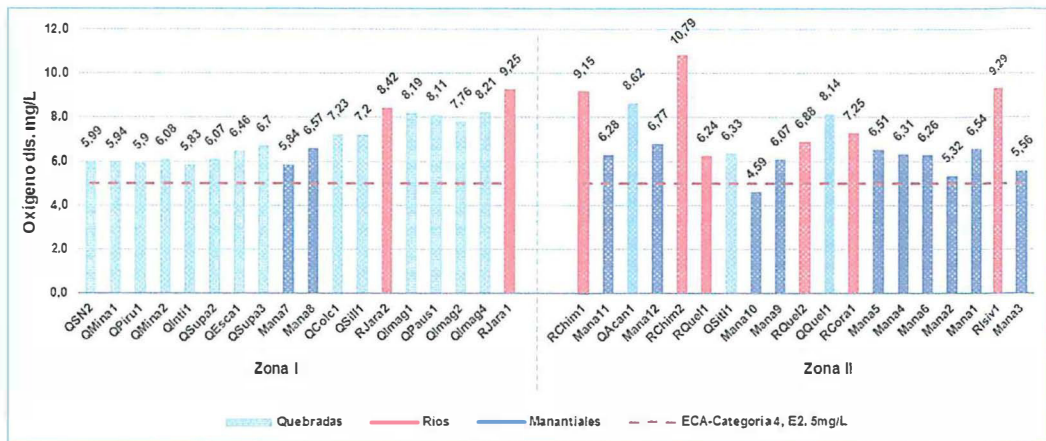


Figura 10-2. Concentración de oxígeno disuelto que excedieron el ECA para agua categoría 4 (2017)

• Mercurio total

Zona I

279. Los puntos en las quebradas identificadas como QEsca1, QInti1 y QSupa2, excedieron el valor establecido en los ECA para agua, Cat4E2. Los otros puntos de agua (en ríos y manantiales) no excedieron los ECA para agua, Cat4E2.

Zona II

280. En esta zona, todos los puntos evaluados no excedieron los ECA para agua, Cat4E2.

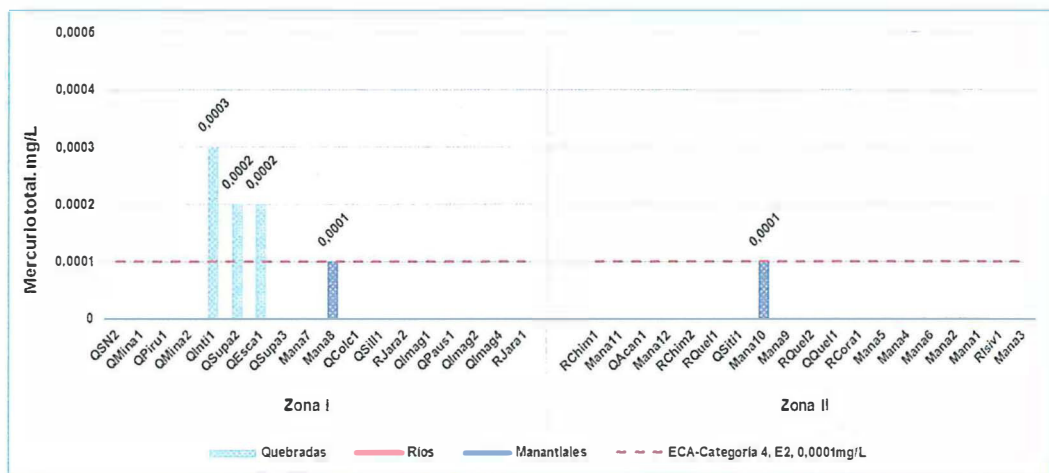


Figura 10-3. Concentración de mercurio total que excedieron el ECA para agua categoría 4 (2017)

• Cobre total

Zona I

281. Los puntos en las quebradas identificadas como QNS2, QMina2 y QSupa2 excedieron el valor del ECA para agua, Cat4E2. Los otros puntos de agua (en ríos y manantiales) no excedieron los ECA para agua, Cat4E2 (ver Figura 10-4).



*[Handwritten signature and initials]*

Zona II

282. Los puntos de muestreo ubicado en la zona II, en ríos, quebradas y manantiales no excedieron los ECA para agua, Cat4E2 (ver Figura 10-4).

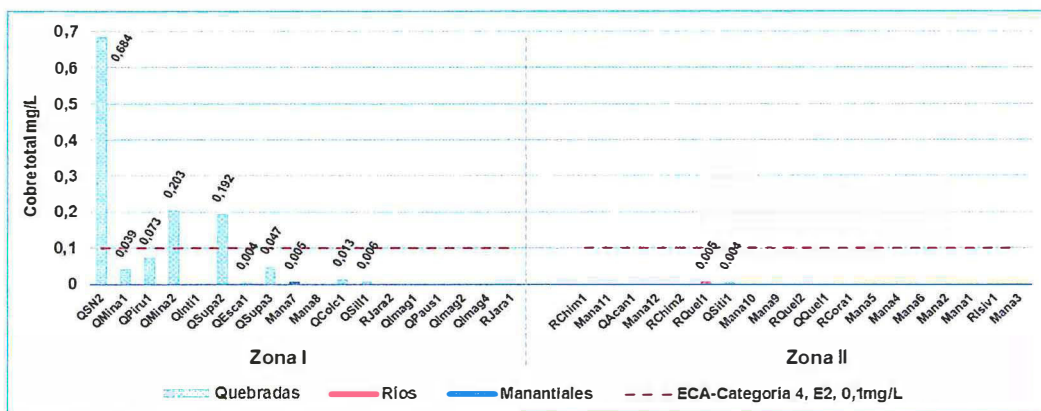


Figura 10-4. Concentración de cobre total que excedieron el ECA para agua categoría 4 (2017)

• Fósforo total

Zona I

283. La concentración de fósforo total en los puntos de muestreo de las quebradas, río y manantiales denominadas QEsca1, QImag4, QSupa3, RJara1, Mana7 y Mana8, excedieron el valor establecido en los ECA para agua Cat4E2.

Zona II

284. La concentración de fósforo total, en los puntos de muestreo de la quebrada denominada QQue1 y de los ríos denominados RIsiv1 y RQue1 y; de los manantiales denominados Mana2, Mana3, Mana4 y Mana11, excedieron los ECA para agua, Cat4E2 (ver Figura 10-5).

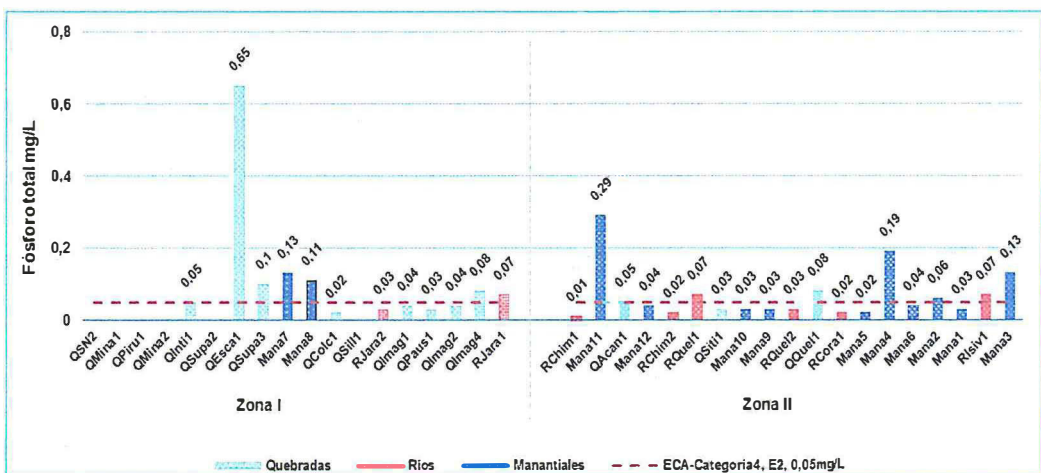


Figura 10-5. Concentración de fósforo total que excedieron el ECA para agua categoría 4 (2017)



Handwritten signature and initials in blue ink.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Defensoría del Ambiente

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

• **Plomo total**

Zona I

285. En la zona I, los puntos de muestreo en las quebradas denominadas QNS2, QPiru1, QMina1, QSupa2 y QSupa3; los puntos de muestreo en los ríos denominados RJara1 y RJara2 reportaron concentraciones que exceden los ECA para agua Cat4E2.

Zona II

286. Los puntos de muestreo ubicado en la zona II, en ríos, quebradas y manantiales no excedieron los ECA para agua, Cat4E2 (ver Figura 10-6).

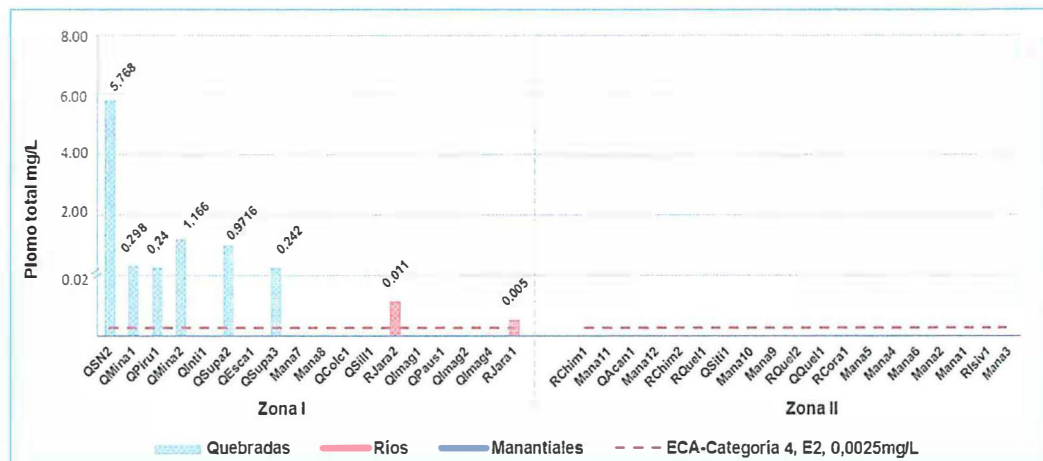


Figura 10-6. Concentración de plomo total que excedieron el ECA para Agua categoría 4 (2017)

• **Talio total**

Zona I

287. Los puntos de muestreo de las quebradas denominadas QNS2, QMina2, QMina1 y QSupa2, excedieron los ECA para agua Cat4E2. Sin embargo, en los otros cuerpos de agua, todos los puntos muestreados cumplieron con los ECA para agua Cat4E2 (ver Figura 10-7).

Zona II

288. Los puntos de muestreo ubicado en la zona II, en ríos, quebradas y manantiales no excedieron los ECA para agua, Cat4E2.



P  
G  
K  
J  
H  
1



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

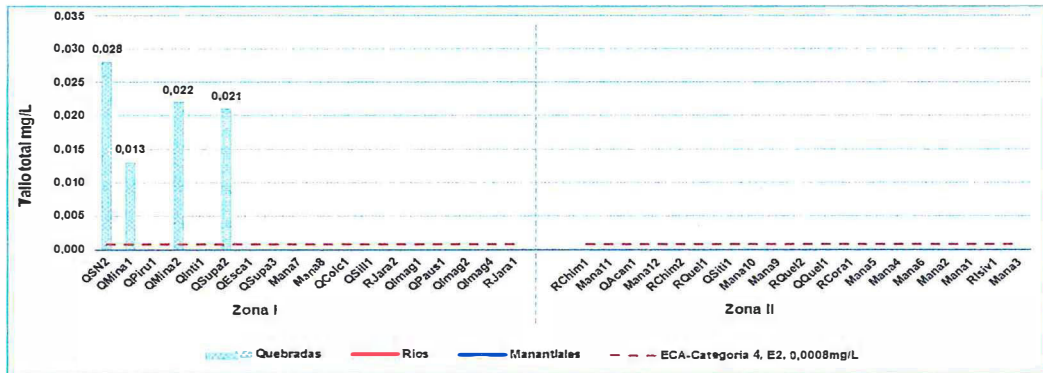


Figura 10-7. Concentración de talio total que excedieron el ECA para agua categoría 4 (2017)

• Zinc total

Zona I

289. Los puntos de muestreo de las quebradas denominadas QNS2, QPiru1, QMina1 QSupa2 y QSupa3, y los puntos de muestreo en los ríos denominados RJara1 y RJara2 reportaron concentraciones que exceden los ECA para agua Cat4E2 (ver Figura 10-8).

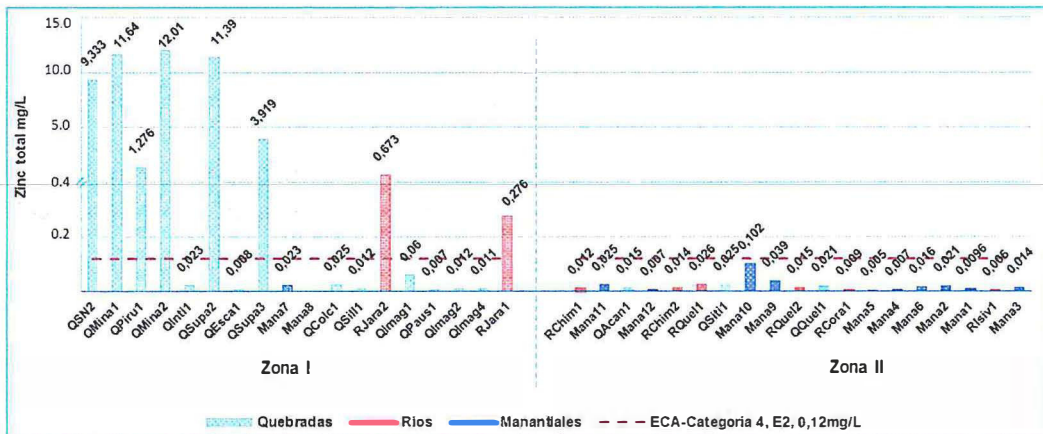


Figura 10-8. Concentración de zinc total que excedieron el ECA para Agua categoría 4 (2017)

• Cadmio disuelto

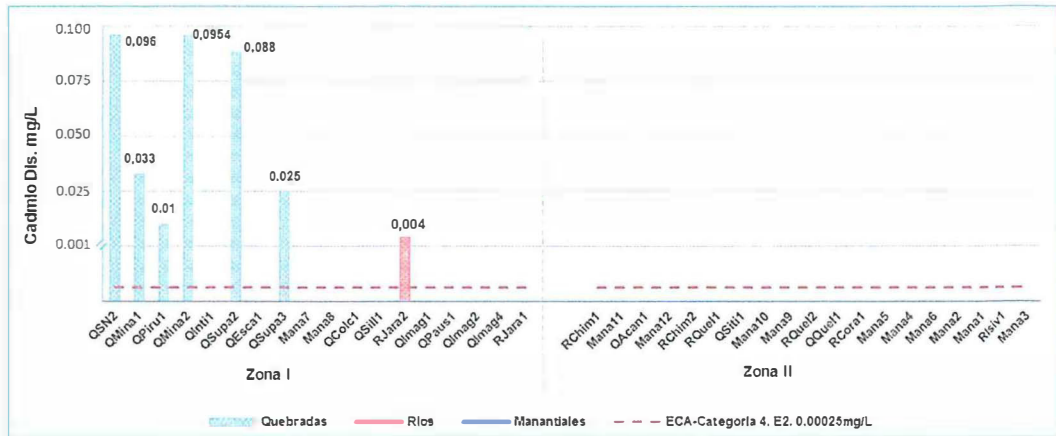
Zona I

290. Los puntos de muestreo de las quebradas denominadas QNS2, QPiru1, QMina1 QSupa2 y QSupa3, así como el punto en el río denominado RJara2 reportaron concentraciones que exceden los ECA para agua Cat4E2 (ver Figura 10-9).



P  
G

k  
j  
H  
1



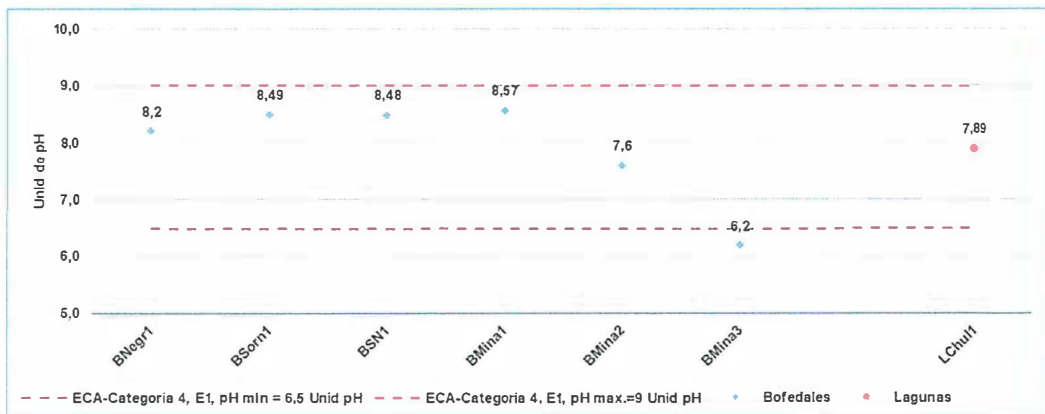
**Figura 10-9.** Concentración de cadmio disuelto que excedieron el ECA para agua categoría 4 (2017)

**b) Lénticos: Bofedales y Laguna**

291. La totalidad de los puntos de muestreo de cuerpos de agua lénticos, se ubicaron en la zona I.

- Potencial de hidrógeno (pH)**

292. Como se muestra en la Figura 10-10, el punto de muestreo en el bofedal identificado como BMinat3 registró valores de pH ligeramente ácido, el cual se encuentra por debajo del valor establecido por los ECA para agua - Cat4E1.



**Figura 10-10.** Valores de pH total que excedieron el rango del ECA para agua categoría 4 (2017)

- Oxígeno disuelto**

293. De acuerdo a la Figura 10-11 se observa que la concentración del punto de muestreo BMinat2 de los bofedales, registró una concentración de oxígeno disuelto menor al establecido por los ECA para agua, Cat4E1.



*[Handwritten signature]*

*[Handwritten mark]*

*[Handwritten initials]*

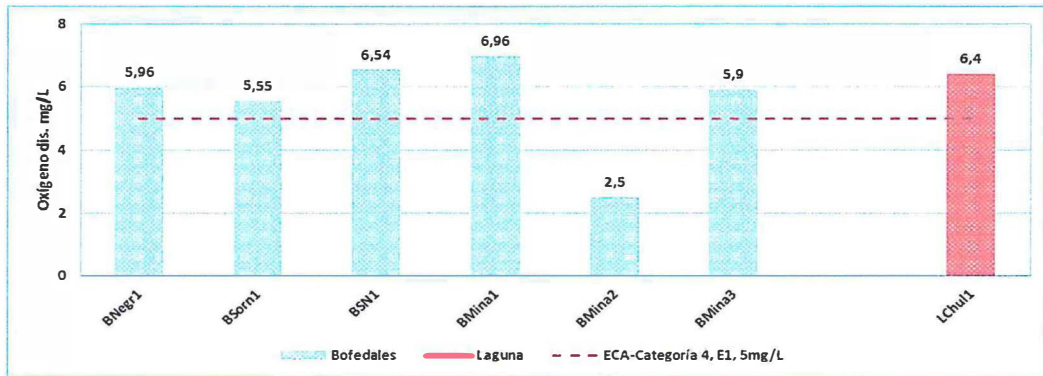


Figura 10-11. Concentración de oxígeno disuelto que excedieron el ECA para agua categoría 4 (2017)

- Mercurio total

294. El punto de muestreo del bofedal denominado BSN1, registró una concentración de mercurio que excede el valor establecido en los ECA para agua, Cat4E1, tal como se muestra en la Figura 10-12.

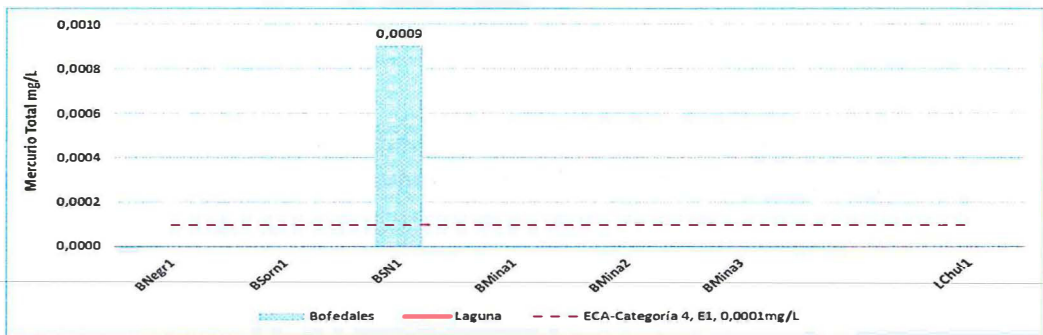


Figura 10-12. Concentración de mercurio total que excedieron el ECA para agua categoría 4 (2017)

- Bario total

295. La concentración de bario en el punto de muestreo en el bofedal identificado como BMin3, excedió el valor de los ECA para agua, Cat4E1, Los otros puntos de agua no excedieron los ECA para agua, Cat4E2 (ver Figura 10-13).

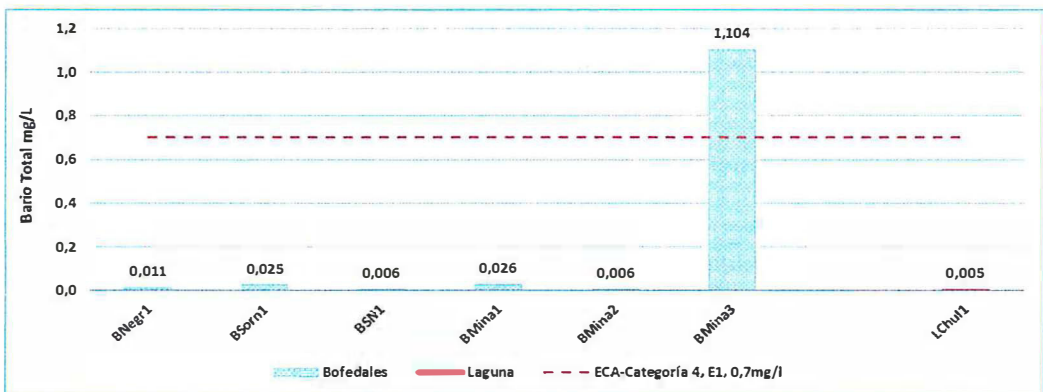


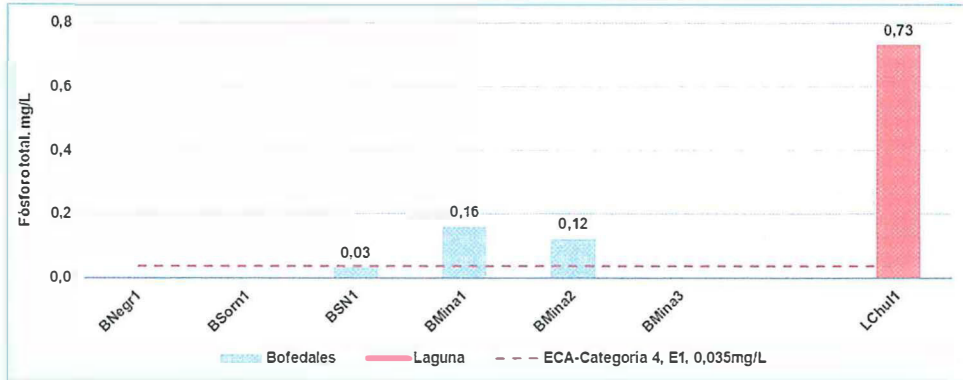
Figura 10-13. Concentración de bario total que excedieron el ECA para agua categoría 4 (2017)



P  
9  
K  
O  
E  
1

• **Fósforo total**

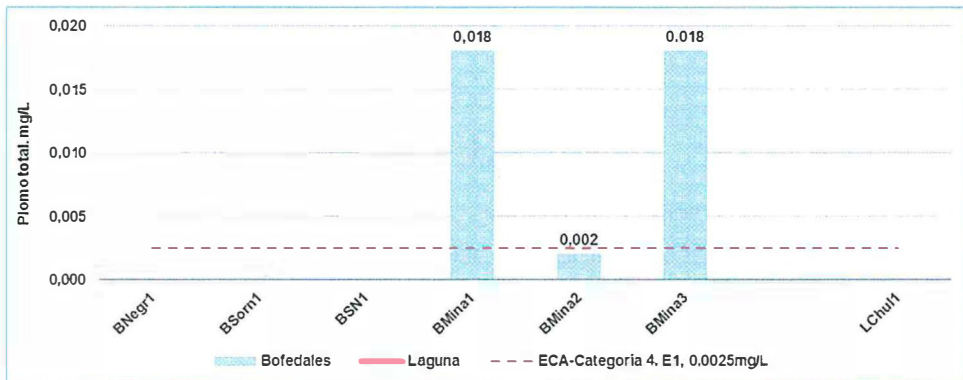
296. La concentración de fósforo total en los puntos de muestreo en los bofedales denominados BMin1 y BMin2; y en la Laguna Chullumpicocha (LChull1), excedieron el valor establecido en los ECA para agua, Cat4E1.



**Figura 10-14.** Concentración de fósforo total que excedieron el ECA para agua categoría 4 (2017)

• **Plomo total**

297. Los puntos de muestreo de los bofedales identificados como BMin1 y BMin3, concentraciones que exceden los ECA para agua Cat4E1 (ver Figura 10-15).



**Figura 10-15.** Concentración de plomo total que excedieron el ECA para Agua categoría 4 (2017)

• **Zinc total**

298. Los puntos de muestreo en los bofedales denominados BNegr1, BMin1 y BMin3, reportaron concentraciones que exceden los ECA para agua Cat4E1 (ver Figura 10-16).



*[Handwritten signature]*

*[Handwritten mark]*

*[Handwritten initials]*

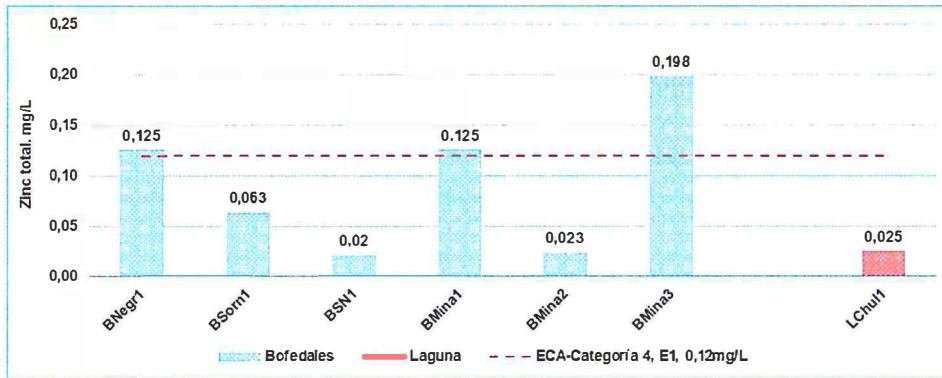


Figura 10-16. Concentración de zinc total que excedieron el ECA para Agua categoría 4 (2017)

• **Cadmio disuelto**

299. El punto de muestreo en los bofedales identificado como BMina3, registra una concentración de cadmio disuelto que excede los ECA para agua, Cat4E1 (ver Figura 10-17).

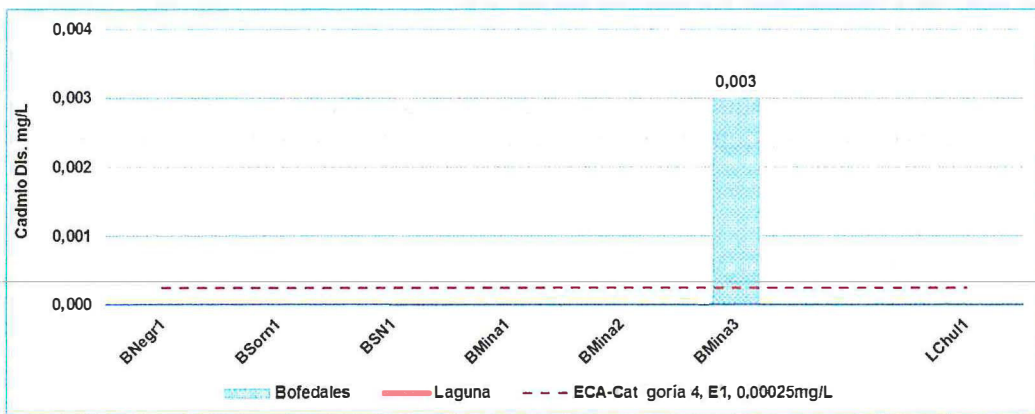


Figura 10-17. Concentración de cadmio disuelto que excedieron el ECA para agua categoría 4 (2017)



*Handwritten signature and initials in blue ink.*

**c) Evaluación de los manantiales**

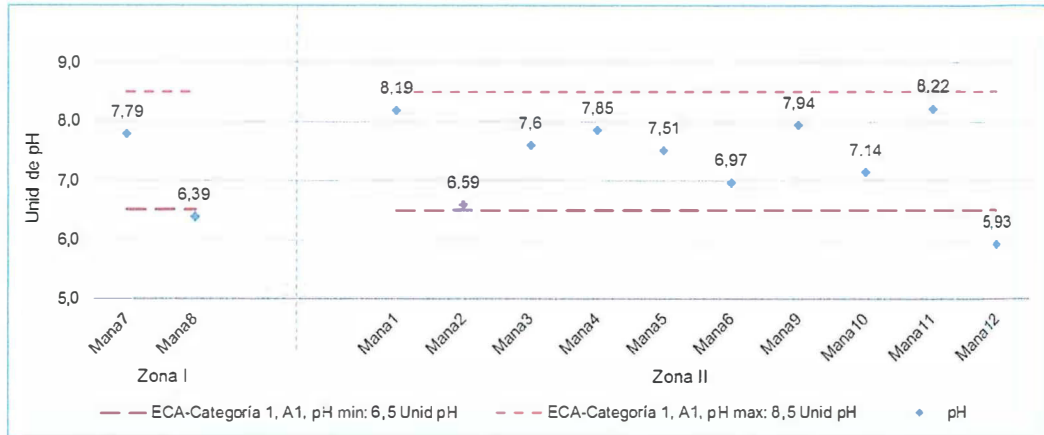
300. Para la evaluación de los manantiales, estos serán comparados con los ECA para agua, categoría 1 "Poblacional y Recreacional", subcategorías A1 "Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección" y; con la categoría A2 "Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional", de manera referencial, debido a que son utilizados como fuente de agua para consumo.

• **Potencial de hidrógeno (pH)**

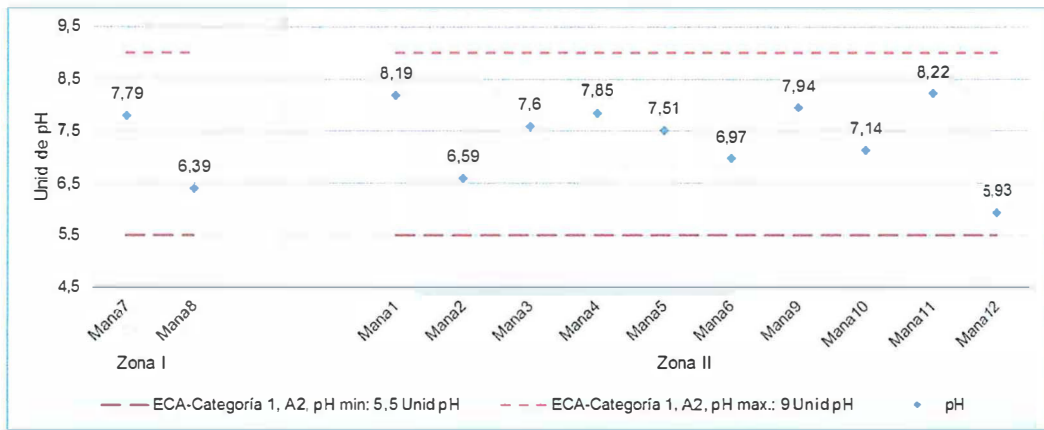
301. En la zona I, el manantial denominado Mana8 (punto de captación de agua de la CC de Chacaconiza) el valor de pH es ligeramente ácido, el cual se encuentra por debajo del valor del ECA para agua - Cat1A1, de manera referencial (ver Figura 10-18).

302. En la zona II, el manantial denominado Mana12 (punto de captación de agua del CP de Aymaña), registró el pH ligeramente ácido, el cual se encuentra por debajo del valor del ECA para agua - Cat1A1, de manera referencial. (ver Figura 10-18).

303. Por otro lado, los valores de pH en ambas zonas (I y II), comparados con los ECA para agua, Cat1A2 se encontrarían dentro del rango requerido, de manera referencial (ver Figura 10-19).



**Figura 10-18.** Valores registrados de pH que excedieron el ECA para Agua categoría Cat1A1 (2017)



**Figura 10-19.** Valores registrados de pH que excedieron el ECA para agua categoría Cat1A2 (2017)

• **Oxígeno disuelto**

304. En la zona I, el manantial denominado Mana7 (Kanchapata), presentó concentración por debajo del valor mínimo establecido en el ECA para agua Cat1A1 (6 mg/L) para oxígeno disuelto (5,84 mg/L), de manera referencial.

305. En la zona II, en los puntos de los manantiales denominados Mana2 (Jahuecca), Mana3 (Iswarcota) y mana10 (Mormontone), presentaron concentraciones por debajo del valor mínimo establecido en el ECA para agua Cat1A1 para oxígeno disuelto, de manera referencial.

306. Por otro lado, el manantial identificado como Mana10 (Mormontone) no cumpliría con el valor mínimo de oxígeno disuelto, establecido en el ECA para agua, Cat1A2 (ver Figura 10-20), de manera referencial.



*[Firma manuscrita]*

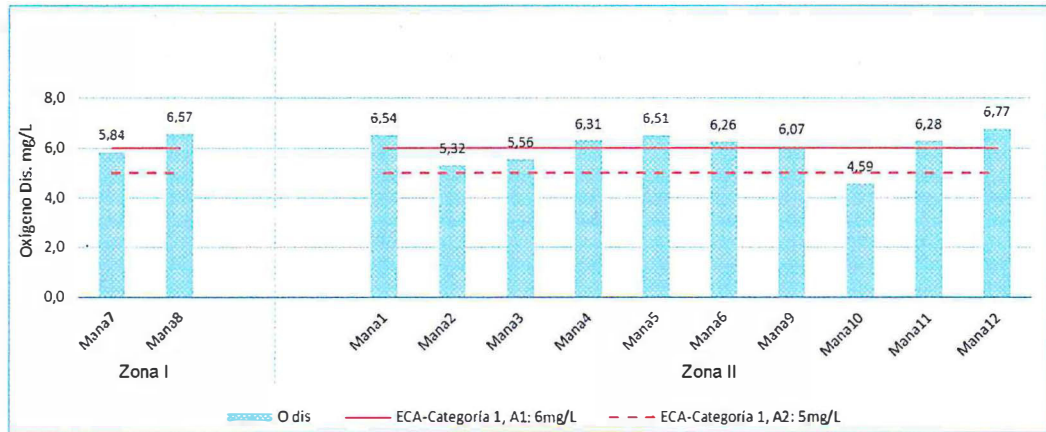


Figura 10-20. Concentración de oxígeno disuelto que excedieron el ECA para Agua categoría Cat1A1 y Cat1A2 (2017)

• **Conductividad**

307. Todos los manantiales evaluados en la zona I y Zona II, registran concentraciones de conductividad por debajo del valor establecido en los ECA para agua - Cat1A1 como en los ECA para agua, Cat1A2 (297 $\mu$ S/cm), como puede verse en la Figura 10-21.

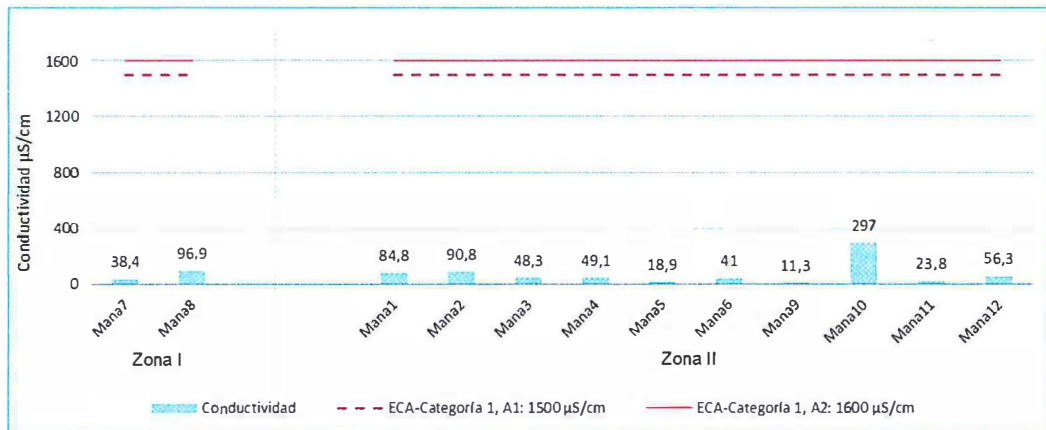


Figura 10-21. Concentración de conductividad que excedieron el ECA para agua categoría Cat1A1 y Cat1A2 (2017)

• **Arsénico total**

308. En la zona I, la concentración de arsénico en el manantial denominado Mana8 (punto de captación de agua de la CC de Chacaconiza), excede el valor establecido de los ECA para agua en la Cat1A1 y Cat1A2 (ver Figura 10-22).

309. En la zona II, la concentración de arsénico en los manantiales denominados Mana4 (Cumapata) y Mana10 (Mormontone) exceden el valor establecido de los ECA para agua en la Cat1A1 y Cat1A2 (ver Figura 10-22).



*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*

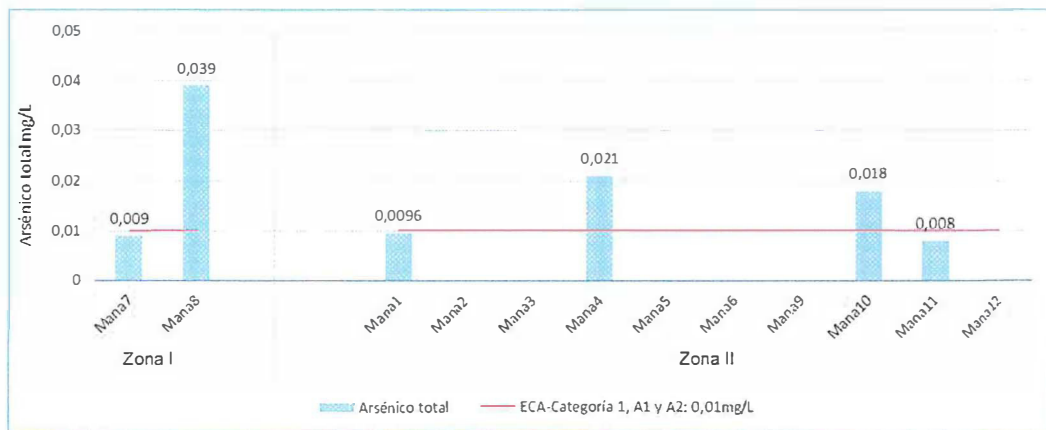


Figura 10-22. Concentración de arsénico que excedieron el ECA para agua categoría Cat1A1 y Cat1A2 (2017)

• Berilio total

- 310. En la zona I, la concentración de berilio en los manantiales denominados Mana7 (Kanchapata) y Mana8 (punto de captación de agua de la CC de Chacaconiza) cumplen con el valor establecido en el ECA para agua - Cat1A1 y Cat1A2, (ver figura 10-23).
- 311. En la zona II, la concentración de berilio en el manantial denominado Mana2 (Jahuecca) excedió el valor establecido en el ECA para agua - Cat1A1; sin embargo, cumple con el ECA para agua - Cat1A2 (ver Figura 10-23).

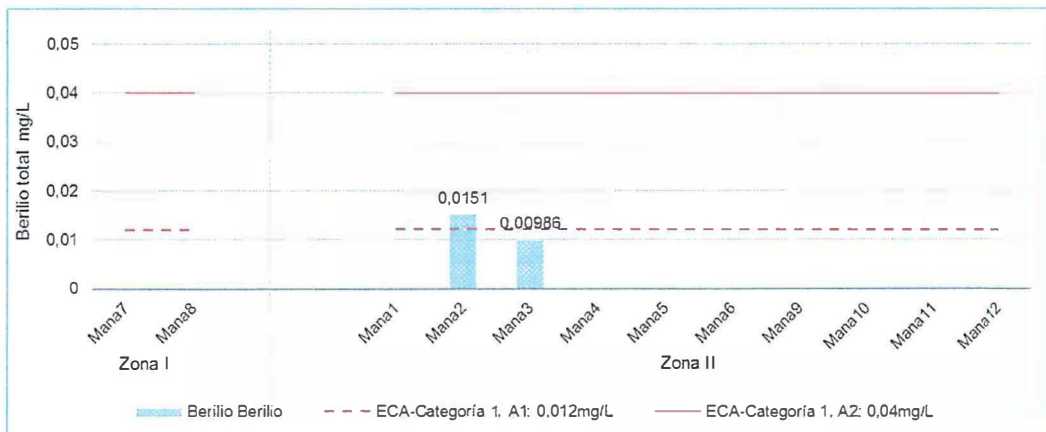


Figura 10-23. Concentración de berilio que excedieron el ECA para agua categoría Cat1A1 y Cat1A2 (2017)

• Fósforo total

- 312. En la zona I, la concentración de fósforo en los puntos de los manantiales denominados Mana7 (Kanchapata) y Mana8 (punto de captación de agua de la CC de Chacaconiza) excedieron el valor establecido en el ECA para agua Cat1A1, sin embargo, cumple con el ECA para agua Cat1A2.
- 313. En la zona II, la concentración de fósforo en los puntos de los manantiales denominados Mana3 (Iswarcota), Mana4 (Cumapata) y Mana11 (Queuñani), exceden el valor del ECA para agua Cat1A1. Asimismo, los puntos de muestreo de



*[Handwritten signature]*

*[Handwritten initials]*

los manantiales denominados Mana4 y Mana11 exceden el valor del ECA para agua Cat1A2 (ver Figura 10-24).

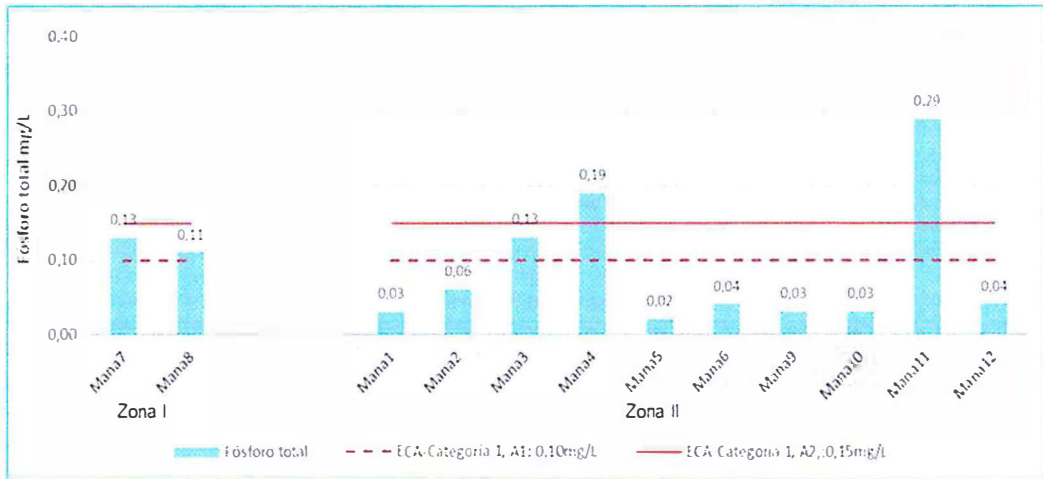


Figura 10-24. Concentración de fósforo total que excedieron el ECA para Agua categoría Cat1A1 y Cat1A2 (2017)

• Hierro total

314. En la zona I, la concentración de hierro total en los manantiales denominados Mana7 (Kanchapata) y Mana8 (punto de captación de agua de la CC de Chacaconiza) cumplen con el valor establecido en el ECA para agua - Cat1A1 y Cat1A2, (ver figura 10-25).

315. En la zona II, la concentración de hierro total en el manantial denominado Mana10 (Mormontone) excedió el valor establecido en el ECA para agua - Cat1A1; sin embargo, cumple con el ECA para agua - Cat1A2 (ver Figura 10-25).



Handwritten signature and initials.

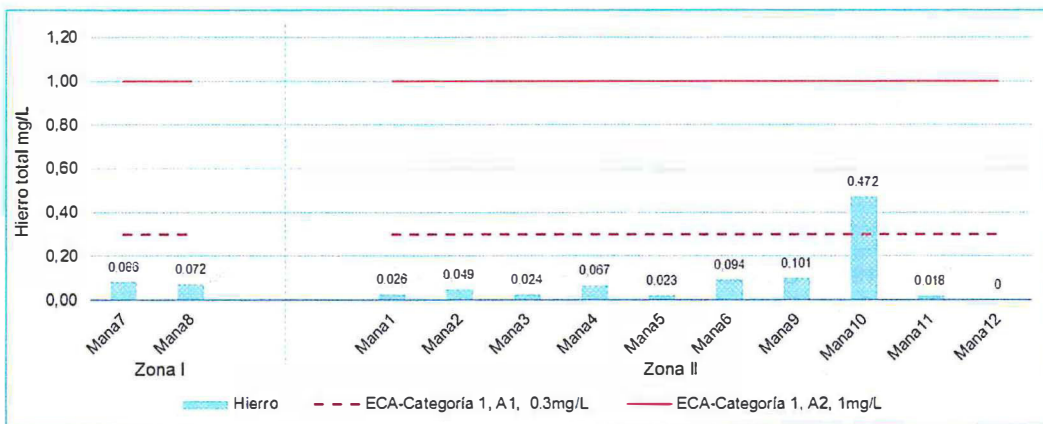


Figura 10-25. Concentración de hierro total que excedieron el ECA para Agua categoría Cat1A1 y Cat1A2 (2017)



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Organismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental - OEFA

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

## 10.1.2. Comportamiento de los metales disueltos y suspendidos

316. Previo al análisis llevado a cabo en esta sección, se determinó la concentración de metales suspendidos por medio de la diferencia de las concentraciones de los metales totales y disueltos, lo que servirá para luego evaluar, por un lado, la relación entre los metales disueltos y suspendidos, y por otro la relación de los metales con los sólidos totales disueltos y suspendidos.

### 10.1.2.1. Relación entre los metales disueltos y suspendidos

317. En esta subsección se establecen los porcentajes de los metales disueltos y suspendidos (calculados mediante división de cada uno de los metales disueltos y suspendidos respectivamente, con relación a los metales totales) en los ríos, manantiales, quebradas, bofedales y laguna.

318. De los resultados obtenidos, se destacaron aquellos metales cuyos porcentajes fueron predominantes (mayores al 50 %), agrupándolos por colores de la siguiente manera: anaranjado de 50 a 75 %, rojo ladrillo de 75 a 90 % y verde claro de 90 a 100 %.

319. En las Tablas 10-1. se muestran los metales que se encontraron mayormente en su forma disuelta en las quebradas: silicio, bario, boro, calcio, estroncio, litio, magnesio, potasio y sodio. Por otro lado, en la Tabla 10-2 se muestran los metales que se encontraron mayormente en su forma disuelta en los ríos: silicio, arsénico, bario, boro, calcio, estroncio, litio, magnesio, manganeso, potasio y sodio. Se puede observar que la mayor parte de los metales mencionados se encuentran por encima del 75% como disuelto. Además se observa en las quebradas, que la mayor parte de sodio se encuentra por encima del 90% como disuelto.

320. Asimismo, en la Tabla 10-3. se muestran los metales que se encontraron mayormente en su forma disuelta en los manantiales: silicio, boro, calcio, estroncio, fósforo, litio, magnesio, potasio y sodio. Por otro lado, en la Tabla 10-4. se muestran los metales que se encontraron mayormente en su forma disuelta en los bofedales: silicio, boro, calcio, estroncio, litio, manganeso, potasio, sodio y zinc. Adicionalmente, en la Tabla 10-5 se muestran los resultados los metales que se encontraron mayormente en su forma disuelta en la Laguna Chullumpicocha. Se puede observar en los manantiales, que la mayor parte de los metales mencionados se encuentran por encima del 90% como disuelto, en cambio, en los bofedales y la laguna, los metales se encuentran por encima de 50% como disuelto. Además se observa, que el silicio, calcio, estroncio, potasio y sodio, se encuentran mayormente por encima del 90% como disuelto y; en los bofedales, el sodio se encuentran mayormente por encima del 90% como disuelto. Asimismo, Se observa que la concentración del manganeso se encuentran mayormente como disuelto en los bofedales y ríos. Adicionalmente, la concentración de zinc se encuentra en los bofedales mayormente como disuelto.

321. Con respecto a los metales suspendidos, el Hierro es el único metal que se encontró mayormente en forma suspendida, en los ríos, manantiales y bofedales, como puede observarse en las Tablas 10-6, 10-7 y 10-8, los demás metales se encuentran en forma variable entre disuelta y suspendida, como se describe más adelante.



P

Q

K

J

H

1



PERÚ

Ministerio  
del AmbienteOrganismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental - OEFA

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

Tabla 10-1. Proporcionalidad entre metales suspendidos y disueltos en las quebradas de la zona de evaluación ambiental

Punto de muestreo	Silicio		Bario		Boro		Calcio		Estroncio		Litio		Magnesio		Potasio		Sodio		Unid.
	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	
<b>Zona I</b>																			
QSN2	0,6	99,4	19,2	80,8	8,0	92,0	21,2	78,8	2,5	97,5	14,3	85,7	8,9	91,1	1,9	98,1	6,5	93,5	%
QEsca1	7,3	92,7	0,0	100,0	15,6	84,4	7,3	92,7	14,5	85,5	7,3	92,7	50,0	50,0	6,5	93,5	6,9	93,1	%
QColc1	9,1	90,9	8,7	91,3	4,5	95,5	8,2	91,8	8,6	91,4	17,6	82,4	7,9	92,1	18,5	81,5	19,5	80,5	%
QInti1	4,4	95,6	10,9	89,1	6,5	93,5	6,9	93,1	9,3	90,7	4,4	95,6	...	...	43,8	56,3	2,2	97,8	%
QPiru1	1,0	99,0	8,2	91,8	10,3	89,7	6,7	93,3	7,9	92,1	16,7	83,3	2,0	98,0	0,6	99,4	7,9	92,1	%
QMina2	1,8	98,2	0,9	99,1	5,4	94,6	0,9	99,1	1,2	98,8	12,9	87,1	1,5	98,5	0,3	99,7	2,6	97,4	%
QMina1	10,8	89,2	9,1	90,9	11,9	88,1	13,2	86,8	12,6	87,4	8,7	91,3	12,5	87,5	13,1	86,9	12,1	87,9	%
QImag1	13,3	86,7	33,3	66,7	12,5	87,5	0,3	99,7	0,7	99,3	6,6	93,4	21,3	78,8	6,8	93,2	0,3	99,7	%
QImag2	12,1	87,9	66,7	33,3	12,5	87,5	15,9	84,1	11,2	88,8	8,4	91,6	0,0	100,0	3,5	96,5	9,2	90,8	%
QImag4	11,8	88,2	...	...	4,7	95,3	36,1	63,9	25,4	74,6	10,1	89,9	42,3	57,7	9,8	90,2	9,3	90,7	%
QPaus1	14,8	85,2	25,0	75,0	18,9	81,1	6,2	93,8	6,3	93,7	2,2	97,8	10,2	89,8	12,1	87,9	5,5	94,5	%
QSupa2	0,0	100,0	1,0	99,0	0,0	100,0	0,1	99,9	1,0	99,0	9,2	90,8	2,1	97,9	2,3	97,7	0,8	99,2	%
QSupa3	3,8	96,2	2,1	97,9	16,3	83,7	0,5	99,5	0,7	99,3	15,2	84,8	3,3	96,7	8,9	91,1	0,3	99,7	%
QSill1	7,3	92,7	...	...	7,7	92,3	8,6	91,4	6,0	94,0	3,1	96,9	36,4	63,6	6,4	93,6	7,2	92,8	%
<b>Zona II</b>																			
QSit1	8,8	91,2	...	...	12,5	87,5	7,1	92,9	20,8	79,2	2,0	98,0	53,7	46,3	10,5	89,5	7,5	92,5	%
QQuel1	0,3	99,7	25,0	75,0	13,0	87,0	2,5	97,5	0,0	100,0	0,8	99,2	25,6	74,4	24,6	75,4	7,1	92,9	%
QAcan1	1,2	98,8	33,3	66,7	8,5	91,5	14,5	85,5	24,6	75,4	7,0	93,0	6,4	93,6	2,8	97,2	8,5	91,5	%

Sus.: Forma suspendida y Dis.: Forma disuelta.

(...): datos no considerados, debido a que las concentraciones de sólidos totales, fueron reportados menores al límite de cuantificación, LC

*[Handwritten signature]**[Handwritten initials]*



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

Tabla 10-2. Proporcionalidad entre metales suspendidos y disueltos en los ríos de la zona de evaluación ambiental

Punto de muestreo	Silicio		Arsénico		Bario		Boro		Calcio		Estroncio		Litio		Magnesio		Manganeso		Potasio		Sodio		Unid
	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	
<b>Zona I</b>																							
RJara1	9,5	90	27	73	11	89	10,5	90	13,5	87	12,0	88	6,7	93	23	77	12	88	31	69	8,9	91	%
RJara2	10,3	90	25	75	9	91	7,8	92	6,7	93	6,6	93	2,1	98	3	97	8	92	10	90	8,8	91	%
RChim1	2,6	97	10	90	2	98	11,2	89	9,9	90	10,1	90	10,2	90	11	89	16	84	9	91	11,6	88	%
RChim2	1,5	99	7	93	0	100	10,1	90	6,0	94	5,1	95	4,8	95	6	94	22	78	11	89	6,4	94	%
<b>Zona II</b>																							
RIsiv1	23,1	77	53	47	50	50	43,0	57	13,0	87	34,0	66	8,3	92	48	52	50	50	47	53	11,7	88	%
RCora1	19,2	81	12	88	18	82	8,9	91	8,3	92	17,2	83	17,7	82	2	98	44	56	9	91	3,5	96	%
RQue1	0,4	100	0	100	27	73	5,4	95	4,1	96	2,1	98	6,5	93	5	95	27	73	10	90	12,5	88	%
RQue2	3,1	97	5	95	0	100	7,0	93	11,4	89	7,0	93	6,0	94	15	85	16	84	8	92	12,1	88	%

Sus.: Forma suspendida y Dis.: Forma disuelta.

Tabla 10-3. Proporcionalidad entre metales suspendidos y disueltos en los manantiales de la zona de evaluación ambiental

Punto de muestreo	Silicio		Boro		Calcio		Estroncio		Fósforo		Litio		Magnesio		Potasio		Sodio		Unid.
	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	
<b>Zona I</b>																			
Mana7	2,8	97	19,5	80	3,7	96	4,6	95	8	92	5,6	94	21	79	2,4	98	4	96	%
Mana8	3,7	96	4,0	96	8,2	92	7,3	93	9	91	0,0	100	6	94	4,3	96	8	92	%
<b>Zona II</b>																			
Mana1	12,8	87	6,5	94	7,6	92	12,8	87	33	67	12,0	88	6,5	94	5,1	95	3	97	%
Mana2	0,0	100	7,5	93	1,2	99	1,9	98	0	100	1,5	99	8,7	91	2,6	97	2	98	%
Mana3	1,9	98	0,0	100	2,2	98	1,3	99	0	100	1,3	99	12,8	87	1,3	99	3	97	%
Mana4	3,0	97	10,5	90	8,3	92	1,0	99	11	89	1,0	99	...	...	1,9	98	1	99	%
Mana5	7,8	92	...	...	6,6	93	7,3	93	50	50	25,0	75	53	48	2,2	98	2	98	%
Mana6	0,0	100	...	...	3,6	96	3,1	97	0	100	23,5	76	2	98	11,3	89	2	98	%
Mana9	5,2	95	...	...	24,7	75	17,5	83	0	100	23,3	77	94	6	0,0	100	44	56	%

[www.oeffa.gob.pe](http://www.oeffa.gob.pe)Av. Faustino Sánchez Carrión N°  
603  
Jesús María - Lima, Perú  
Tel. (511) 204 9900



PERÚ

Ministerio  
del AmbienteOrganismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental - OEFA

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

Punto de muestreo	Silicio		Boro		Calcio		Estroncio		Fósforo		Litio		Magnesio		Potasio		Sodio		Unid.
	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	
Mana10	8,8	91	13,9	86	7,7	92	7,6	92	...	...	14,0	86	9	91	2,3	98	11	89	%
Mana11	2,2%	98%	1,5%	99%	5,1%	95%	2,8%	97%	3	97	0,0	100	50	50	6,7	93	1	99	%
Mana12	1,2%	99%	11,1%	89%	3,0%	97%	2,8%	97%	0	100	8,6	91	7	93	6,4	94	2	98	%

Sus.: Forma suspendida y Dis.: Forma disuelta.

(...): datos no considerados, debido a que las concentraciones de sólidos totales, fueron reportados menores al límite de cuantificación, LC

Tabla 10-4. Proporcionalidad entre metales suspendidos y disueltos en los bofedales de la zona de evaluación ambiental

Punto de muestreo	Silicio		Boro		Calcio		Estroncio		Litio		Manganeso		Potasio		Sodio		Zinc		Unid.
	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	
<b>Zona I</b>																			
BNegr1	19,9	80,1	66,7	33,3	13,4	86,6	3,4	96,6	26,3	73,7	53,2	46,8	41,7	58,3	26,7	73,3	18,4	81,6	%
BSorn1	10,8	89,2	18,2	81,8	30,1	69,9	4,2	95,8	16,7	83,3	20,6	79,4	25,9	74,1	1,1	98,9	41,3	58,7	%
BSN1	8,9	91,1	8,0	92,0	24,8	75,2	18,0	82,0	1,4	98,6	28,6	71,4	10,7	89,3	7,2	92,8	45,0	55,0	%
BMina1	8,5	91,5	0,0	100,0	4,6	95,4	13,8	86,2	3,2	96,8	41,7	58,3	13,3	86,7	9,8	90,2	58,4	41,6	%
BMina2	9,6	90,4	0,0	100,0	1,8	98,2	1,2	98,8	6,0	94,0	2,1	97,9	38,5	61,5	9,6	90,4	17,4	82,6	%
BMina3	1,9	98,1	6,3	93,8	1,3	98,7	1,6	98,4	0,0	100,0	13,7	86,3	4,6	95,4	2,8	97,2	2,0	98,0	%

Sus.: Forma suspendida y Dis.: Forma disuelta.

Tabla 10-5. Proporcionalidad entre metales suspendidos y disueltos en la laguna Chullumpicocha

Silicio		Aluminio		Bario		Boro		Calcio		Estroncio		Hierro		Litio		Magnesio		Manganeso		Potasio		Sodio		Zinc	
Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.
<b>Zona I</b>																									
43,4	56,6	38,7	61,3	20,0	80,0	15,8	84,2	6,2	93,8	6,3	93,7	32,1	67,9	1,6	98,4	12,4	87,6	45,0	55,0	2,2	97,8	0,8	99,2	48,0	52,0

Sus.: Suspendido y Dis.: Disuelto.

Rango de colores de los porcentajes

0-50 %	<50-75 %	<75-90 %	<90-100 %

[www.oeffa.gob.pe](http://www.oeffa.gob.pe)Av. Faustino SánchezCarrión N°  
603  
Jesús María - Lima, Perú  
Telf. (511) 204 9900

322. En las Tablas 10-9 y 10-10 se muestran los metales con un porcentaje mayormente variable, entre las formas suspendidas y disueltas. Puede observarse en las quebradas, que los metales aluminio, hierro, zinc y manganeso presentan esta variabilidad. En el caso de las quebradas a diferencia de los bofedales, los metales que presentan esta variabilidad son aluminio, bario y magnesio.
323. Asimismo, se observa que las quebradas Aanchara (QAcan1) y Quelcaya (QQuel1), predomina las formas de aluminio, hierro, zinc y manganeso, en las formas suspendidas, tal como se muestra en la Tabla 10-9. Adicionalmente, en las quebradas Sin Nombre (QSN2), Piruacarca (QPiru1), Minasparta (QMina1 y QMina2) y Supayhuasi (QSupa2) los metales aluminio, hierro, zinc y manganeso se encuentran en forma disuelta en más del 88%.

**Tabla 10-6.** Proporcionalidad entre hierro suspendido y disuelto en los ríos

Punto de muestreo	Hierro		Unid
	Suspendido	Disuelto	
<b>Zona I</b>			
RJara1	42%	58%	%
RJara2	65%	35%	%
RChim1	92%	8%	%
RChim2	89%	11%	%
<b>Zona II</b>			
RIsiv1	83%	17%	%
RCora1	88%	12%	%
RQuel1	44%	56%	%
RQuel2	55%	45%	%

**Tabla 10-7.** Proporcionalidad entre hierro suspendido y disuelto en los manantiales

Punto de muestreo	Hierro		Unid
	Suspendido	Disuelto	
<b>Zona I</b>			
Mana7	63%	37%	%
Mana8	88%	13%	%
<b>Zona II</b>			
Mana1	50%	50%	%
Mana2	51%	49%	%
Mana3	25%	75%	%
Mana4	51%	49%	%
Mana5	57%	43%	%
Mana6	94%	6%	%
Mana9	84%	16%	%
Mana10	90%	10%	%
Mana11	6%	94%	%
Mana12	...	...	%

(...): datos no considerados, debido a que las concentraciones de sólidos totales, fueron reportados menores al límite de cuantificación, LC.



P  
S  
K  
J  
H  
1



PERÚ

Ministerio  
del AmbienteOrganismo de Evaluación y  
Fiscalización

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

Tabla 10-8. Proporcionalidad entre hierro suspendido y disuelto en los bofedales

Punto de muestreo	Hierro		Unid
	Suspendido	Disuelto	
<b>Zona I</b>			
BNegr1	50,3	49,7	%
BSorn1	49,3	50,7	%
BSN1	63,1	36,9	%
BMina1	76,4	23,6	%
BMina2	59,0	41,0	%
BMina3	59,3	40,7	%

Rango de colores de los porcentajes

0-50 %	<50-75 %	<75-90 %	<90-100 %

Tabla 10-9. Metales en porcentajes variables en las quebradas

Punto de muestreo	Aluminio		Hierro		Zinc		Manganeso		Unid
	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	
<b>Zona I</b>									
QSN2	0,2	99,8	1,4	98,6	0,4	99,6	...	...	%
QEsca1	53,8	46,2	45,0	55,0	...	...	...	...	%
QColc1	24,7	75,3	68,9	31,1	44,0	56,0	29,6	70,4	%
QSill1	11,9	88,1	30,2	69,8	25,0	75,0	...	...	%
QInti1	42,0	58,0	63,0	37,0	17,4	82,6	10,3	89,7	%
QPiru1	1,5	98,5	0,0	100,0	6,8	93,2	...	...	%
QMina2	0,4	99,6	0,1	99,9	0,9	99,1	3,0	97,0	%
QMina1	10,3	89,7	1,0	99,0	11,7	88,3	10,0	90,0	%
QImag1	39,7	60,3	41,1	58,9	83,8	16,2	50,0	50,0	%
QImag2	36,6	63,4	39,8	60,2	33,3	66,7	25,0	75,0	%
QImag4	56,9	43,1	53,4	46,6	45,5	54,5	25,0	75,0	%
QPaus1	38,2	61,8	51,3	48,7	...	...	66,7	33,3	%
QSupa2	0,7	99,3	7,0	93,0	6,8	93,2	9,4	90,6	%
QSupa3	36,5	63,5	83,3	16,7	3,8	96,2	1,6	98,4	%
<b>Zona II</b>									
QAcan1	75,1	24,9	86,8	13,2	53,3	46,7	60,0	40,0	%
QQuel1	84,3	15,7	87,5	12,5	61,9	38,1	50,0	50,0	%
QSiti1	43,0	57,0	44,2	55,8	32,0	68,0	50,0	50,0	%

&lt;L.C: Menor al límite de Cuantificación.

(...): datos no considerados, debido a que las concentraciones de sólidos totales, fueron menores al LC

P  
g  
K  
2  
H  
1

**Tabla 10-10.** Metales en formas no predominantes de suspendida y disueltas en los bofedales

Punto de muestreo	Aluminio		Bario		Magnesio		Unid
	Suspendido	Disuelto	Suspendido	Disuelto	Suspendido	Disuelto	
<b>Zona I</b>							
BNegr1	24,7	75,3	13,6	86,4	37,5	62,5	%
BSorn1	7,0	93,0	60,0	40,0	9,3	90,7	%
BSN1	47,6	52,4	0,0	100,0	100,0	0,0	%
BMina1	64,8	35,2	50,0	50,0	100,0	0,0	%
BMina2	14,2	85,8	16,7	83,3	100,0	0,0	%
BMina3	87,8	12,2	0,5	99,5	37,2	62,8	%

Rango de colores de los porcentajes

0-50 %	<50-75 %	<75-90 %	<90-100 %

**10.1.2.2. Relación de metales con sólidos (disueltos y suspendidos)**

324. En esta parte se presentan las gráficas de dispersión en las que se muestra la relación de los sólidos disueltos totales (SDT) con los metales disueltos y los sólidos suspendidos totales (SST) con los metales suspendidos. Además, se muestra la relación de los SDT con la conductividad. Es necesario indicar que más del 50% de los valores de conductividad fueron menores que 50µS/cm, asimismo, aproximadamente 70 % de los valores de STD fueron valores menores de 50 mg/L, adicionalmente 8 de los resultados de conductividad fueron menores al límite de cuantificación (<15mg/L).
325. En base a dichos gráficos, se calculan las relaciones lineales (medición de la proporcionalidad) respectivas. Esto es indicado por el cuadrado del coeficiente de correlación de Pearson o coeficiente de determinación ( $R^2$ ). Se considerará que existe buena correlación cuando el valor  $R^2$ , sea mayor a 0,90, correlación media cuando  $R^2$  esté entre 0,75 y 0,90 y correlación baja cuando  $R^2$  esté entre 0,50 y 0,75.
326. Previo al análisis del  $R^2$ , se determinaron aquellos puntos de muestreo (componentes se agua) que disminuyeron el coeficiente respectivo y/o no tenían ninguna correlación. De esa manera, se determinó que los puntos de las quebradas no se consideren en la mayor parte de las evaluaciones, a excepción de la gráfica del potasio disuelto con los STD.
327. El valor  $R^2$  de la conductividad con los SDT, fue calculado, considerándose todos los puntos de muestreo. El coeficiente de correlación en este caso, no debería ser menor a 0,90.



*[Handwritten signatures and initials in blue ink]*



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Organismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental - OEFA

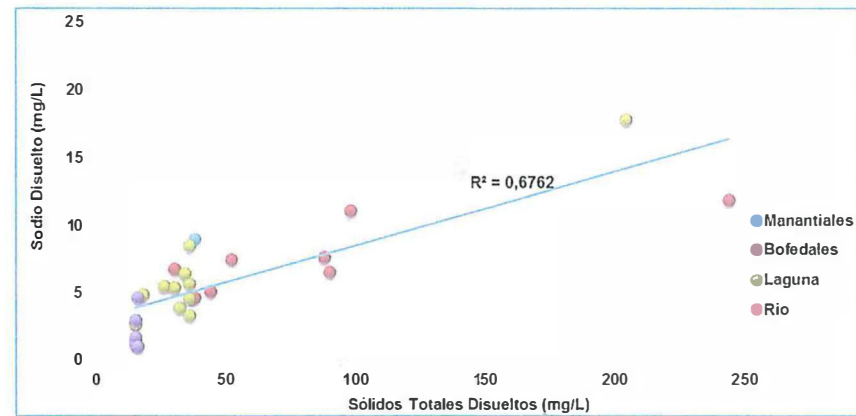
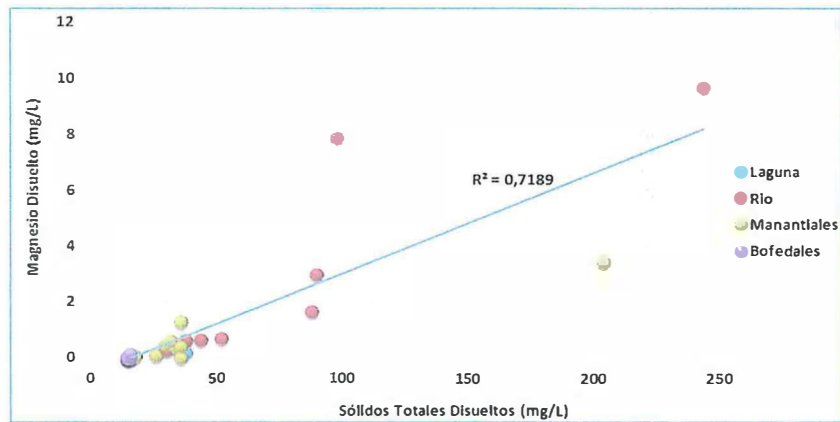
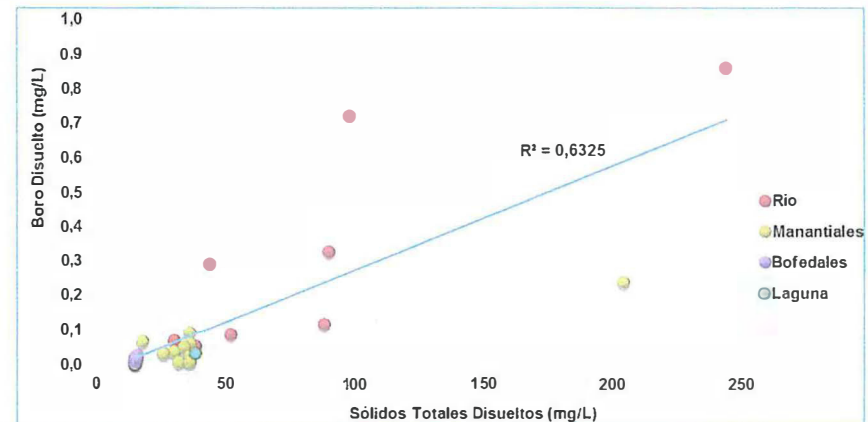
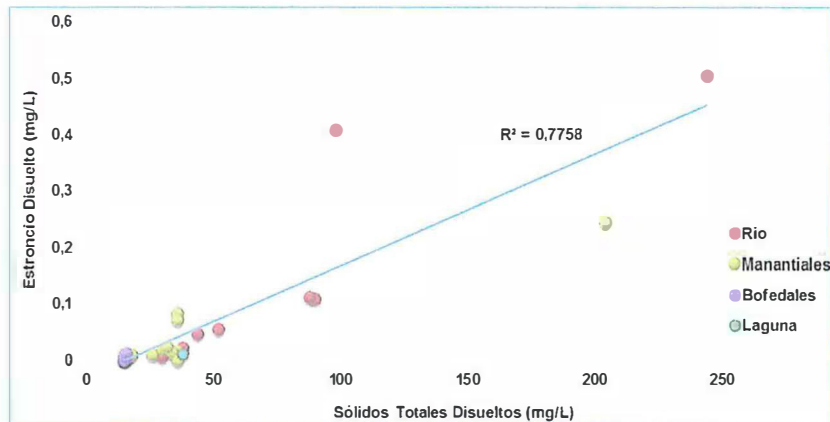
"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

328. Seguidamente se construyeron las gráficas de las relaciones siguientes: Estroncio disuelto – STD, Boro disuelto - STD, Magnesio disuelto STD, Sodio disuelto – STD, Calcio disuelto – STD y Potasio disuelto – STD. Las Figuras 10-26, 10-27, 10-28, 10-29, 10-30 y 10-31 muestran las relaciones indicadas. Adicionalmente, se muestran en cada figura, los valores  $R^2$  de cada correlación.
329. De las Figuras 10-27, 10-28, 10-29 y 10-31 se observa baja correlación entre Boro disuelto y STD, entre sodio disuelto y STD, entre Magnesio disuelto y STD y, entre Potasio disuelto y STD, con coeficientes  $R^2$  entre 0,56 y 0,72; Asimismo, se observa en las Figuras 10-26 y 10-30, correlación media entre Estroncio disuelto y STD y Calcio disuelto y STD, con valores de coeficientes  $R^2$  entre 0,77 y 0,89 respectivamente.
330. La relación entre conductividad y STD obtuvo el valor  $R^2$  de 0,94, como se puede observar en la Figura 10-32 el cual es aceptable aun considerando que un grupo significativo de puntos tuvo valores de conductividad muy bajo (menores a  $50 \mu\text{S}/\text{cm}$ ) y adicionalmente, algunos de los valores de STD fueron valores menores al límite de cuantificación.
331. Por último, no se presenta la relación entre los metales suspendidos y los sólidos suspendidos totales (SST), debido a que la mayor parte de los valores de SST fueron menores al límite de cuantificación ( $<3\text{mg}/\text{L}$ ).



*[Handwritten signature]*  
*[Handwritten initials]*  
*[Handwritten initials]*  
*[Handwritten initials]*  
*[Handwritten initials]*

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"



*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

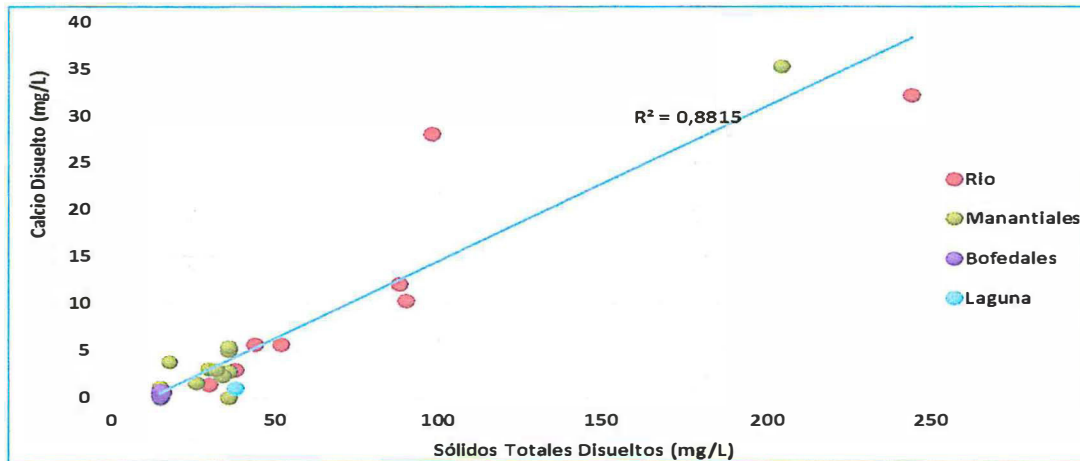


Figura 10-30. Relación de calcio disuelto y sólidos totales disueltos (STD)

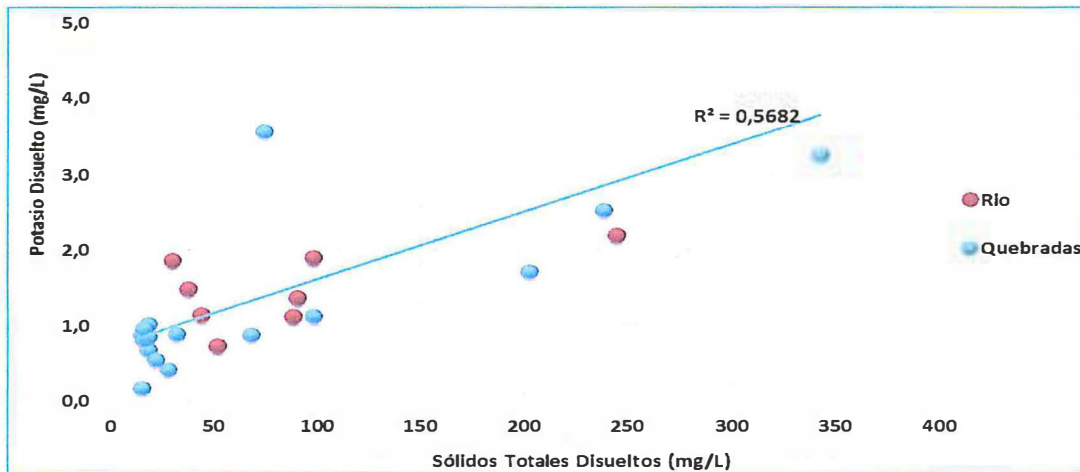


Figura 10-31. Relación de potasio disuelto y sólidos totales disueltos (STD)

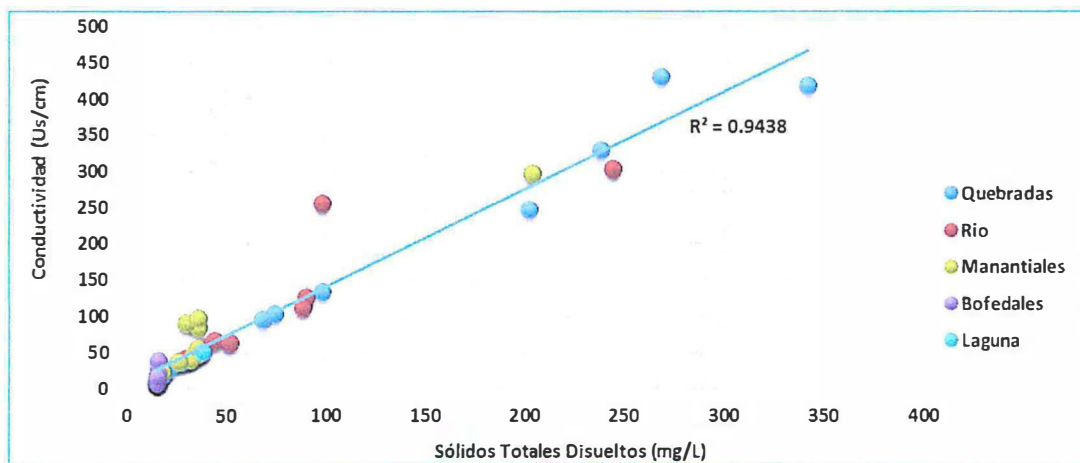


Figura 10-32. Relación de conductividad y sólidos totales disueltos (STD)



*[Handwritten signature]*



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Organismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental - OEFA

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

### 10.1.3. Evaluación hidroquímica

332. Antes de realizar la evaluación hidroquímica se evalúa el cálculo del error de balance iónico (EBI), luego la representación a través de los diagramas hidroquímicos y el análisis de las relaciones iónicas, como se muestra en las subsecciones que se presentan a continuación.

333. Para la evaluación del balance iónico de los cuerpos de agua superficial (ríos, quebradas, manantiales, bofedales y lagunas), se calcularon las concentraciones en meq/L y los metales considerados para la evaluación fueron en su forma disuelta. Por otro lado, para la elaboración de los diagramas hidroquímicos, se tomaron en cuenta las concentraciones en mg/L y/o en meq/L, además de considerarse los metales disueltos.

#### 10.1.3.1. Error de Balance iónico (EBI)

334. El EBI se ha calculado en base a los aniones: Nitratos ( $\text{NO}_3^{-2}$ )<sup>55</sup>, sulfatos ( $\text{SO}_4^{-2}$ ), cloruros ( $\text{Cl}^-$ ) y bicarbonatos ( $\text{HCO}_3^-$ ) y los cationes: Calcio (Ca), magnesio (Mg), potasio (K), sodio (Na), amonio ( $\text{NH}_4^+$ ), aluminio (Al), hierro (Fe), manganeso (Mn) y zinc (Zn), mediante la fórmula indicada en la ecuación 8.1 de la sección 8.1.4. evaluación hidroquímica cuyo valor máximo permitido es del 10% por Soto, P. (2013).

335. En la Tabla 10-11, se muestran los valores de aniones y cationes considerados para la evaluación del balance iónico. Como puede observarse, los puntos de muestreo QSN2, QSiti, QSill1, QMina1, QImag1, QImag2, QPaus1, QSupa3, QAcán1, BNegr1, BSorn1 y BMina3, superan el EBI aceptable.

336. En los puntos que superan el EBI, se observa a excepción de QSN2 y QMina1, que la suma de aniones y cationes es menor a 1 meq/L. A este nivel, los valores de concentración se encuentran muy cerca al límite de cuantificación (LC), y las desviaciones aceptables para valores cercanos al LC es 50% por la variabilidad relativa existentes a este nivel, por lo que podría esperarse que el EBI supere el  $\pm 10\%$ , para niveles de concentración bajos, donde la suma de aniones y cationes no supera 5 meq/L, más aún si la suma es menor a 1 meq/L. Nordstrom *et al.* (2008), consideró válidos los datos del balance de carga con desviación estándar  $\leq \pm 20\%$ . Por otro lado, se observa que los puntos QSN2 y QMina1, tienen valores de pH bajos (menor a 4), el cual puede incidir en los cálculos del EBI, debido a la presencia de los iones hidronios ( $\text{H}^+$ ); adicionalmente, la especiación de la molécula, como es el caso de los iones  $\text{HSO}_4^-$  y  $\text{SO}_4^{2-}$  o la ausencia de algunos iones como sulfuros, fluoruros, silicatos, etc. pueden influir en el desbalance de carga.



*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*

<sup>55</sup> Las concentraciones del ion Nitrato ( $\text{NO}_3^{-2}$ ) se calculó de la multiplicación de las concentraciones del N-Nitratos obtenidos por el laboratorio NSF Inassa Envirolab S.A.C. por 4,43 (relación entre la masa molecular del Nitrato ( $\text{NO}_3^{-2}$ ) = 62,0049 y la masa atómica del N-Nitratos ( $\text{N-NO}_3^{-2}$ ) = 14,0067).



PERÚ

Ministerio  
del AmbienteOrganismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental - OEFA

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

**Tabla 10-11.** Balance iónico de los cuerpos agua de las quebradas, ríos, manantiales, bofedales y laguna en área de influencia del proyecto minero Corani, distrito de Corani, provincia de Carabaya, departamento de Puno

Cuerpo de agua	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	Ca	Mg	Na	K	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Al	Fe	Mn	Zn	EBI	ΣAn	ΣCat	pH	Cond (25°C)
QSN2	0,002	0,007	0,052	2,488	0,060	0,061	0,040	0,130	0,001	0,954	0,071	0,294	0,284	-15%	2,549	1,895	3,2	431
QEsca1	0,226	0,023	0,007	0,079	0,031	0,001	0,327	0,011	0,001	0,009	0,001	0,000	0,000	6%	0,335	0,381	8,5	38
QColc1	0,429	0,023	0,001	0,379	0,500	0,112	0,200	0,023	0,005	0,007	0,002	0,001	0,000	1%	0,832	0,850	6,7	97
QSiti1	0,180	0,011	0,006	0,119	0,033	0,002	0,171	0,026	0,003	0,006	0,002	0,000	0,001	-13%	0,316	0,244	7,2	25
QSill1	0,105	0,011	0,005	0,121	0,064	0,008	0,067	0,023	0,001	0,006	0,004	0,000	0,000	-17%	0,242	0,173	8,5	18
QInti1	0,085	0,023	0,001	0,042	0,023	0,000	0,115	0,005	0,001	0,005	0,002	0,002	0,001	1%	0,151	0,154	8,3	12
QPiru1	0,002	0,017	0,046	0,675	0,068	0,166	0,015	0,091	0,001	0,249	0,007	0,121	0,036	1%	0,740	0,754	4,2	104
QMina2	0,002	0,011	0,034	3,013	0,400	0,253	0,146	0,083	0,007	0,648	0,472	0,610	0,364	-1%	3,060	2,983	3,4	419
QMina1	0,002	0,017	0,016	1,801	0,265	0,203	0,230	0,044	0,014	0,223	0,394	0,612	0,314	11%	1,836	2,299	4,0	247
QImag1	0,229	0,028	0,024	0,071	0,058	0,005	0,154	0,017	0,001	0,007	0,005	0,000	0,000	-18%	0,352	0,247	7,0	20
QImag2	0,164	0,023	0,034	0,073	0,051	0,006	0,150	0,021	0,001	0,005	0,004	0,000	0,000	-11%	0,294	0,238	7,7	23
QImag4	0,229	0,011	0,039	0,081	0,026	0,002	0,281	0,014	0,001	0,005	0,002	0,000	0,000	-4%	0,360	0,331	7,3	29
QPaus1	0,167	0,017	0,060	0,069	0,061	0,004	0,150	0,022	0,001	0,004	0,003	0,000	0,000	-12%	0,313	0,245	7,7	25
QSupa2	0,002	0,007	0,024	2,455	0,499	0,233	0,158	0,065	0,011	0,652	0,174	0,574	0,324	4%	2,488	2,690	3,6	329
QSupa3	0,052	0,023	0,036	0,860	0,411	0,165	0,311	0,029	0,001	0,094	0,006	0,150	0,115	14%	0,971	1,282	5,2	134
QAcan1	0,380	0,023	0,009	0,094	0,067	0,022	0,127	0,025	0,001	0,015	0,002	0,000	0,000	-32%	0,506	0,259	8,0	28
QQuel1	0,328	0,023	0,019	0,108	0,134	0,027	0,235	0,023	0,002	0,010	0,002	0,000	0,000	-5%	0,478	0,433	7,8	44
RIsiv1	0,364	0,034	0,027	0,077	0,071	0,023	0,295	0,048	0,001	0,005	0,002	0,000	0,000	-6%	0,502	0,445	8,4	42
RCora1	0,638	0,073	0,009	0,304	0,516	0,246	0,286	0,035	0,004	0,004	0,001	0,000	0,000	3%	1,024	1,092	9,2	126
RQuel1	0,138	0,028	0,001	0,296	0,151	0,050	0,204	0,038	0,006	0,005	0,004	0,002	0,001	0%	0,463	0,461	7,0	58
RQuel2	0,472	0,039	0,008	0,221	0,285	0,054	0,224	0,029	0,005	0,004	0,004	0,001	0,000	-10%	0,740	0,606	7,3	66
RJara1	0,392	0,028	0,031	0,252	0,286	0,057	0,326	0,019	0,001	0,005	0,005	0,006	0,008	1%	0,703	0,713	7,6	64
RJara2	0,462	0,045	0,015	0,460	0,602	0,136	0,333	0,029	0,001	0,006	0,006	0,022	0,020	8%	0,982	1,155	6,7	113
RChim1	1,444	0,203	0,046	0,970	1,608	0,793	0,517	0,056	0,005	0,001	0,001	0,002	0,000	6%	2,663	2,983	8,0	303
RChim2	1,387	0,186	0,019	0,843	1,400	0,646	0,481	0,049	0,005	0,002	0,002	0,002	0,000	3%	2,435	2,587	8,5	257



Handwritten signature

Handwritten initials: K, J, H, 1



PERÚ

Ministerio  
del AmbienteOrganismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental - OEFA

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

Cuerpo de agua	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	Ca	Mg	Na	K	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Al	Fe	Mn	Zn	EBI	ΣAn	ΣCat	pH	Cond (25°C)
Mana1	0,367	0,011	0,077	0,021	0,139	0,033	0,248	0,085	0,001	0,002	0,001	0,000	0,000	3%	0,476	0,509	8,2	85
Mana2	0,282	0,023	0,063	0,096	0,154	0,037	0,236	0,049	0,001	0,014	0,001	0,000	0,001	3%	0,464	0,493	6,6	91
Mana3	0,370	0,034	0,115	0,010	0,116	0,029	0,280	0,057	0,001	0,009	0,001	0,000	0,000	-4%	0,529	0,493	7,6	48
Mana4	0,457	0,023	0,029	0,010	0,003	0,000	0,370	0,080	0,001	0,011	0,002	0,000	0,000	-5%	0,519	0,467	7,9	49
Mana5	0,149	0,011	0,013	0,010	0,057	0,003	0,120	0,012	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000	3%	0,183	0,195	7,5	19
Mana6	0,233	0,034	0,052	0,054	0,150	0,049	0,171	0,016	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	2%	0,373	0,388	7,0	41
Mana7	0,266	0,028	0,030	0,054	0,077	0,007	0,240	0,020	0,002	0,001	0,002	0,001	0,000	-4%	0,378	0,350	7,8	38
Mana8	0,220	0,028	0,054	0,160	0,250	0,033	0,147	0,017	0,001	0,003	0,000	0,000	0,000	-1%	0,462	0,451	6,4	97
Mana9	0,079	0,011	0,001	0,010	0,018	0,000	0,063	0,018	0,002	0,003	0,001	0,000	0,000	2%	0,101	0,105	7,9	11
Mana10	1,836	0,011	0,016	0,895	1,758	0,280	0,773	0,043	0,003	0,002	0,002	0,001	0,001	2%	2,758	2,863	7,1	297
Mana11	0,002	0,322	0,042	0,050	0,190	0,004	0,213	0,021	0,001	0,010	0,001	0,000	0,000	3%	0,416	0,440	8,2	24
Mana12	0,449	0,028	0,050	0,050	0,271	0,107	0,201	0,034	0,002	0,001	0,000	0,000	0,000	3%	0,577	0,616	5,9	56
BNegr1	0,033	0,011	0,034	0,092	0,018	0,004	0,056	0,002	0,003	0,008	0,008	0,002	0,003	-24%	0,170	0,104	8,2	9
BSorn1	0,136	0,017	0,028	0,056	0,009	0,003	0,077	0,011	0,003	0,023	0,010	0,006	0,001	-25%	0,237	0,143	8,5	9
BSN1	0,111	0,017	0,001	0,073	0,025	0,000	0,129	0,006	0,001	0,007	0,001	0,000	0,000	-9%	0,202	0,169	8,5	13
BMina1	0,154	0,011	0,045	0,062	0,031	0,000	0,203	0,007	0,001	0,008	0,008	0,005	0,002	-1%	0,272	0,265	8,6	22
BMina2	0,131	0,011	0,001	0,077	0,039	0,000	0,130	0,002	0,001	0,012	0,014	0,020	0,001	0%	0,220	0,219	7,6	17
BMina3	0,148	0,011	0,035	0,067	0,030	0,012	0,045	0,032	0,001	0,001	0,158	0,108	0,006	20%	0,261	0,393	6,2	39
LChul1	0,315	0,079	0,013	0,123	0,064	0,014	0,391	0,080	0,012	0,032	0,027	0,001	0,000	8%	0,530	0,621	7,9	51

HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>: Bicarbonatos, Cl<sup>-</sup>: cloruros, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>: Nitratos, SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>: Sulfatos, Ca: Calcio disuelto, Mg: Magnesio disuelto, Na: Sodio disuelto, K: Potasio disuelto,

NH<sub>4</sub><sup>+</sup>: Amonio, Al: Aluminio, Fe: Hierro, Mn: Manganeseo, Zn: Zinc,

ΣCat: Suma de cationes, ΣAn: Suma de aniones, E.B.I: Error de Balance iónico.

\*El Balance iónico se calculó en base a los metales disueltos.

Cond (25°C): Conductividad eléctrica a 25° C en µS/cm

: EBI mayor al 5 % y menor o igual al 10%.



*Handwritten signature*

*Handwritten initials*



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Organismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

### 10.1.3.2. Diagramas hidroquímicos

337. Los diagramas hidroquímicos sirven para ver la interacción simultánea entre aniones ( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$  y  $\text{HCO}_3^-$ ) y cationes (Ca, Mg, K y Na) mediante diagramas triangulares que se proyectan en un rombo central conocido como diagrama de Piper.
338. En esta sección, se presenta además, los diagramas compuestos por tres ejes paralelos conocidas como diagramas de Stiff, cuyo análisis se realiza en base al grado de mineralización (ancho de la gráfica de Stiff) separados en rangos de valores hidroquímicos predominantes.

#### a. Diagrama de Piper

339. De acuerdo al diagrama de la Figura 10-33, puede observarse dos aspectos: el primero donde los puntos toman posiciones definidas, como los marcados en círculo rojo y verde; el segundo donde los puntos se ubican en posiciones no definidas como lo marcado en azul.
340. De esta manera, en la zona I (ver Figura 10-34), en todos los bofedales a excepción del bofedal Negrominas (Bnegr1), el río Isivilla (RIsiv1), aproximadamente el 50% de las quebradas, Escalera Cucho (Qesca1), Silitoco (QSiti1), Sillatoco (QSill1), Intisayana (QInti1), Imagina Mayu (QImag1), Imagina Mayu (QImag), Imagina Mayu (QImag4), Pausicucho (QPaus1) y la quebrada Acanchara (QAcan1); para el caso de los manantiales Chillicucho (Mana1), Jahuecca (Mana2), Kanchapata (Mana7), Iswarccota (Mana3), Cumapata (Mana4), Micallo (Mana9) y Corani (Mana5), más del 50 % de aniones son bicarbonatos y más del 50 % de cationes, es sodio, por lo que se ubican en el rombo de las aguas de facies de Bicarbonatos sódicos.
341. La quebrada Piruacarca (QPiru1), las quebradas Minaspatá (QMina1 y QMina2) y las quebradas Supayhuasi (QSupa2 y QSupa3) contienen cerca del 100 % de aniones como sulfatos y más del 60 % de cationes entre sodio y magnesio, por lo que se ubican en el rombo de las aguas de facies Sulfatadas cálcicas y magnésicas.
342. El bofedal Negrominas (Bnegr1), contiene al igual que los demás bofedales mencionados arriba (ubicados en las zona de aguas de facies de Bicarbonatos sódicos) más del 50 % de cationes como sodio; sin embargo, se ubica en aguas de facie sulfatada sódica, debido a que más del 70 % de aniones es sulfato (ver Figura 10-34).
343. Asimismo, en la zona II (ver Figura 10-35), los manantiales del centro poblado de Aymaña (Mana12) y Mormontone (Mana10), los ríos Quelcaya (RQuel2), Corani (RCor1) y Chimboya (RChim2), contienen más del 55 % de aniones en forma de bicarbonatos y más del 55 % de cationes entre calcio y magnesio. por lo que se ubican en las aguas de facies bicarbonatos sódicos y magnésicos. Por otro lado, de los puntos denominados RChim1 y RChim2 en el río Chimboya, los cuales se encuentran muy próximos, el punto RChim2 está dentro del rombo de las aguas de bicarbonatos de calcio y magnesio se posiciona cerca al límite entre la facies de los sulfatos cálcicos y magnesio, debido a que el contenido de sulfato es porcentualmente mayor (en aniones) que en el punto RChim1.



*[Handwritten signature]*

*[Handwritten initials]*

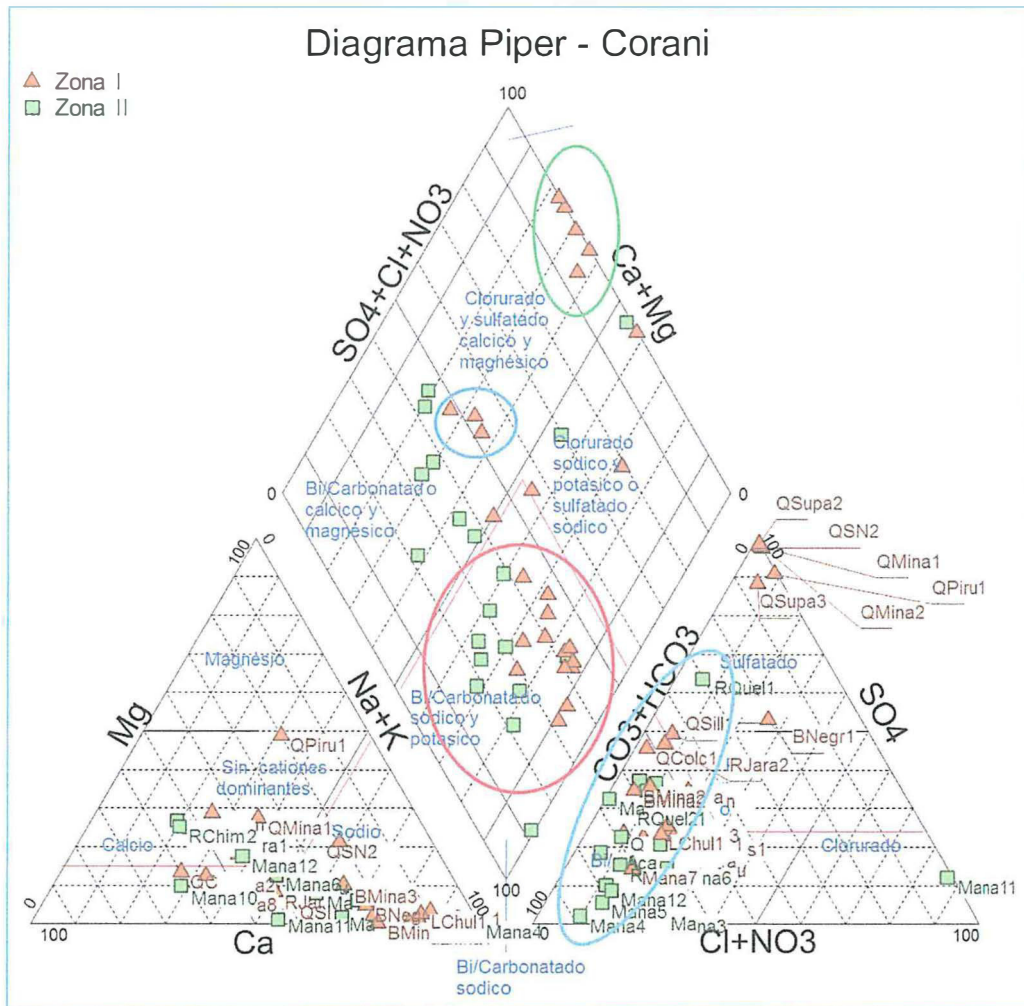


Figura 10-33. Diagrama de Piper para los cuerpos de agua en el área de influencia del proyecto Corani

344. El río Quelcaya (RQuel1), que a diferencia de los demás ríos, donde los bicarbonatos está entre 55 % y 85 % de los aniones, contiene aproximadamente 30 % de este anión y en contraposición contiene aproximadamente 70 % de sulfatos, por lo que se ubica en la aguas de facies sulfatadas sódicas; asimismo, se encuentra ubicada ligeramente en el límite de la zona de las sulfatadas cálcicas, debido a que más del 40 % de cationes es entre calcio y magnesio. En esta misma facies tenemos al manantial Queuña (Mana11) y a las quebradas Sin nombre (QSN2) y Sillatoco (QSill1), los cuales entre la suma de calcio y magnesio, contienen alrededor del 45 % de los cationes.



*[Handwritten signature and initials]*



*Handwritten signature*

*Handwritten vertical text: K 2 H 1*

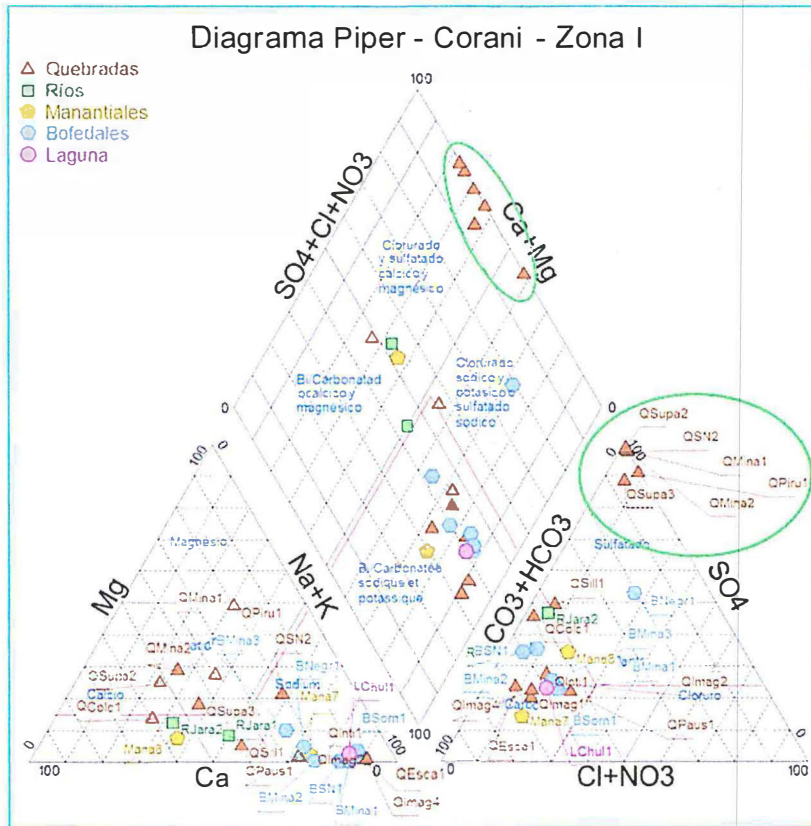


Figura 10-34. Diagrama de Piper para los cuerpos de agua de la Zona I en el área de influencia del proyecto Corani

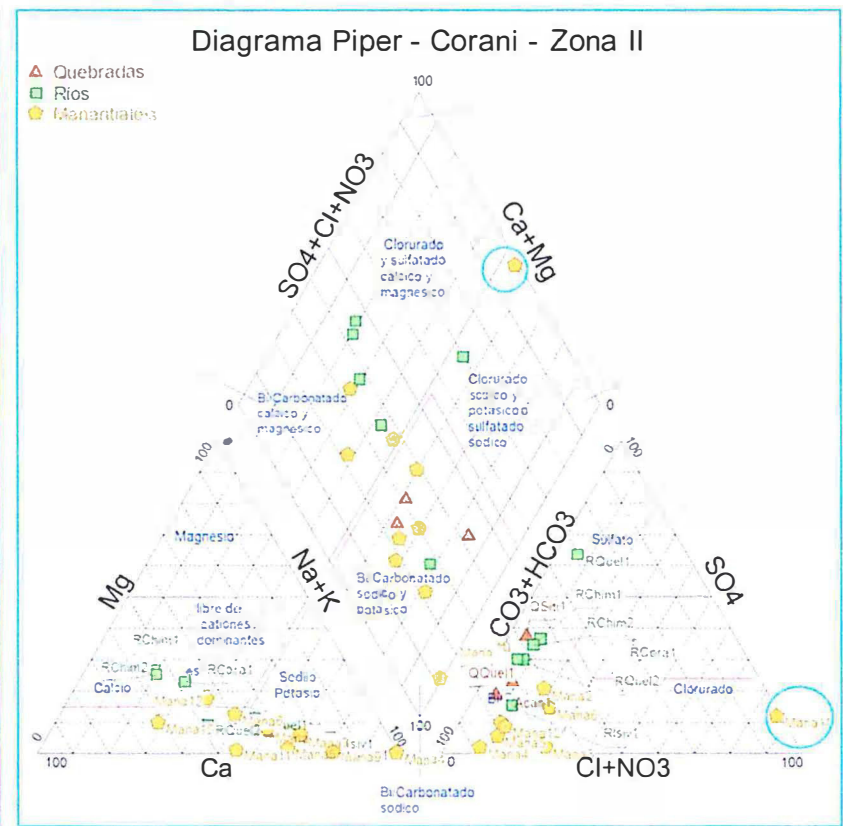


Figura 10-35. Diagrama de Piper para los cuerpos de agua de la Zona II en el área de influencia del proyecto Corani



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Organismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental - OEFA

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

345. Finalmente tenemos a los puntos que se ubican en las zonas límites entre dos facies, así tenemos: al manantial Huancarani (Mana6) y al río Jarapampa (RJara1), que debido a que la suma de calcio y magnesio es aproximadamente igual a la suma de sodio y potasio y, más del 60 % de aniones es bicarbonato, se ubican la facies mixtas entre las aguas bicarbonatadas sódicas/potásicas y bicarbonatadas cálcicas/magnésicas. Así también tenemos al río Jarapampa (RJara2), manantial de la CC Chacaconiza (Mana8) y la quebrada Collpa (QColc1), donde la suma de los aniones carbonatos y bicarbonatos es aproximadamente igual a la suma de los aniones sulfatos, cloruros y nitratos y; más del 60 % de cationes es calcio y magnesio, se ubican en las facies mixtas entre las aguas sulfatadas cálcicas/magnésicas y las bicarbonatadas cálcicas/magnésicas.

#### b. Diagramas de Stiff

346. En la Figura 10-36. se observa que todos los puntos evaluados no superan los 3meq/L, por lo que en general existe muy poca mineralización en el área de estudio. No obstante podemos observar tres grupos.

347. En el primer grupo de cuerpos de agua, ubicamos a los puntos con concentraciones menores de 0,5 meq/L, los cuales representan aguas de pobre mineralización, debido a la muy baja concentración de iones, el mismo que se advierte por la cantidad de sólidos disueltos totales que en promedio es 33 mg/L y el valor más alto de STD no supera los 90 mg/L; asimismo, la conductividad promedio es 44  $\mu$ S/cm. En este grupo tenemos a todos los bofedales, la laguna Chullumpicocha, todos los manantiales a excepción del manantial Mormontone (Mana10); así también, las quebradas Escalera Cucho (QEsca1), Collpa (QColc1), Sillatoco (QSill1), Silitoco (QSiti1), Intisayana (QInti1), Imagina Mayu (QImag1, QImag2 y QImag4), Acanchara (QAcan1) y Quelcaya (QQuel1).

348. En el segundo grupo tenemos a los polígonos rómbicos de concentración entre 1 y 2 meq/L, caracterizando a las aguas de baja mineralización. En la Figura 10-36. se observa la predominancia de los iones bicarbonatos y calcio con concentraciones mayores a 1 meq/L en comparación de los demás iones, los cuales no sobrepasan la concentración de 1 meq/L, lo que obedece a la probable presencia de roca caliza en la zona. En este grupo tenemos a los ríos Chimboya (RChim1 y RChim2) y el Manantial Mormontone (Mana10).

349. En el tercer grupo tenemos a los polígonos que caracterizan la predominancia de iones sulfatos, aunque mantienen baja mineralización. En este grupo encontramos a los siguiente cuerpos de agua: Las quebradas sin nombre (QSN2), Piruacarca (QPiru1), Minaspata (QMina1 y QMina2), Supayhuasi (QSupa2 y QSupa3) y el río Jarapampa (RJara1 y RJara2).

350. Finalmente en la Figura 10-37 se muestran los diagramas de Stiff de las quebradas, ríos, manantiales y laguna en cada zona de evaluación del proyecto minero Corani. Para una mejor visualización de la Figura 10-37, ver la Figura B2-39 y B2-40 del anexo B2.



*[Handwritten signature]*

*[Handwritten mark]*

*[Handwritten mark]*

*[Handwritten mark]*

*[Handwritten mark]*



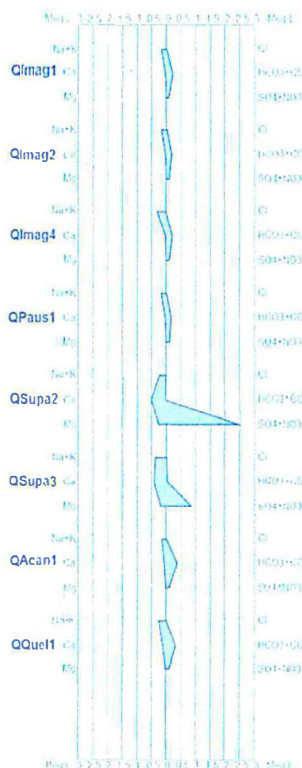
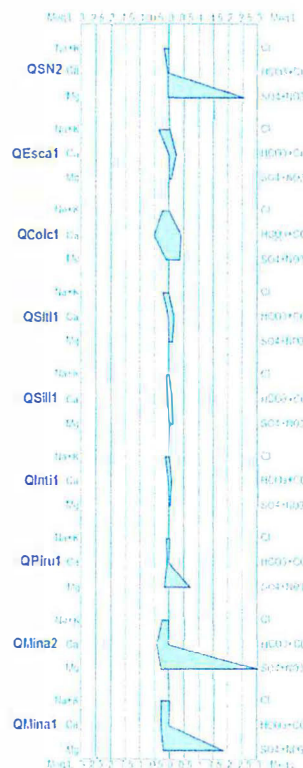
PERÚ

Ministerio del Ambiente

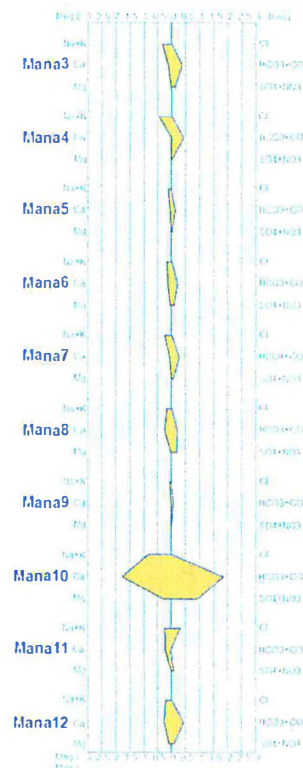
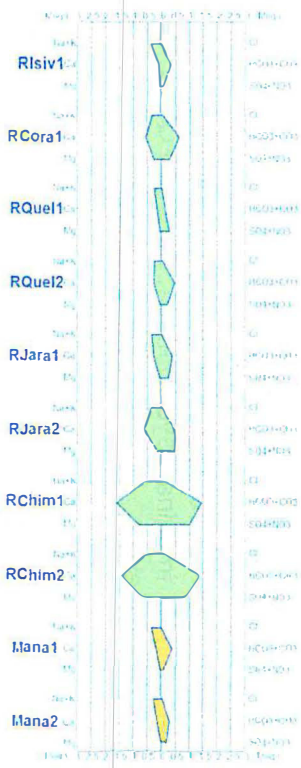
Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFIA

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

Corani - Quebradas



Corani - Ríos - Manantiales



Corani - Bofedales - Laguna

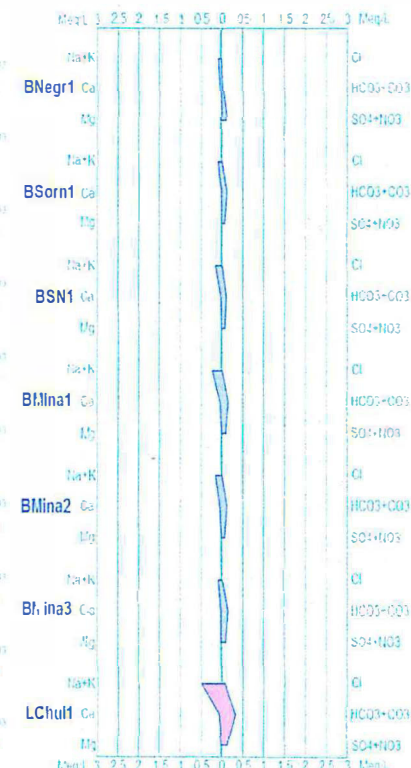
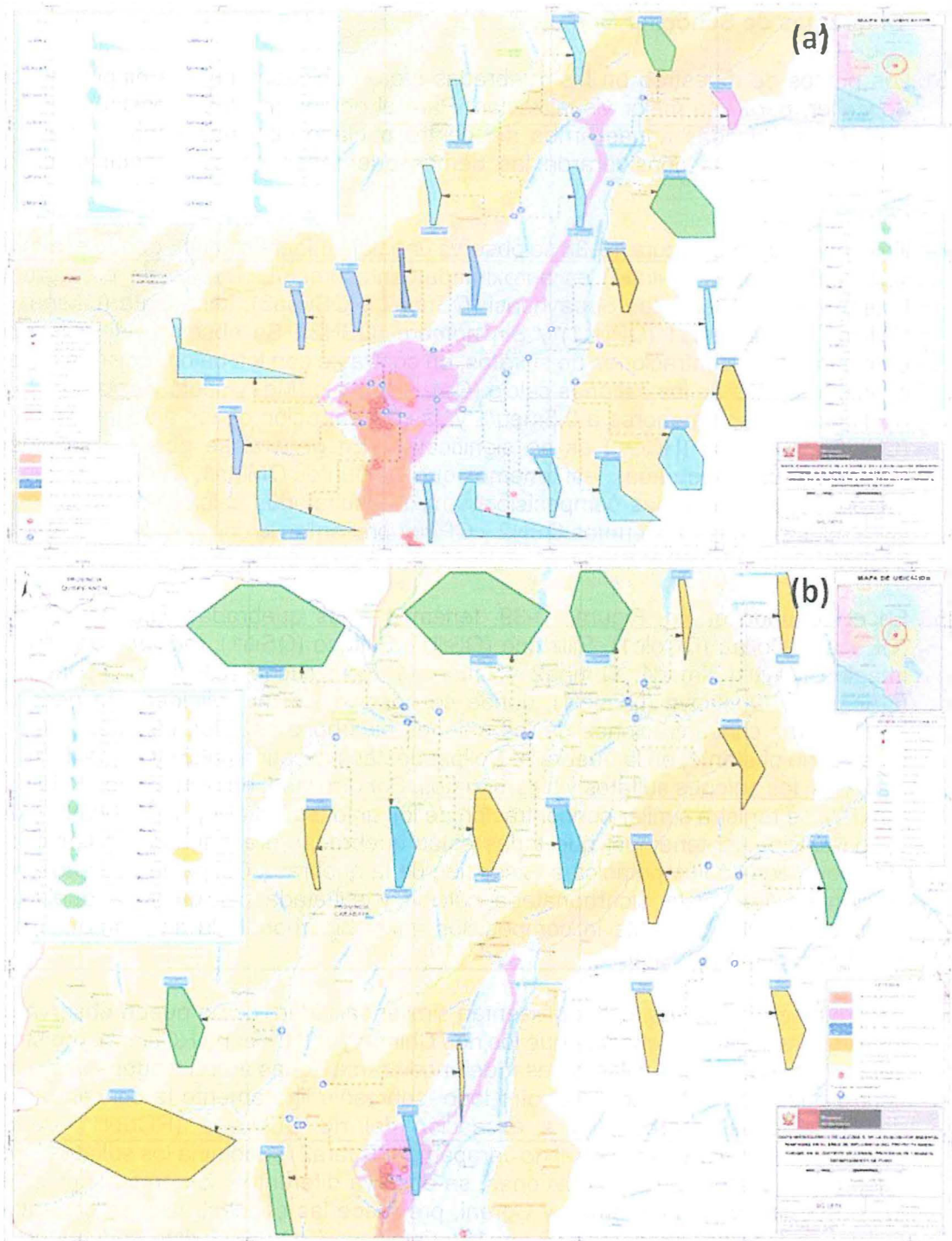


Figura 10-36. Diagramas de Stiff de las quebradas, ríos, manantiales y laguna en el área de evaluación del proyecto Corani



Handwritten signature

Handwritten text: k, j, H, 1



*[Handwritten signatures and initials in blue ink]*

Figura 10-37. Mapa hidroquímico del área de influencia del proyecto minero Corani, (a) Zona I, (b) Zona II



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Organismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental - OEFA

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

### c. Diagramas de Schöeller Berkloff

351. Los puntos de muestreo en las quebradas fueron ubicadas en dos diagramas de Schöeller, para una mejor visualización. Para el primer grupo se consideraron las quebradas ubicadas aguas arriba del centro poblado de Chacaconiza y para el segundo grupo se consideraron las demás quebradas no comprendidas en la primera.
352. En el primer grupo, Figura 10-38 se observa una baja mineralización, donde el mayor valor de los iones (sulfato) es aproximadamente 3meq/L. Dentro de este grupo tenemos a las quebradas Supayhuasi (QSupa2 y QSupa3), Minaspata (QMina1 y QMina2), Piruacarca1 (QPiru1) y Sin nombre (QSN2). Se observa además, que dominan las concentraciones de sulfatos, en contraste con los bajos registros de las concentraciones de los cationes calcio (Ca), magnesio (Mg) y sodio y potasio (Na + K), los cuales son menores a 0,5meq/L y, la concentración de los aniones cloruros (Cl<sup>-</sup>), Bicarbonatos (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) es no significativo. En general se observa salinidad similar entre las quebradas, así tenemos que los puntos QMina1, QMina2, QSupa2 y QSupa3, presentan las composiciones mixtas sulfatadas cálcicas-magnésicas y sulfatadas sódicas y los puntos QSN2 y QPiru1 presentan la composición sulfatadas sódicas.
353. En el segundo grupo, Figura 10-39, tenemos a las quebradas Escalera Cucho (QEsca1), Collpa (QColc1), Sillatoco (QSill1), Silitoco (QSiti1), Intisayana (QInti1), Imagina Mayu (QImag1, QImag2 y QImag4), Pausicucho (QPaus1), Acanchara (QAcan1) y Quelcaya (QQuel1), donde se observa similar salinidad. En general, dominan las concentraciones de los aniones bicarbonatos y los cationes sodio y potasio, no obstante, en la quebrada Collpa, destaca el catión calcio y en cantidades similares, los aniones sulfatos y bicarbonatos. Por otro lado, en la quebrada Sillatoco (QSill1), se registra similar concentración de los aniones sulfato y bicarbonato; y del catión calcio. Así tenemos, que todas estas quebradas presentan la composición bicarbonatada sódico-potásica a excepción de la quebrada Collpa, la cual presenta la composición mixta bicarbonatada cálcica y sulfatada cálcica y, la quebrada Sillatoco (QSill1) presenta la composición mixta bicarbonatada sódico-potásica y sulfatada sódico-potásica.
354. Con respecto a los ríos, estos presentan similar salinidad, como puede observarse en la Figura 10-40. Se observa que los ríos Chimboya (RChim1 y RChim2), registran comportamiento muy similar, a pesar de encontrarse aguas arriba y aguas abajo del centro poblado de Aymaña. Por otro lado, sobresale ligeramente la concentración de los aniones bicarbonatos a excepción del río Quelcaya (RQuel1), donde prevalece el anión sulfato y en el río Jarapampa (RJara2) codomina los sulfatos junto a los bicarbonatos. Entre los cationes, se observa diferentes comportamientos, en los ríos Chimboya, Jarapampa y Corani, prevalece las concentraciones del catión Calcio; en los ríos Jarapampa (RJara1) y Quelcaya (RQuel2) existe codominancia entre Ca y Na+K; en los ríos Quelcaya (RQuel1) e Isivilla (RSivi1) prevalece las concentraciones de Na+K.
355. Finalmente se observa que los ríos presentan baja mineralización y se ubican dentro de las siguientes composiciones: los ríos Chimboya (RChim1 y RChim2) y Corani (RCora1), tienen composición bicarbonatadas cálcicas; el río Jarapampa (RJara1) presenta la composición mixta, bicarbonatadas sódica-potásica y bicarbonatadas cálcicas; el río Isivilla (RSivi1) presenta la composición bicarbonatada sódico-potásica; el río Quelcaya (RQuel1), presenta la composición sulfatado sódico-



Handwritten signature and initials in blue ink.



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Organismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental - OEFA

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

potásico y; el río Jarapampa (RJara2), presenta la composición mixta bicarbonatada cálcica y sulfatado cálcico.

356. Para el caso de los bofedales y la laguna Chullumpicocha, la Figura 10-41. muestra que los componentes de agua presentan baja mineralización al igual que en los ríos, así como similar salinidad. Asimismo, se observa que la suma de los iones de la laguna Chullumpicocha es mayor que la suma de cada uno de los bofedales. Además, se puede observar que dominan las concentraciones de los cationes Na + K y los aniones bicarbonatos, a excepción del bofedal Negro Minas, donde prevalece el anión sulfato. Así tenemos que la Laguna Chullumpicocha y todos los bofedales tienen composiciones bicarbonatadas sódicas-potásicas, a excepción del bofedal Negro Minas, el cual presenta la composición sulfatada sódica-potásica.
357. Finalmente, la Figura 10-42 muestra que los manantiales presentan diferente salinidad, sin embargo la mineralización es muy baja en todos los manantiales. Para mayor detalle en cuanto a la visualización de las Figuras 10-38 al 10-42, ver Figuras B2.41 a B2.45 del anexo B2.

### 10.1.3.3. Relaciones iónicas

358. En esta sección se establece la relación de los aniones cloruro ( $\text{Cl}^-$ ), sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ) y los cationes sodio (Na), calcio (Ca), magnesio (Mg), estroncio (Sr); así como el pH y de esa manera establecer si existe proporcionalidad y diferenciar o agrupar los puntos de muestreo. A continuación se considerará a aquellos iones que tuvieron alguna razón de proporcionalidad.
359. Debe anotarse que en la mayoría de los puntos de muestreo, las concentraciones no son significativas, y en muchos casos la concentración de los iones es menor a 1 meq/L, por lo que no se esperaría que las gráficas muestren una razón de proporcionalidad definida, a causa de la variabilidad de las concentraciones a nivel bajo, esto es, valores que se ubican cerca al límite de cuantificación, donde la precisión es baja. Para mayor detalle en cuanto a la visualización de las Figuras 10-43 al 10-47, ver Figuras B2.46 a B2.53 anexo B2.



*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

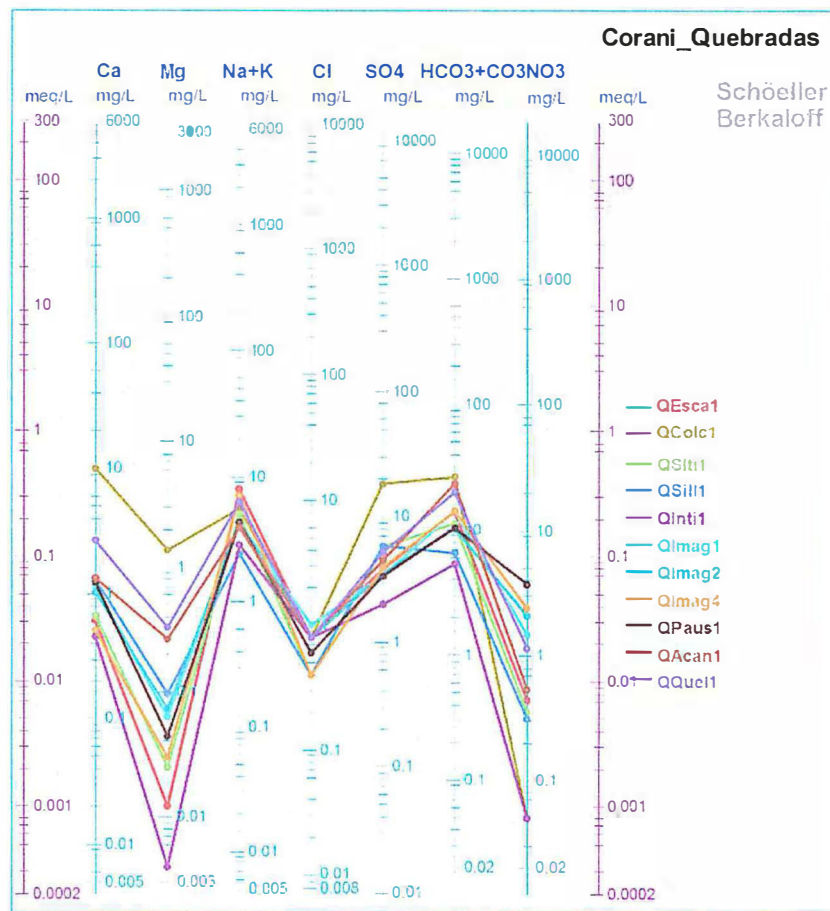
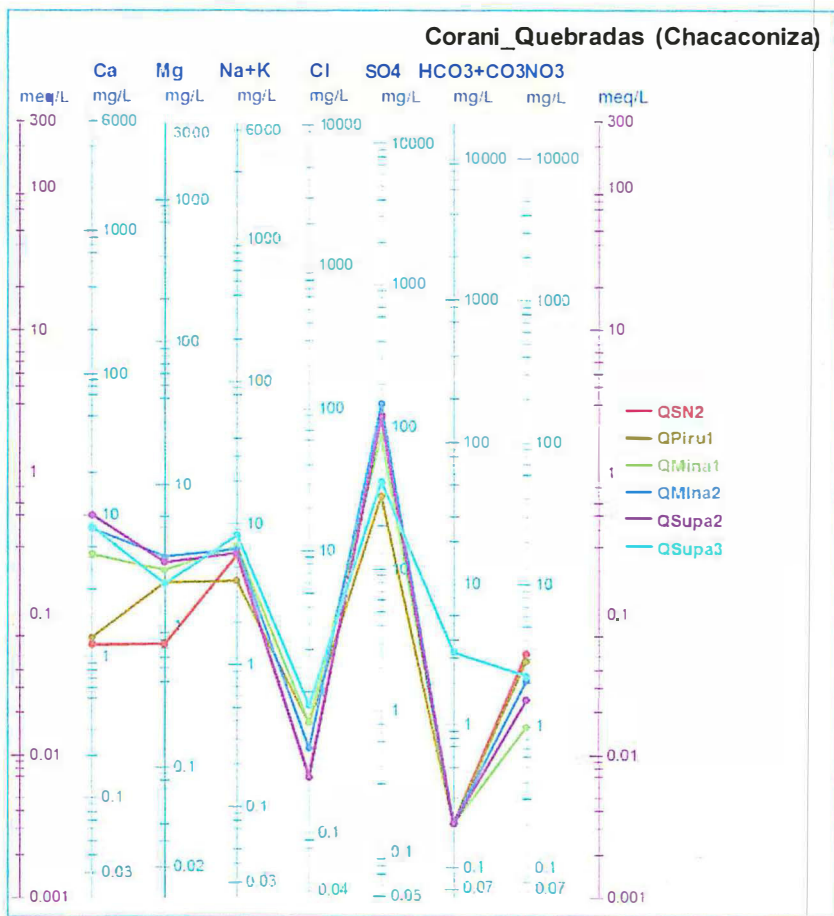


Figura 10-38. Diagrama de Schöeller Berkaloff de las quebradas de la microcuenca de Supayhuasi (CC Chacaconiza, en el área de evaluación ambiental)

Figura 10-39. Diagrama de Schöeller Berkaloff las quebradas en el área de evaluación ambiental



Handwritten signature

Handwritten signature



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

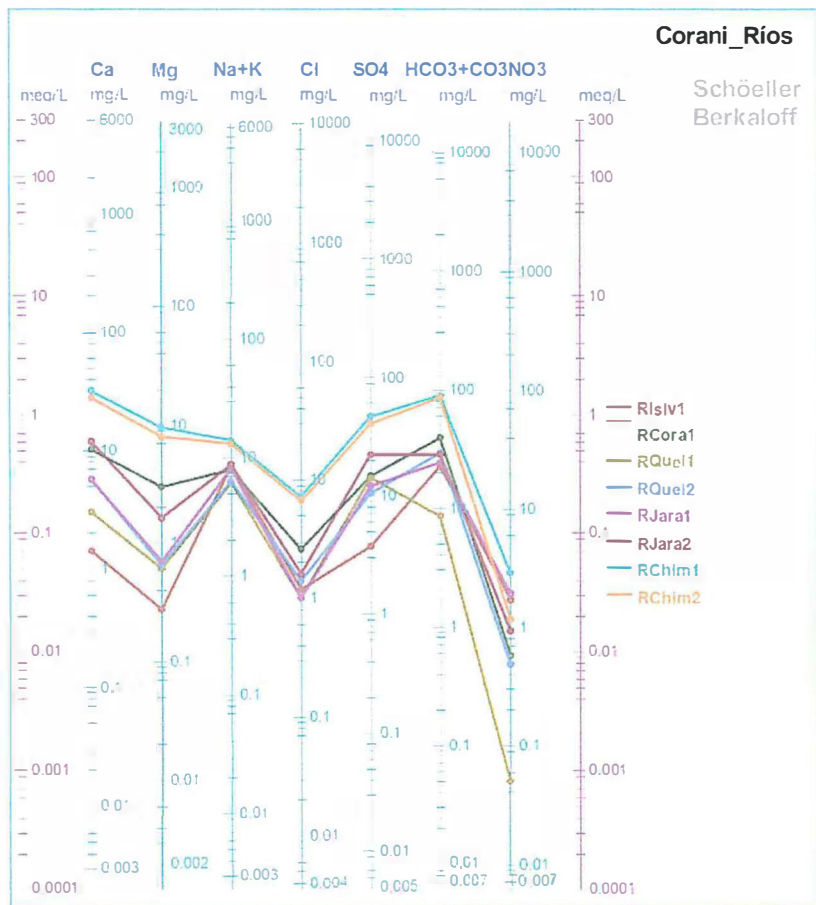


Figura 10-40. Diagrama de Schöeller Berkaloff en los ríos del área de evaluación ambiental

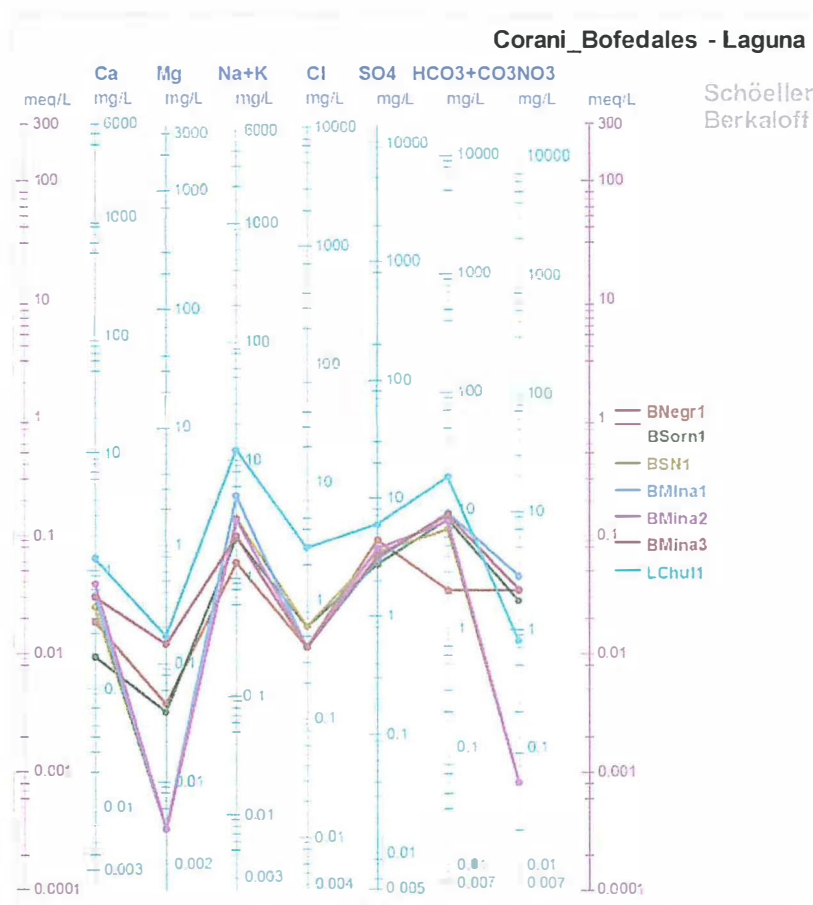


Figura 10-41. Diagrama de Schöeller Berkaloff de los bofedales y la laguna Chullumpicocha del área de evaluación ambiental



Handwritten signature and initials: J, K, 1



PERÚ

Ministerio del Ambiente

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

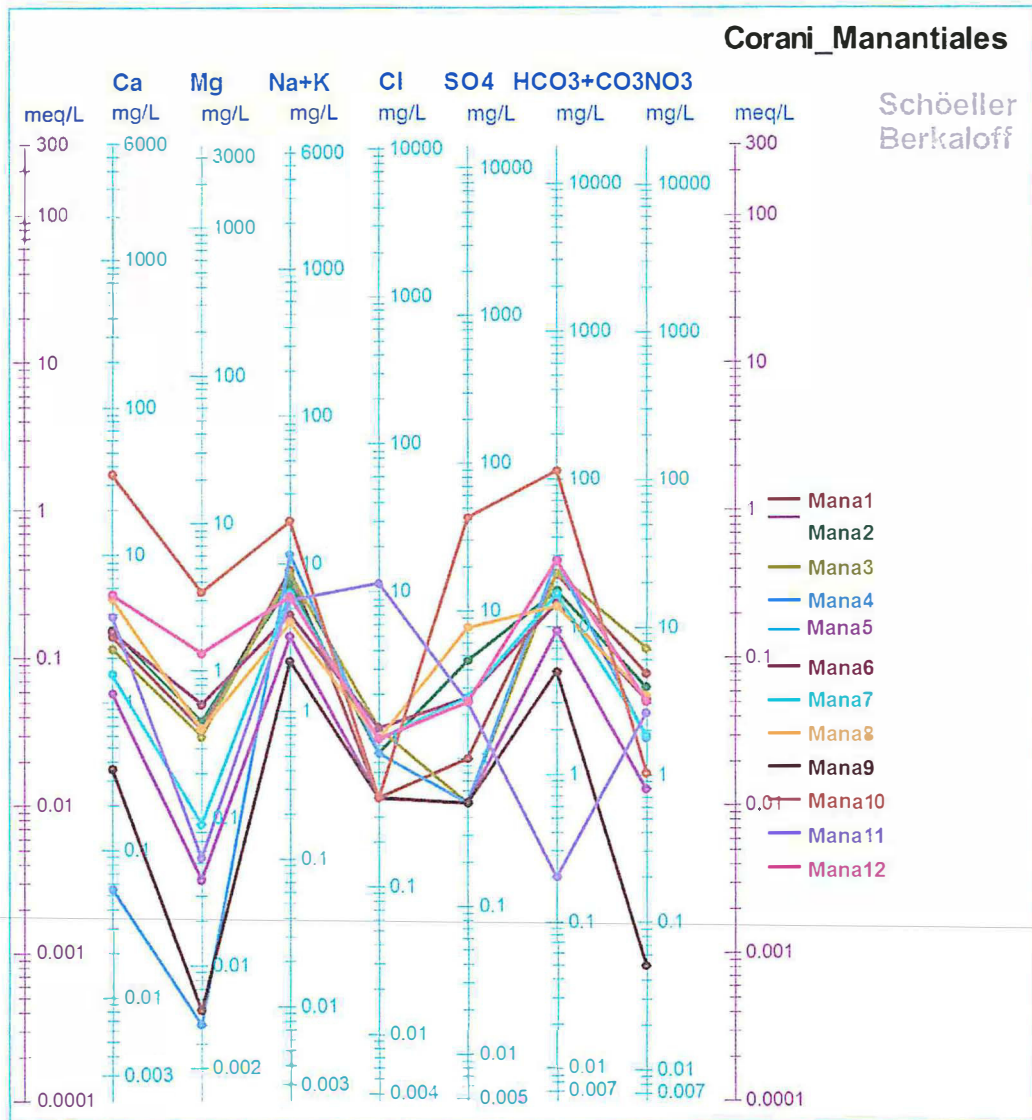


Figura 10-42. Diagrama de Schöeller Berkloff de manantiales del área de evaluación ambiental



Handwritten signature

Handwritten signature



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Organismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental - OEFA

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

360. De esta manera, puede observarse en las Figuras 10-43, 10-44, 10-45, 10-46 y 10-47 puntos agrupados cercanos a los ejes. Este comportamiento lo encontramos para el anión  $\text{Cl}^-$  en la mayoría de los manantiales, bofedales y quebradas, donde las concentraciones del ion es menor a 0,05 meq/L; también lo encontramos para el anión  $\text{SO}_4^{2-}$ , en los manantiales y bofedales donde las concentraciones del ion es menor a 0,2 meq/L; asimismo, el anión  $\text{HCO}_3^-$ , la concentraciones en los bofedales, quebradas y la mayoría de manantiales es menor a 0,5 meq/L. Por otro lado, similar comportamiento lo encontramos en los cationes mayoritarios, como Ca, Mg y Na.
361. En los ríos con respecto a la concentración de los iones, se puede observar la correspondencia entre ellos, tal es el caso del  $\text{Cl}^-$  con los cationes Na y Ca (Figura 10-43) y  $\text{Cl}^-$  con el Sr y  $\text{SO}_4^{2-}$  (Figura 10-44), donde el R es cercano a 1; y para el  $\text{HCO}_3^-$  con los cationes Mg y Na (Figura 10-45.), Sr (Figura 10-46) y Ca (Figura 10-47). Por otro lado, también observamos que hay una buena correspondencia entre los aniones cloruros y sulfatos para los ríos (Figura 10-44), aunque haya predominancia de los iones sulfatos (pendiente  $\gg 1$ ) y la escasa presencia de cloruros.
362. Por otro lado, se ha observado que el pH se correlaciona con los sulfatos. El pH es más ácido conforme aumenta la concentración del ion sulfato, y este comportamiento es notorio en las quebradas. Esta observación se detallará en la sección discusiones.



P

Q

R  
S  
T  
U



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

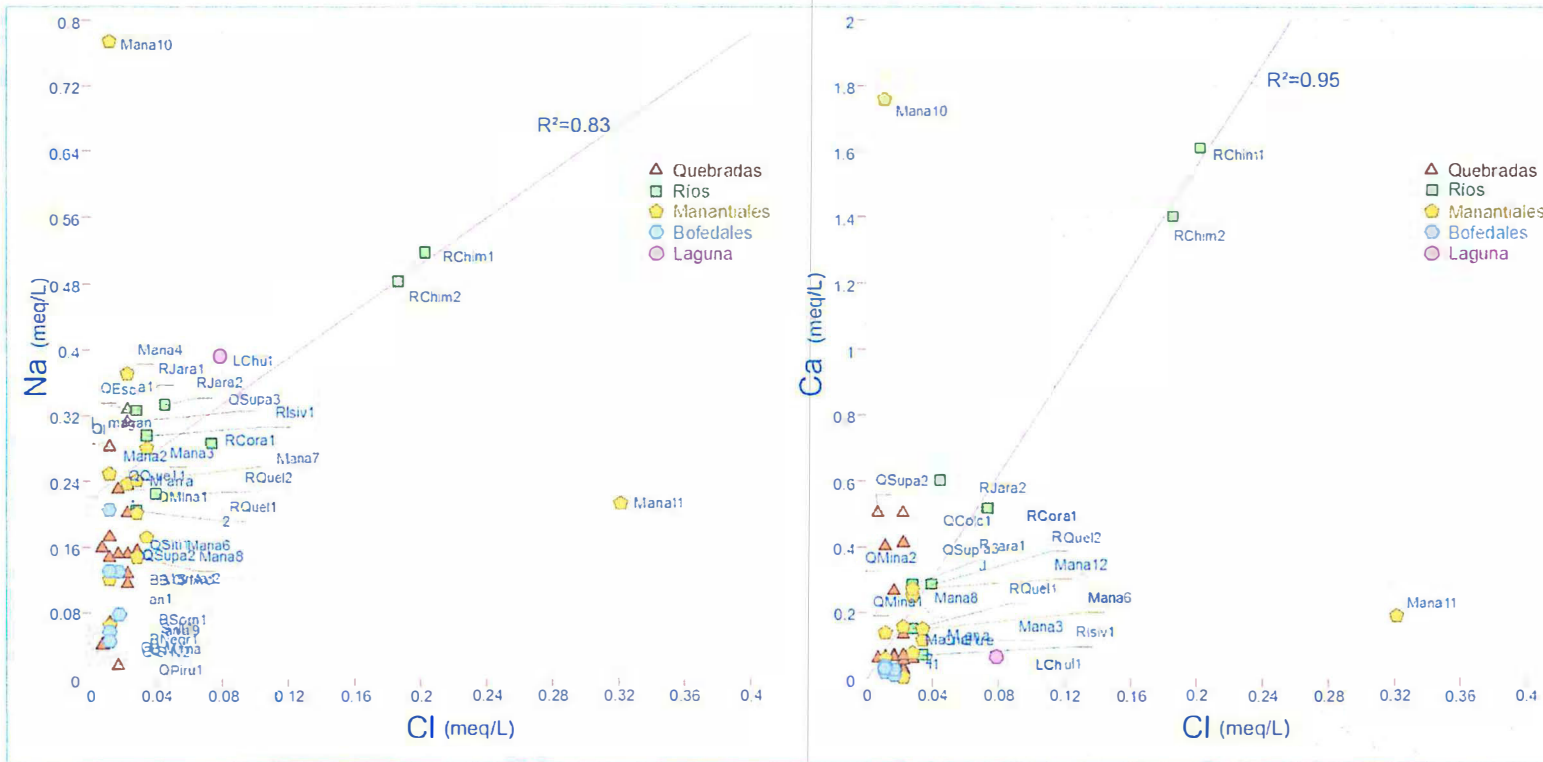


Figura 10-43. Relación cloruros (Cl) – sodio (Na) y cloruros (Cl) – calcio (Ca)



Handwritten signature

Handwritten text: k, j, H, 1



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"



Handwritten signature

Handwritten initials

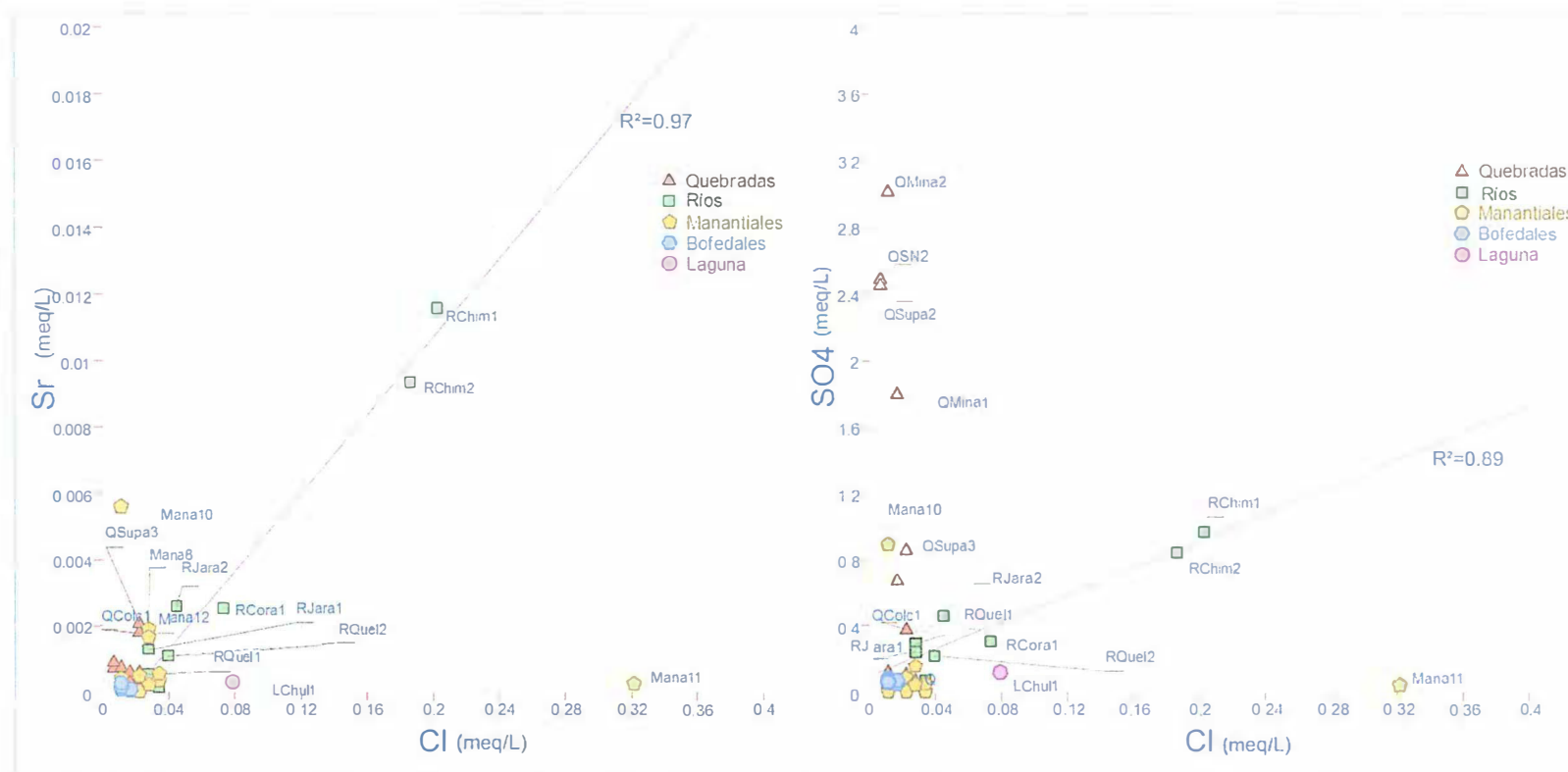


Figura 10-44. Relación cloruros (Cl) – Estroncio (Sr) cloruros (Cl) - sulfatos (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>)



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

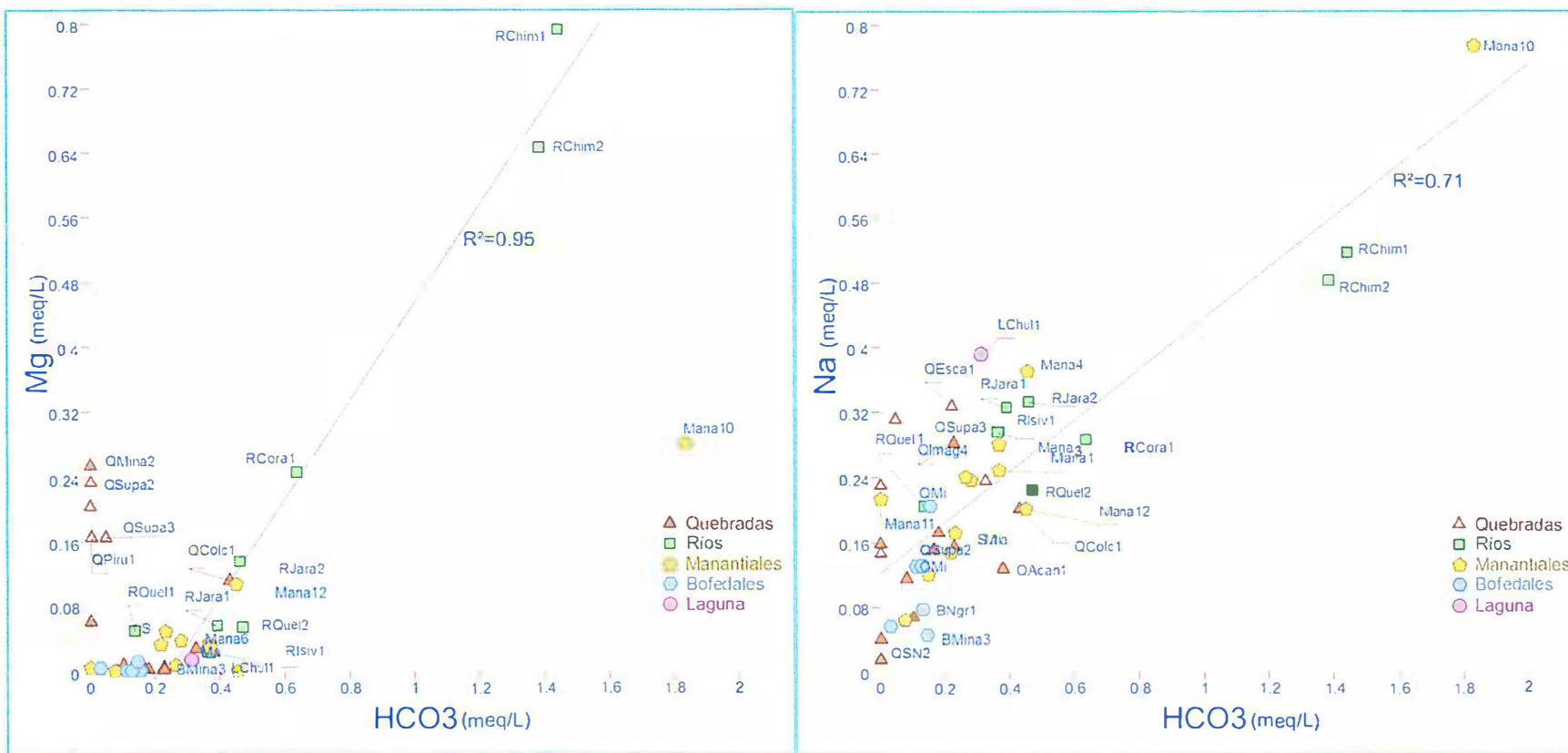


Figura 10-45. Relación bicarbonatos (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) - magnesio (Mg) y bicarbonatos (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) - sodio (Na)



Handwritten signature

Handwritten text: K, J, H, 1



P  
D

2  
2  
K  
1

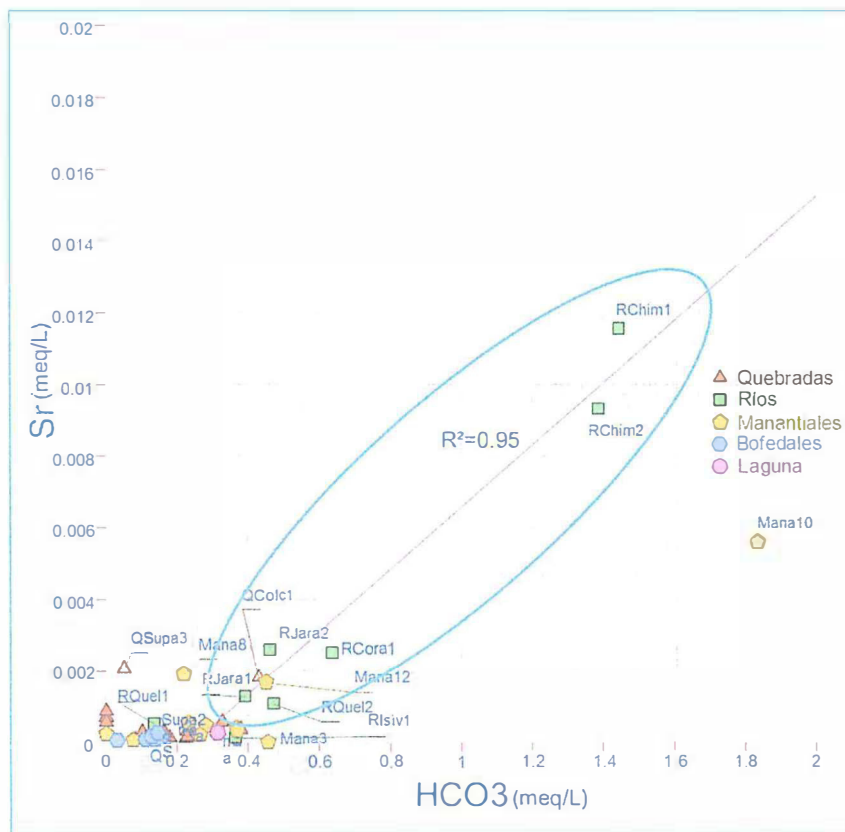


Figura 10-46. Relación bicarbonatos ( $\text{HCO}_3^-$ ) – estroncio (Sr)

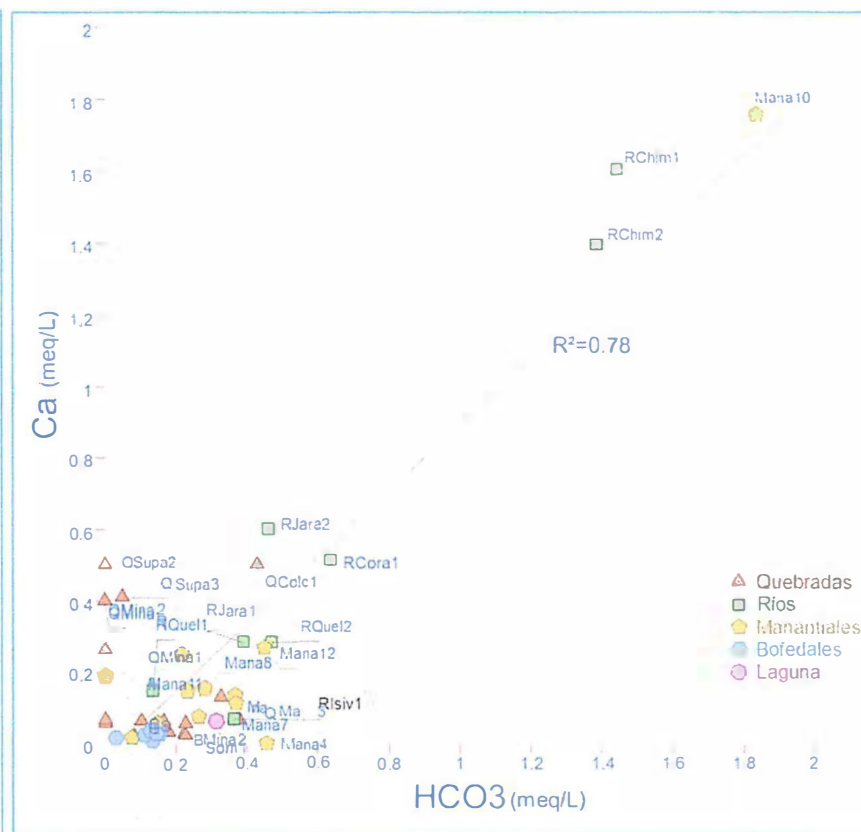


Figura 10-47. Relación bicarbonatos ( $\text{HCO}_3^-$ ) – calcio (Ca)



## 10.2. Calidad de sedimento

363. En esta sección se presentan los resultados y análisis de las zonas evaluadas (zona I y zona II). La ubicación de dichos puntos puede verse en el Anexo C5. Registro fotográfico.

### 10.2.1. Evaluación estadística

364. En la Tabla 10-12, se muestran los porcentajes de datos censurados estadísticamente, a partir de los resultados obtenidos (con censura no debería confundirse al concepto de truncamiento; con censura, se sabe que las observaciones censuradas superan cierto umbral y esta información parcial puede usarse a la hora de modelar estadísticamente el fenómeno; mientras que, con el truncamiento, las observaciones se descartan enteramente) no existió una considerable variación para cada parámetro. En consecuencia, solo se retiró los parámetros de mercurio, molibdeno y hierro. El primero por presentar un alto porcentaje de datos censurados y los otros dos, por no ser parámetros de importancia ambiental. Para la evaluación de cadmio y plomo se consideró el valor medio (entre cero y el límite de cuantificación).

**Tabla 10-12.** Porcentaje de datos censurados estadísticamente para los diferentes parámetros obtenidos del total de puntos de muestreo evaluados

Metal	% Censurados	Metales totales	% Censurados
<b>Al</b>	0	Mg	0
<b>Sb</b>	0	Mn	0
<b>As</b>	0	<b>Hg</b>	<b>46</b>
<b>Ba</b>	0	Mo	12
<b>Be</b>	0	Ni	0
<b>Bi</b>	0	<b>Ag</b>	<b>0</b>
<b>B</b>	0	Pb	4
<b>Cd</b>	17	K	0
<b>Ca</b>	0	Se	0
<b>Ce</b>	0	Na	0
<b>Co</b>	0	Ta	0
<b>Cu</b>	0	Ti	0
<b>Cr</b>	0	Th	0
<b>Sn</b>	0	U	0
<b>Sr</b>	0	V	0
<b>P</b>	0	W	0
<b>Fe</b>	4	Zn	0
<b>Li</b>	0	-	-

365. A continuación se presenta el diagrama de cajas. Para mejor visualización se presentó dos gráficas, en la Figura 10-48 se presenta a los parámetros de bajo nivel (concentración baja) y en la Figura 10-49, se ubicarán a los parámetros de nivel alto (concentración alta).



P  
G

K  
J  
H  
1

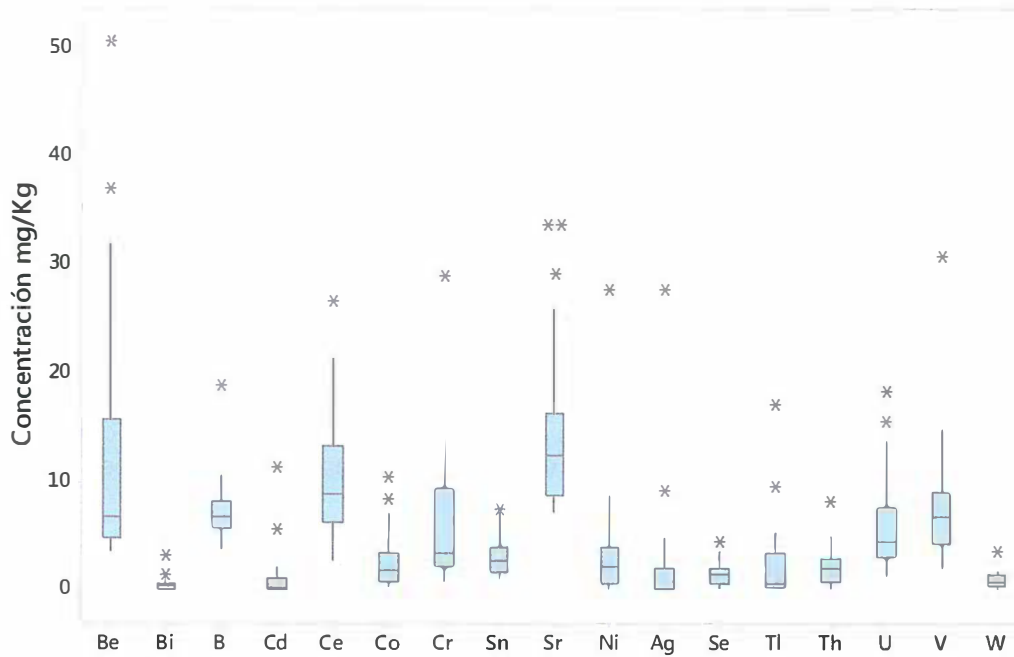


Figura 10-48. Diagrama de cajas para los parámetros de nivel bajo



*[Handwritten signature]*  
*[Handwritten signature]*  
*[Handwritten signature]*  
*[Handwritten signature]*  
*[Handwritten signature]*

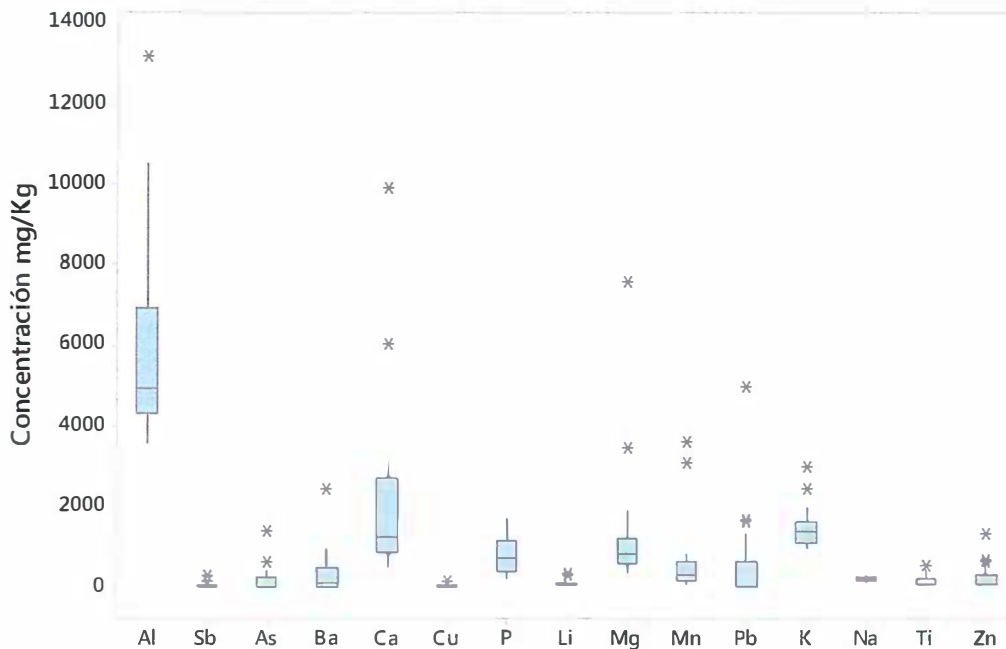


Figura 10-49. Diagrama de cajas para los parámetros de nivel alto

366. De las Figuras 10-48. y 10-49. se puede observar que los únicos metales totales que no presentaron valores atípicos (observación que es numéricamente distante al resto de datos) fueron dos (Na y P) de los 33 metales evaluados; por otro lado, los



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Organismo de Evaluación y  
Vigilancia Ambiental - OEVA

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

metales que presentaron más de un valor atípico fueron Sb, As, Be, Bi, Ca, Cd, Co, Sr, Li, Mg, Mn, Ag, Pb, K, Ti y U.

### 10.2.1.1. Análisis multivariado

#### a) Análisis cluster

367. De acuerdo al criterio de Sneath, se identificaron 4 grupos principales, G1, G2, G3 y G4 como se observa en la Figura 10-50, donde el dendrograma identifica a los grupos de muestreo en cuatro colores diferentes.

368. Al respecto, en el grupo G1 (color azul), se aprecian 3 subniveles: el primer nivel formado por los puntos de la quebrada Intisayana (SED-QInti1) y la quebrada Minaspatá (SED-QMina2), los cuales tienen 78.8 % de similaridad; estos a su vez se agrupan para formar el segundo nivel, con el río Quelcaya (SED-RQuel1), con 62,5 % de similaridad y; estos a su vez se agrupan para formar el tercer nivel, con el río Isivilla (SED-RIsiv1), con 47 % de similaridad.

369. En el segundo grupo G2 (color rojo), tenemos 3 subgrupos, el primero formado por el río Quelcaya (SED-RQuel2) y la quebrada Imagina Mayu (SEDQ-Imag4) con 91 % de similaridad; estos a su vez se agrupan con la quebrada Aconchara (SED-QAcon1) con 87,6 % de similaridad; el segundo subgrupo está formado por la quebrada Piruacarca (SED-QPiru1) y la quebrada Supayhuasi (SED-QSupa2) agrupados con 90,8 % de similaridad, que a su vez se agrupa con el río Jarapampa (SED-RJara1) con 87,7 % de similaridad. Estos dos subgrupos se agrupan con 62,8 % de similaridad; el tercer subgrupo está formado por la quebrada Minaspatá (SED-QMina1), el cual se agrupa con la quebrada Imagina Mayu (SED-QImag2) con 92,9 % de similaridad; estos a su vez se agrupan con la quebrada Imagina Mayu (SED-QImag1) con 38,5 % de similaridad. Este subgrupo se agrupa con los otros dos subgrupos anteriores con 38,5 % de similaridad.

370. El tercer grupo G3 (color verde), tenemos al subgrupo formado por el río Chimboya (SED-RChim2) y el río Corani (SED-RCor1) con 94,9 % de similaridad; este a su vez se agrupa con la quebrada Quelcaya 1 (SED-QQuel1) con 90,7 % de similaridad; el segundo subgrupo está formado por la laguna Chullumpicocha (SED-LChu1) y la quebrada Collpa (SED-QCol1) con 85,9 % de similaridad; este a su vez se agrupa con el bofedal Negrominas (SED-Negr1) con 83,1 % de similaridad. Estos dos subgrupos se agrupan con 76,6 % de similaridad y, este a su vez se agrupa con el bofedal Sornahuiña (SED-BSorn1) con 68,2 % de similaridad.

371. Finalmente, en el grupo G4 (color violeta), tenemos al bofedal Minaspatá (SED-BMina2) que se agrupa con la quebrada Supayhuasi (SED-QSupa3) con 84,8% de similaridad, estos a su vez se agrupan con la quebrada Sin nombre (SED-QSN2) con 63,2 % de similaridad, el cual finalmente se agrupa con el bofedal Minaspatá (SED-BMina3) con 48,3 % de similaridad.



l

D

k

J

H

1

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

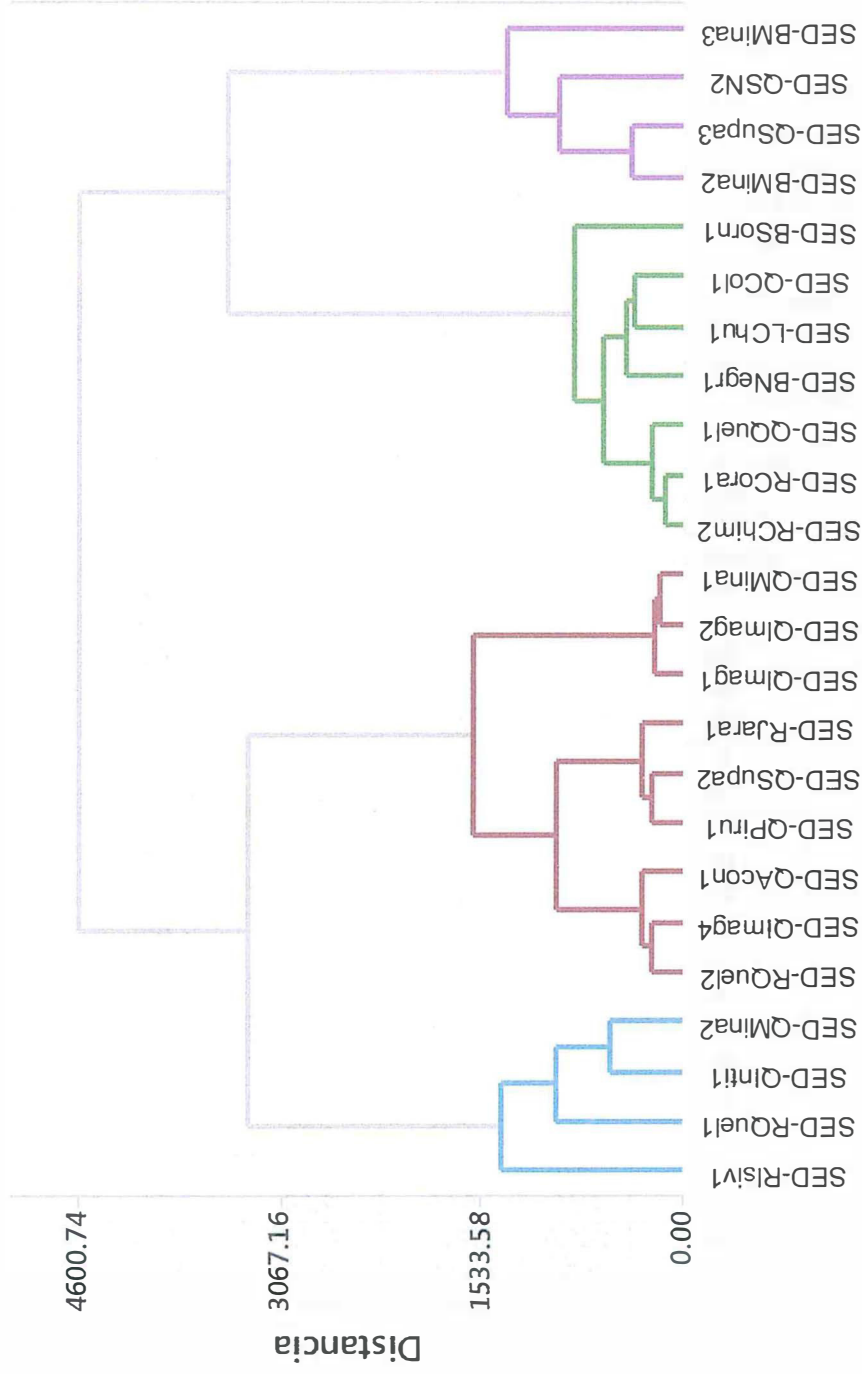


Figura 10-50. Dendrograma de los puntos de muestreo evaluados (sedimento), subdividido de acuerdo a grupos



*[Handwritten signatures and initials]*



372. Se observa que los grupos formados obtienen en la mayoría de los casos (17 de los 24 puntos de muestreo) más de 80 % de similaridad. Este dato significativo muestra que los cluster fueron bien agrupados. Asimismo, se observa la similaridad de los cuerpos de agua que se encuentran en la microcuenca de la quebrada Supayhuasi en la zona de estudio I, donde encontramos al bofedal Minaspata (B Mina2 y B Mina3), y a las quebradas Supayhuasi (Q Supa3) y Sin nombre (Q SN2) de color violeta en la Figura 10-50.
373. A continuación, se analizan las composiciones fisicoquímicas promedio de cada subgrupo identificado: Se tienen 4 grupos, el primer grupo G1, formado por 4 puntos de muestreo; el segundo grupo G2 formado por 9 puntos de muestreo; el tercer grupo G3 formado por 7 puntos de muestreo y; el cuarto grupo G4 formado por 4 puntos de muestreo.
374. Puede observarse en la tabla 10-13. que G4 agrupa a los puntos de muestreo con metales pesados de concentraciones significativas, tal como Sb, As, Ba, Zn y Cu. Estos puntos de muestreo se encuentran en la zona I, en la microcuenca del poblado de Chacaconiza.

Tabla 10-13. Tabla resumen de los grupos de cluster formados

Grupo	G1	G2	G3	G4
Punto de muestreo	4	9	7	4
Sb	2,23	23,43	5,86	170,20
As	12,08	107,93	22,59	668,00
Ba	84,8	245,5	97,5	1132,3
Be	20,75	8,69	14,72	8,38
Bi	0,485	0,514	0,522	1,266
B	10,69	6,84	6,59	6,97
Ce	12,98	7,88	12,34	10,13
Co	1,28	1,90	3,53	3,88
Cu	2,13	21,98	6,79	106,73
Cr	4,65	3,91	8,37	10,45
Sn	4,75	3,38	2,11	2,68
Sr	10,27	10,77	15,90	27,98
P	773,8	371,9	1258,1	848,0
Li	216,5	97,1	54,4	32,6
Mo	0,07	0,42	0,37	1,02
Ni	1,41	1,40	7,36	3,86
Ag	0,14	1,06	0,06	10,96
K	2328	1357	1212	1265
Se	2,22	0,90	2,26	1,51
Na	265,5	191,4	227,7	169,3
Tl	0,80	1,66	0,38	9,08
Ti	228,1	135,2	165,4	70,9
Th	3,38	1,92	1,82	2,33
U	6,89	3,26	7,07	8,75
V	6,35	5,68	11,10	8,53
W	0,96	1,04	0,45	2,23
Zn	74,48	144,2	80,26	817,0



### 10.2.2. Concentraciones de los principales metales pesados

375. A continuación, se muestran las gráficas de los metales pesados de significancia ambiental.

#### a) Arsénico total

376. En la Figura 10-51 se presentan las concentraciones de arsénico en las zonas evaluadas, donde se registran concentraciones significativas de arsénico en los puntos: SED-BMina3 con 1370 mg/Kg, SED-QSN2 con 607 mg/Kg, SED-BMina2 con 421 mg/kg y SED-QPiru1 con 256 mg/Kg, los cuales se ubican en áreas cercanas a bocaminas abandonadas en la zona I. Otros puntos que registran concentraciones menores pero en cantidades significativas, tenemos a los puntos: SED-QSupa2 con 323 mg/Kg y SED-QSupa3 con 274 mg/Kg, los cuales se encuentran aguas abajo del punto SED-QMina2.

#### a) Cadmio total

377. En la Figura 10-52 se presentan las concentraciones de cadmio en las zonas evaluadas, registrándose concentraciones significativas de cadmio en los puntos de muestreo: SED-BMina3 con 11,5 mg/Kg, SED-QSN2 con 5,742 mg/Kg y SED-BMina2 con 2,108 mg/kg, los cuales se ubican en áreas cercanas a bocaminas abandonadas en la zona I. Otros puntos de muestreo que registran concentraciones significativas son: SED-QSupa2 con 1,622 mg/Kg y SED-QSupa3 con 2,289 mg/Kg. Se observa además que el punto SED-RJara1 que se encuentra aguas abajo del punto SED-QSupa3, registrando una concentración de 1,356 mg/Kg.

#### a) Cobre total

378. En la Figura 10-53, se observa las concentraciones de cobre en los puntos de muestreo: SED-BMina3 con 119 mg/Kg, SED-QSN2 con 171 mg/Kg, SED-BMina2 con 76,2 mg/kg y SED-Qpiru1 con 74,2 mg/Kg, los cuales se ubican en áreas cercanas a bocaminas abandonadas en la zona I. Otros puntos que registran concentraciones significativas son los puntos de muestreo: SED-QSupa2 con 94,1 mg/Kg y SED-QSupa3 con 60,7 mg/Kg.

#### a) Cromo total

379. La concentración de cromo en todos los puntos de muestreo, se registra por encima del límite de detección del analítico; sin embargo, no son significativas como se puede ver en la Figura 10-54. Sin embargo, destaca la concentración de 29 mg/Kg en el punto SED-RChim2, el cual se encuentra aguas abajo del centro poblado de Aymaña.

#### a) Manganeso total

380. De la Figura 10-55 podemos observar que las concentraciones de manganeso predomina en dos puntos de muestreo: SED-BMina3 con 3601 mg/Kg y SED-QSN2 con 3072 mg/Kg, los cuales se ubican en áreas cercanas a bocaminas abandonadas en la zona I. Asimismo, los puntos SED-BMina2 y SED-QPiru1 presentan concentraciones de 818 y 823 mg/Kg respectivamente. Otros puntos con concentraciones significativas son: SED-QSupa2 con 669 mg/Kg y SED-QSupa3 con 698 mg/Kg.



*[Handwritten signature]*

**a) Mercurio total**

381. Con respecto a la concentración de mercurio en sedimento, en la Figura 10-56. se observa que aproximadamente el 40% de puntos evaluados presentan concentración por encima del límite de detección analítico, así tenemos concentraciones en los puntos de muestreo: SED-QSN2 con 0,96 mg/Kg, SED-BMina2 con 0,48 mg/Kg, SED-BMina3 con 0,43 mg/Kg y SED-Qpiru1 con 0,35 mg/Kg, los cuales se ubican en áreas cercanas a bocaminas abandonadas en la zona I. Por otro lado, los puntos SED-QSupa2 y SED-QSupa3, registran concentraciones de mercurio de 669 mg/Kg y 698 mg/Kg respectivamente. Además, podemos observar que el punto SED-QImag1 registra una concentración de 0,27 mg/Kg y, es destacable la concentración de 0,59 mg/Kg en el punto SED-RChim2, el cual se encuentra aguas abajo del centro poblado de Aymaña.

**a) Plomo total**

382. Con respecto a la concentración de plomo, en la Figura 10-57. se observan concentraciones significativas en los puntos de muestreo: SED-BMina3 con 1 650 mg/Kg, SED-BMina2 con 1643 mg/Kg, SED-QSN2<sup>56</sup> con concentraciones mayores a 5 000 mg/Kg, SED-Qpiru1 con 719 mg/Kg y SED-QMina1 con 344 mg/kg, los cuales se ubican en áreas cercanas a bocaminas abandonadas en la zona I. Otros puntos que registran concentraciones significativas de son: SED-QSupa2 con 1 034 mg/Kg y SED-QSupa3 con 1 334 mg/Kg, los cuales se ubican aguas abajo del punto SED-QMina2.

**a) Zinc total**

383. En la Figura 10-58 se observan concentraciones significativas de zinc en los puntos de muestreo: SED-QSN2 con 1 338 mg/Kg, SED-BMina3 con 636 mg/Kg, SED-BMina2 con 695 mg/Kg y SED-Qpiru1 con 251 mg/Kg, los cuales se ubican en áreas cercanas a bocaminas abandonadas en la zona I. Otros puntos que registran concentraciones significativas son: SED-QSupa2 con 460 mg/Kg y SED-QSupa3 con 252 mg/Kg, los cuales se ubican aguas abajo del puntos de muestreo SED-QMina2; además se observa una concentración de 290 mg/Kg para el punto Sed-RJara1, el cual se ubica aguas debajo de la comunidad campesina de Chacaconiza.



*[Handwritten signature]*  
*[Handwritten initials]*  
*[Handwritten number 1]*

<sup>56</sup> El laboratorio AGQ Labs & Technological Services reportó >5000 mg/Kg, Informe de ensayo acreditado N° SAA-17/01722 de fecha 07/08/2017.

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

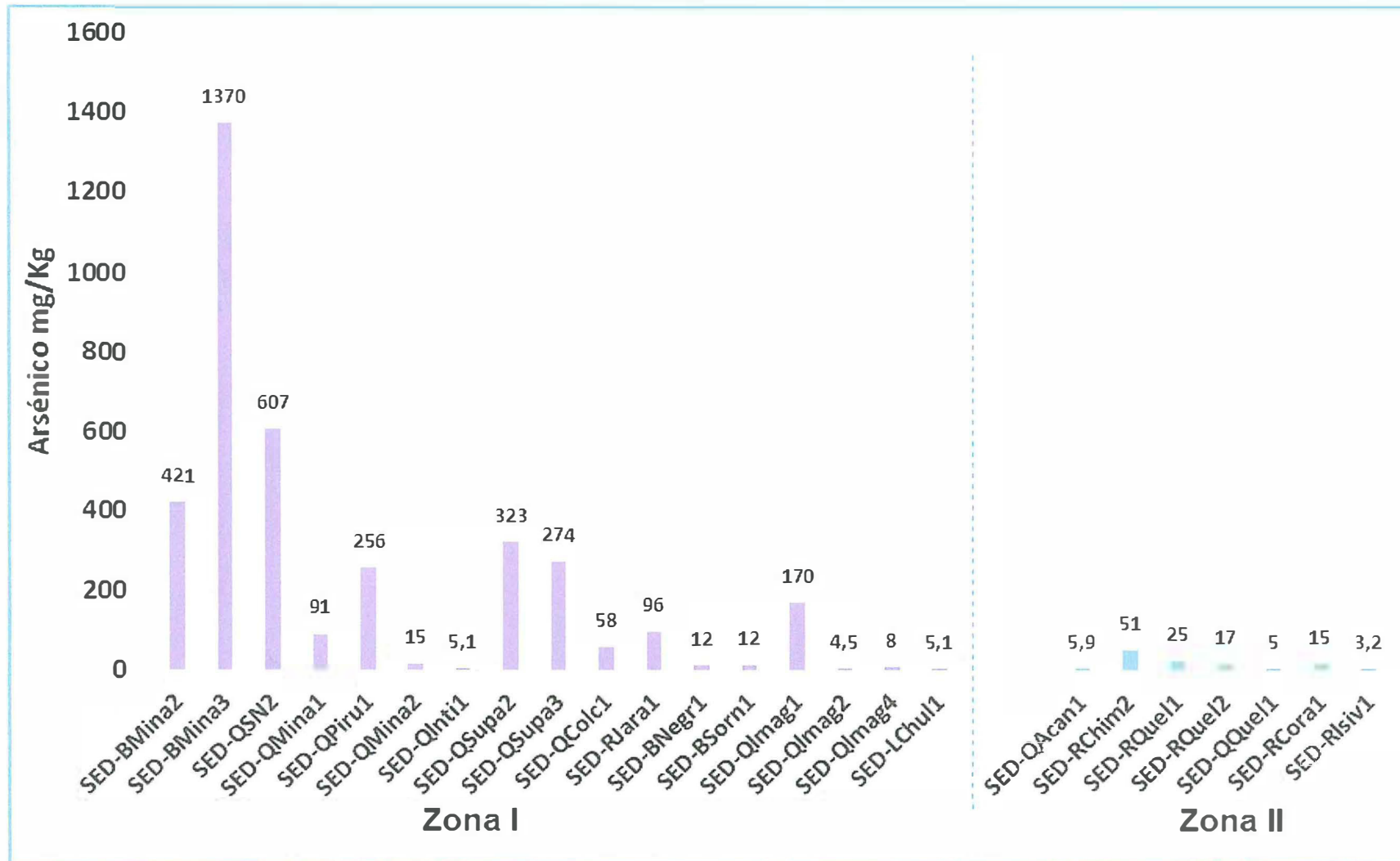


Figura 10-51. Concentración de arsénico en sedimento en el área de influencia del proyecto minero Corani



Handwritten signatures and initials in blue ink.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

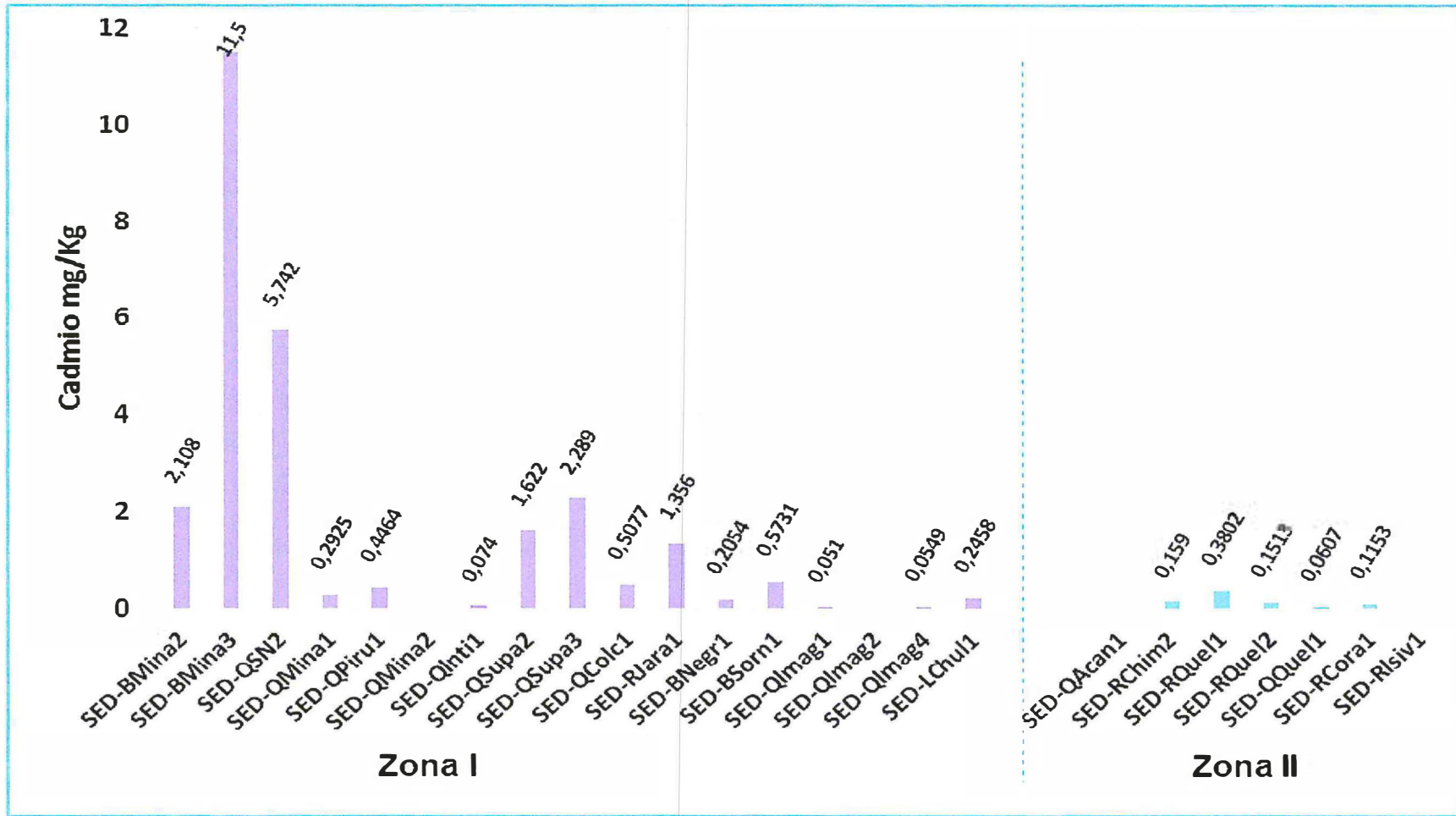


Figura 10-52. Concentración de cadmio en sedimento en el área de influencia del proyecto minero Corani



*[Handwritten signature]*

*[Handwritten numbers: 2, 2, 2, 1]*

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

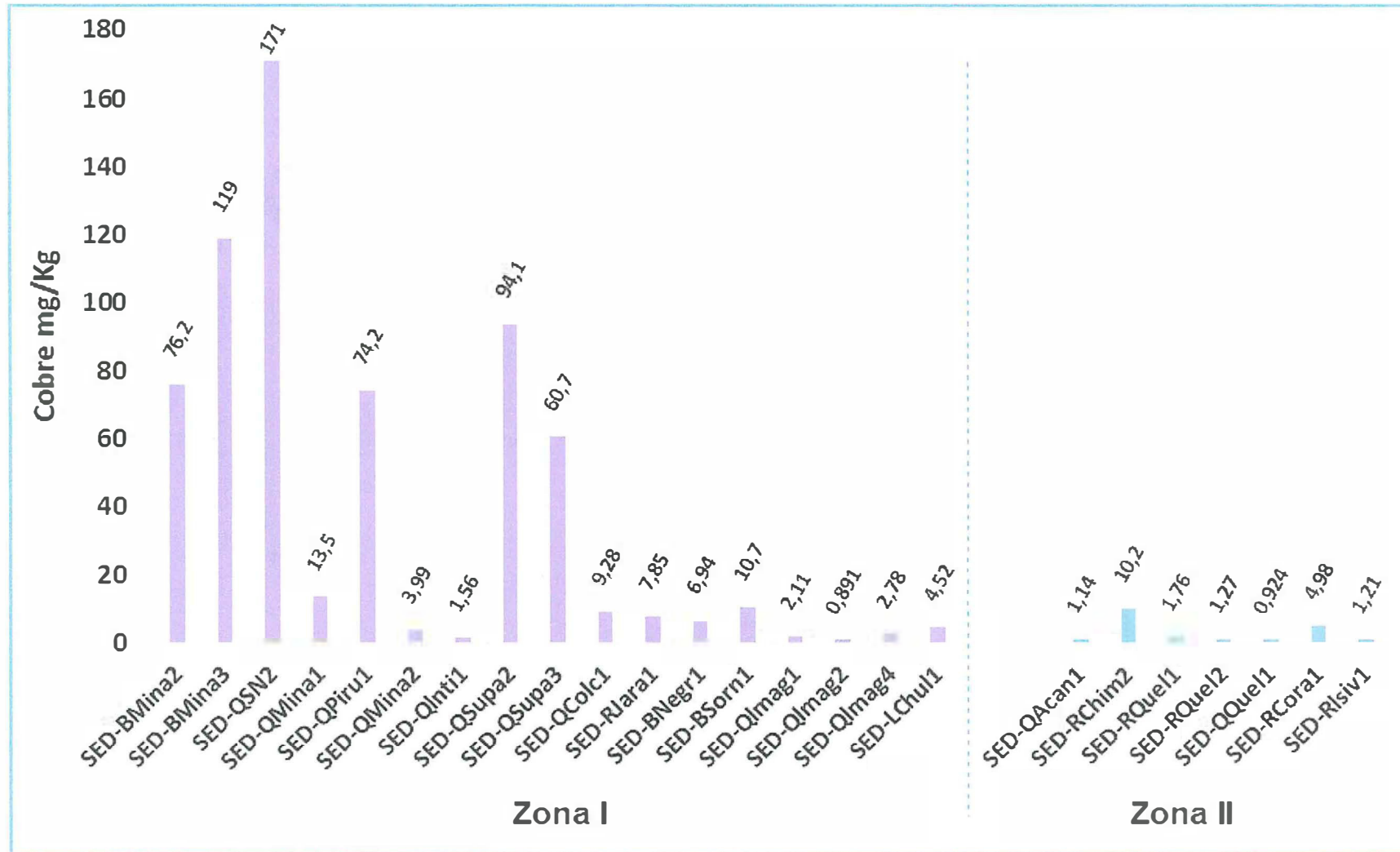


Figura 10-53. Concentraciones de cobre en sedimento en el área de influencia del proyecto minero Corani



*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

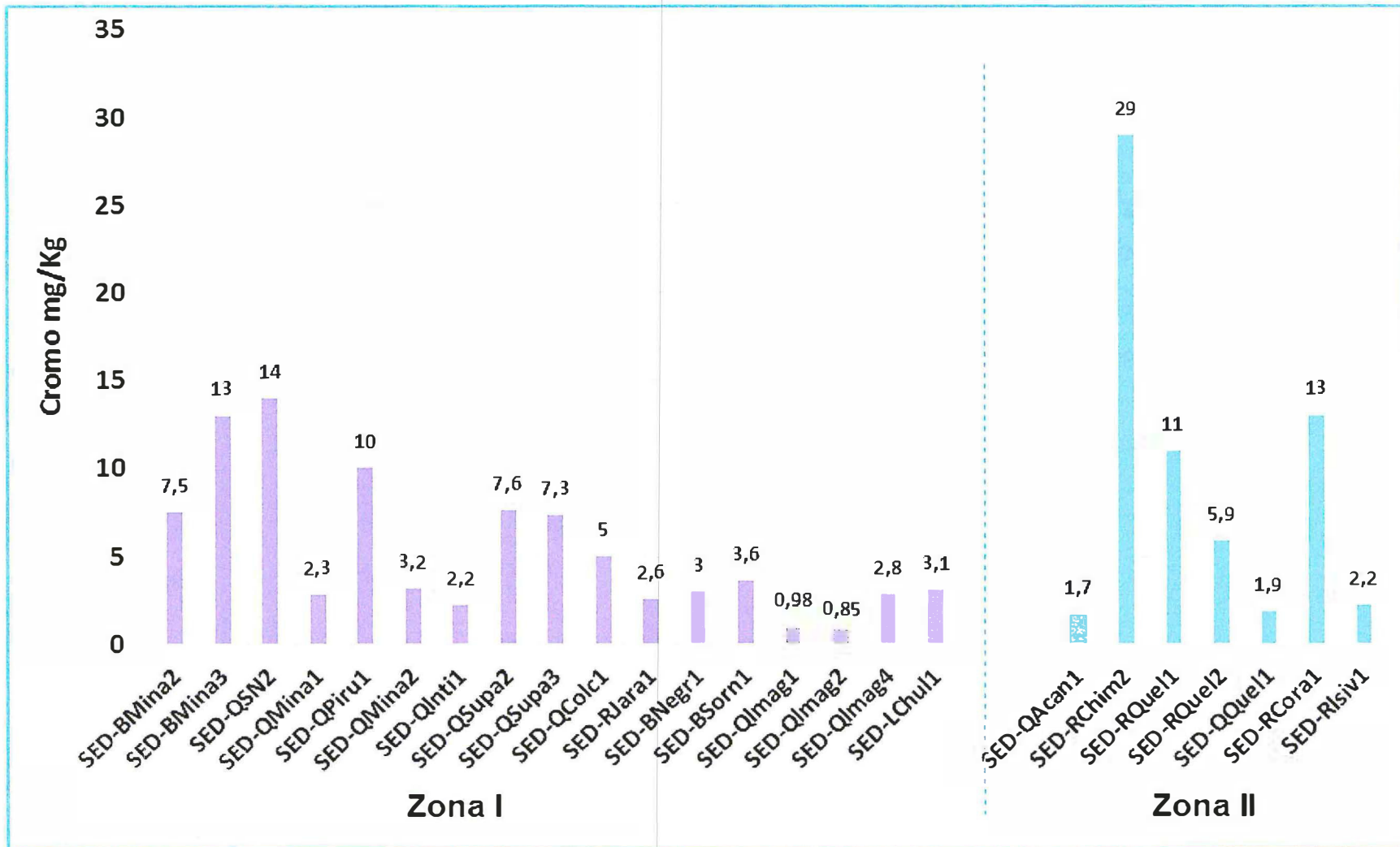


Figura 10-54. Concentraciones de cromo en sedimento en el área de influencia del proyecto minero Corani



*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*

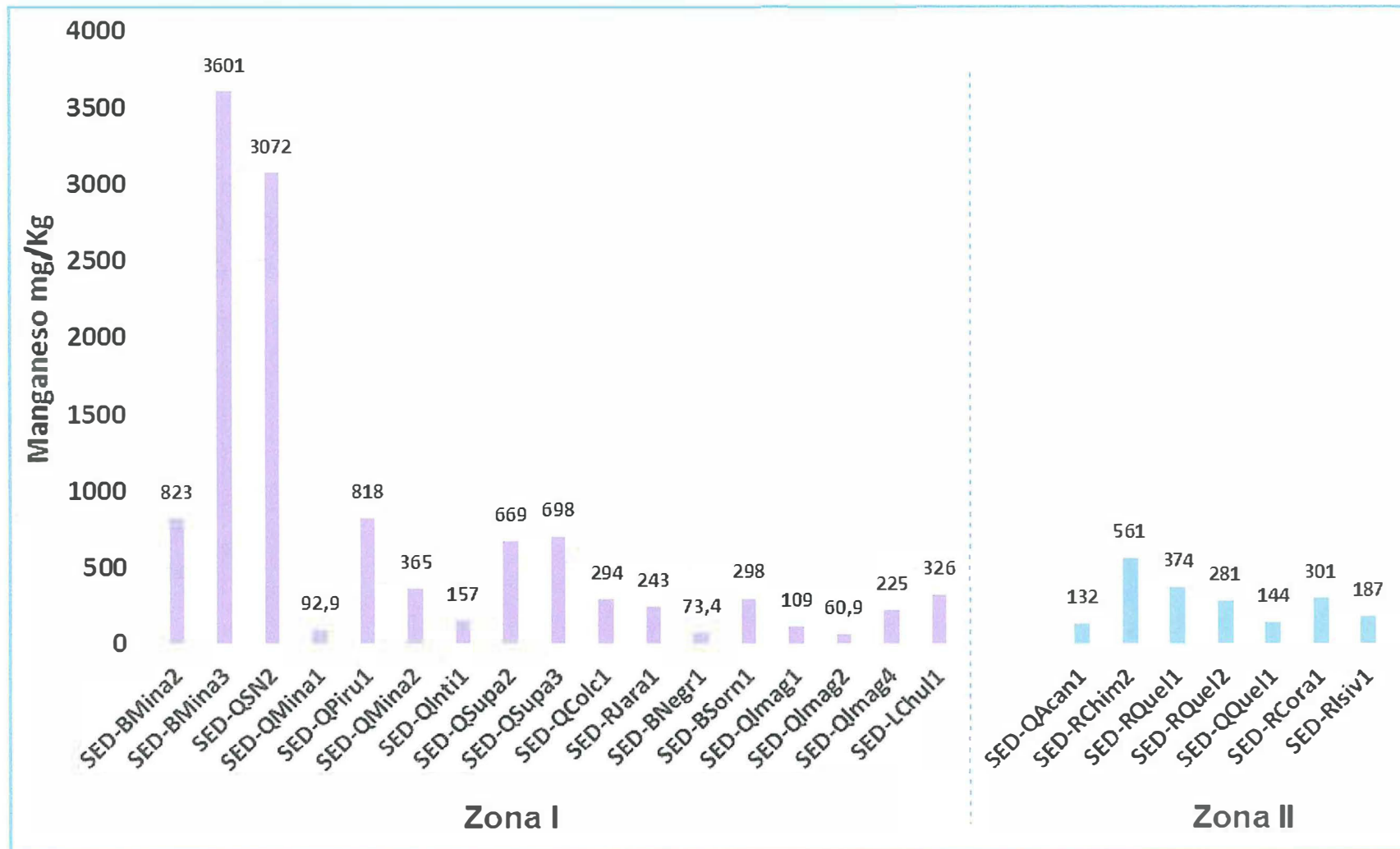


Figura 10-55. Concentraciones de manganeso en sedimento en el área de influencia del proyecto Corani



*[Handwritten signature]*

*[Handwritten initials]*

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

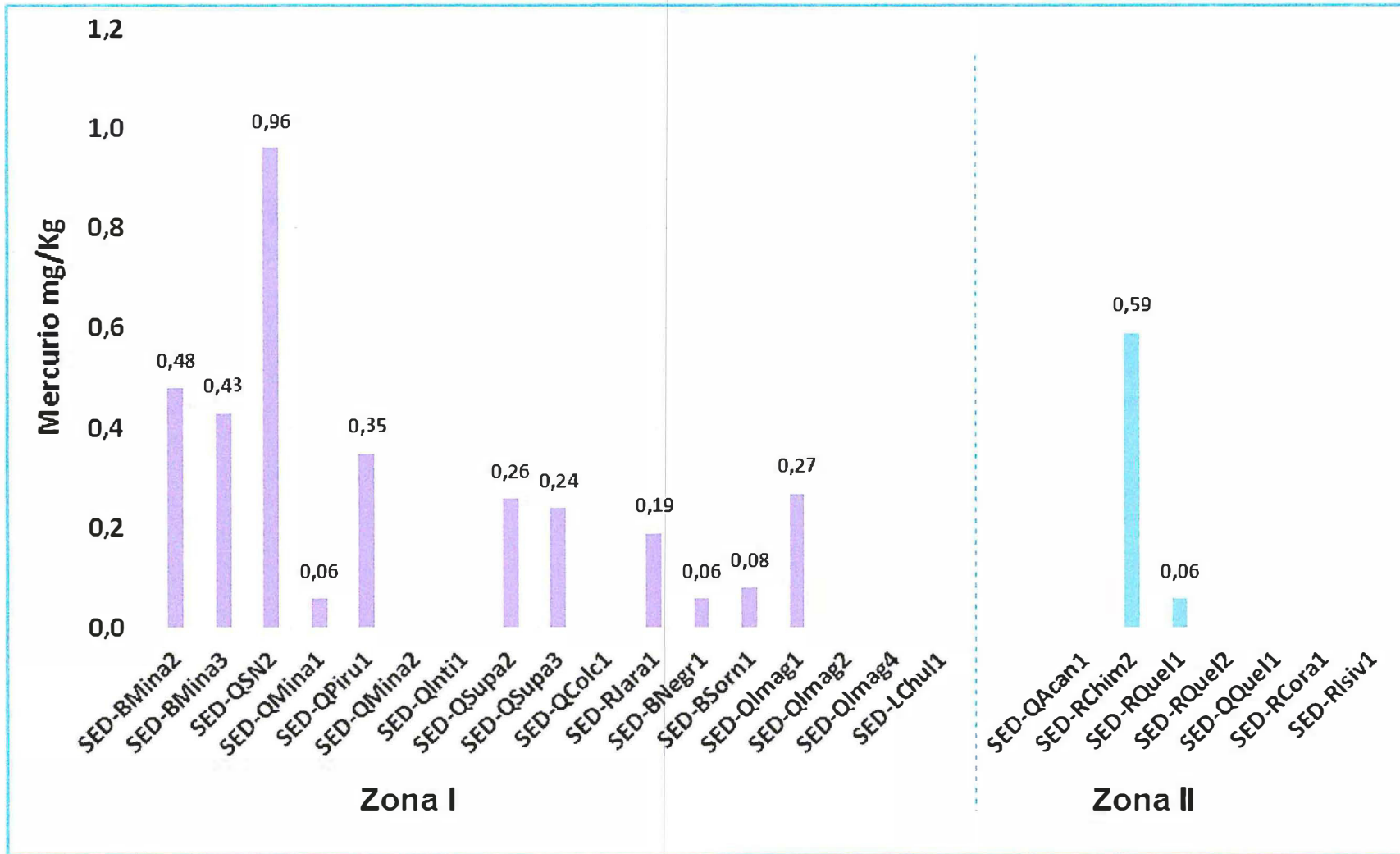


Figura 10-56. Concentraciones de mercurio en sedimento en el área de influencia del proyecto Corani



*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

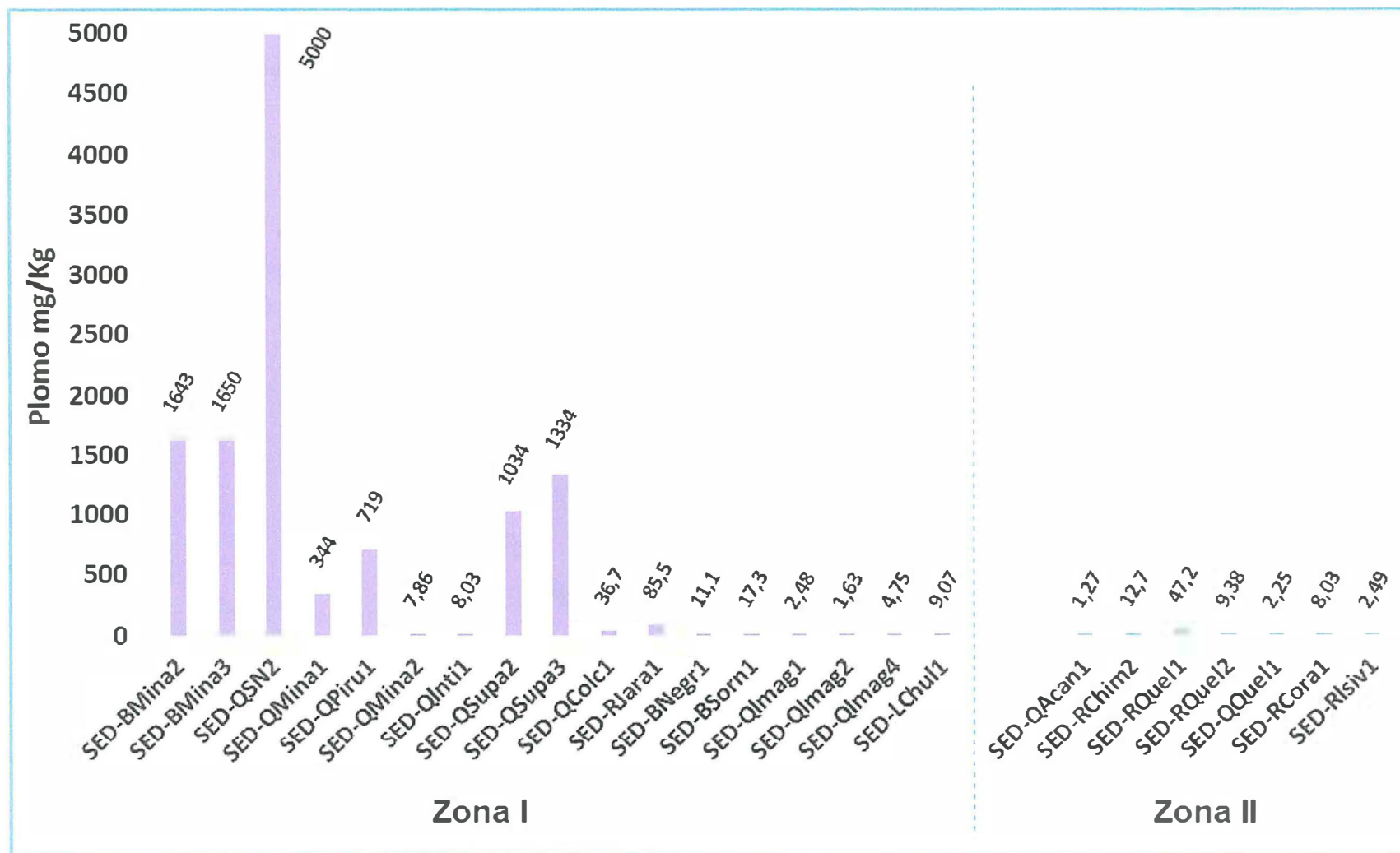


Figura 10-57. Concentraciones de plomo en sedimento en el área de influencia del proyecto Corani



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

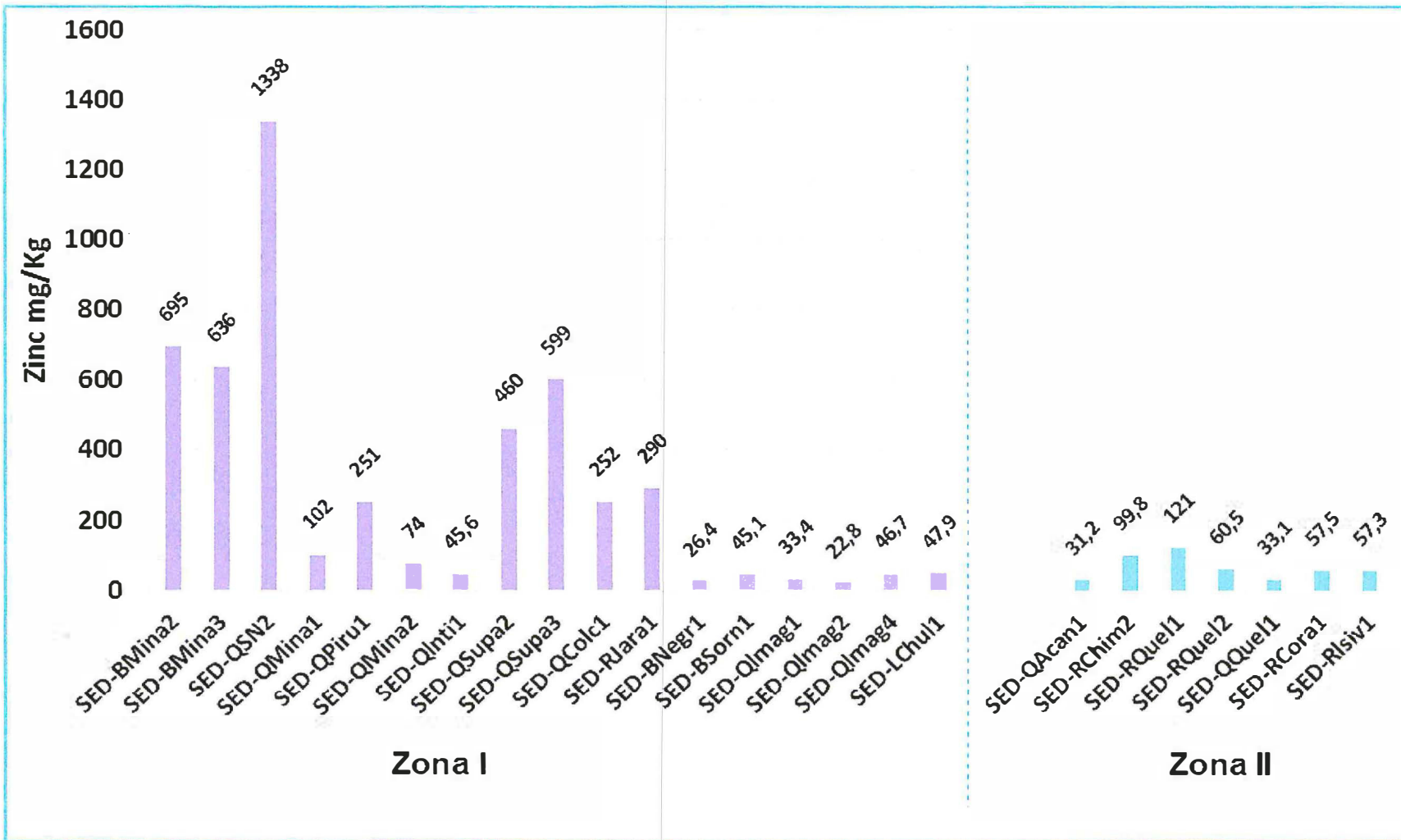


Figura 10-58. Concentraciones de zinc en sedimento en el área de influencia del proyecto Corani



*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*

### 10.3. Comunidades hidrobiológicas

384. En esta sección se presentan los resultados de los análisis de las comunidades del perifiton y macroinvertebrados bentónicos. Las hojas de registros de datos de campo, los informes de ensayo y el procesamiento de la información para la estimación del estado ecológico se presentan el anexo D.

#### 10.3.1. Perifiton

388. En la Figura 10-59 se presentan los valores de riqueza de los 24 puntos de muestreo, encontrándose un total de 131 taxa de microalgas, siendo el phylum más representativo Bacillariophyta con 69 taxa, dentro de este phylum tenemos los órdenes Naviculales y Cymbellales registrando 20 y 19 taxa respectivamente. En cuanto a la riqueza del zooperifiton se encontró un total de cinco taxa, distribuidos en cuatro phyla: Cercozoa, Rotifera, Ciliophora y Nemata. Esto se observa con mayor detalle en el Anexo D.4.

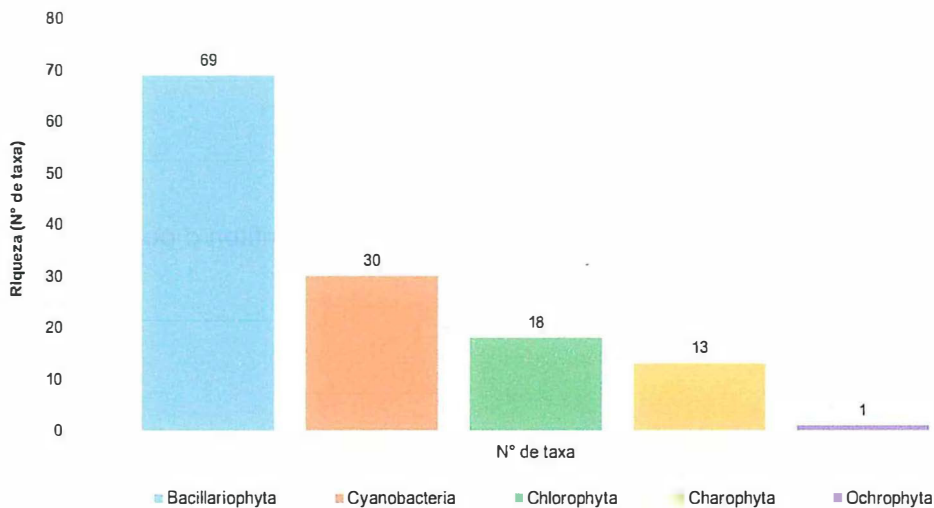


Figura 10-59. Riqueza o número de taxa de microalgas por phylum

#### 10.3.2. Macroinvertebrados bentónicos

389. En la Figura 10-60 se presentan los valores de riqueza de los 24 puntos de muestreo, encontrándose un total de 68 taxa de macroinvertebrados bentónicos, siendo el orden más representativo el Diptera con 37 taxa, dentro de este orden la familia Chironomidae registró 18 taxa. Esto se observa con mayor detalle en el Anexo D.5.

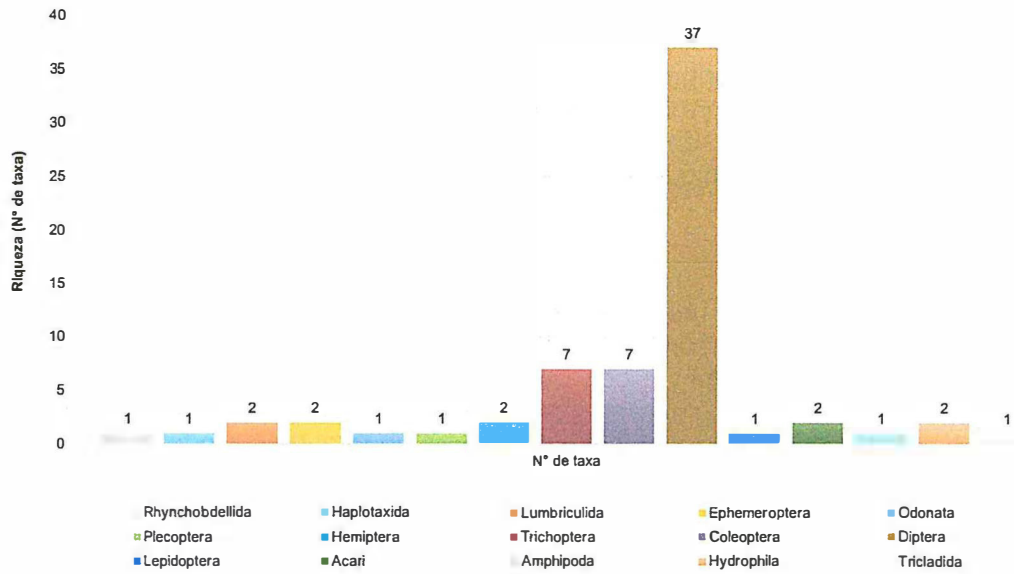


Figura 10-60. Riqueza o número de taxa de macroinvertebrados bentónicos

### 10.3.3. Zona I: Microcuenca del río Jarapampa

#### 10.3.3.1 Perifiton

390. El perifiton será analizado en sus dos componentes: ficoperifiton o perifiton vegetal y zooperifiton o perifiton animal.

##### 10.3.3.1.1 Ficoperifiton

- Composición y riqueza**

391. Fueron encontrados un total de 101 taxa de ficoperifiton distribuidos en 15 puntos de muestreo, las cuales están agrupadas en 45 familias, 25 órdenes y 8 clases, pertenecientes a 5 phyla distribuidos de la siguiente manera: Bacillariophyta con 48 taxa, Cyanobacteria con 27 taxa, Chlorophyta con 17 taxa, Charophyta con 8 taxa y Ochrophyta con una taxa como se puede ver en el Anexo D.4.

392. En la Figura 10-61 se presentan los valores de riqueza o número de taxa de ficoperifiton por punto de muestreo y la respectiva contribución de cada phylum. Los valores de riqueza más altos corresponden a los puntos de muestreo de códigos HID-QColc1 e HID-QInti1, donde se encontraron 29 y 31 taxa respectivamente. En la gran mayoría de puntos de muestreo el phylum Bacillariophyta presentó el mayor número de taxa a excepción de los puntos HID-QPaus1, HID-QImag1 e HID-Imag2, en donde el phylum Cyanobacteria fue el de mayor riqueza. El phylum Ochrophyta es el de menor riqueza presentándose solo en los puntos de muestreo de códigos HID-QInti1 e HID-QImag2.

393. En lo que se refiere al nivel de phyla, los puntos de muestreo de códigos HID-QInti1 e HID-QImag2 presentaron la mayor composición, es decir, presentaron los 5 phyla registrados en la zona de estudio.

394. Por otro lado la menor composición y riqueza se presentó en los puntos de muestreo de códigos HID-QSN2, HID-QSupa2 e HID-QSupa3, probablemente debido a los



P  
9  
K  
J  
H  
I

valores del pH del agua registrados en dichos puntos, cuyos valores son 3,16, 3,59 y 5,22 respectivamente.

395. Finalmente, las especies de mayor riqueza son *Nitzschia gracilis* presente en 9 puntos de muestreo y *Diatoma mesodon*, presente en 10 puntos de muestreo, de las 15 evaluadas en la zona de estudio.

- **Abundancia**

396. En la Figura 10-62 se presentan los valores de abundancia o número de organismos de ficoperifiton por punto de muestreo y la respectiva contribución de cada phylum. Se aprecia que la abundancia del ficoperifiton está representada principalmente por 3 phyla: phyla: Bacillariophyta, Cyanobacteria y Chlorophyta, donde en todos los puntos de muestreo el phylum Bacillariophyta presentó la mayor abundancia, con 350 346 org. en todos los puntos de muestreo de esta zona, seguida del phylum Cyanobacteria 188 374 org.

397. Los mayores valores de abundancia se encontraron en los puntos de muestreo de códigos HID-QColc1, HID-RJara2, HID-QPaus1 e HID-QImag2, con valores de 72 589, 62 509, 65 387 y 60 052 org., respectivamente. Por otro lado, la menor abundancia se presenta en el punto de muestreo de código HID-QMina2 con un valor de 1860 org.

398. Finalmente, la especie de mayor abundancia fue *Diatoma mesodon*, con 55 191 org. en las 15 evaluadas en la zona de estudio



K  
J  
H  
I

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

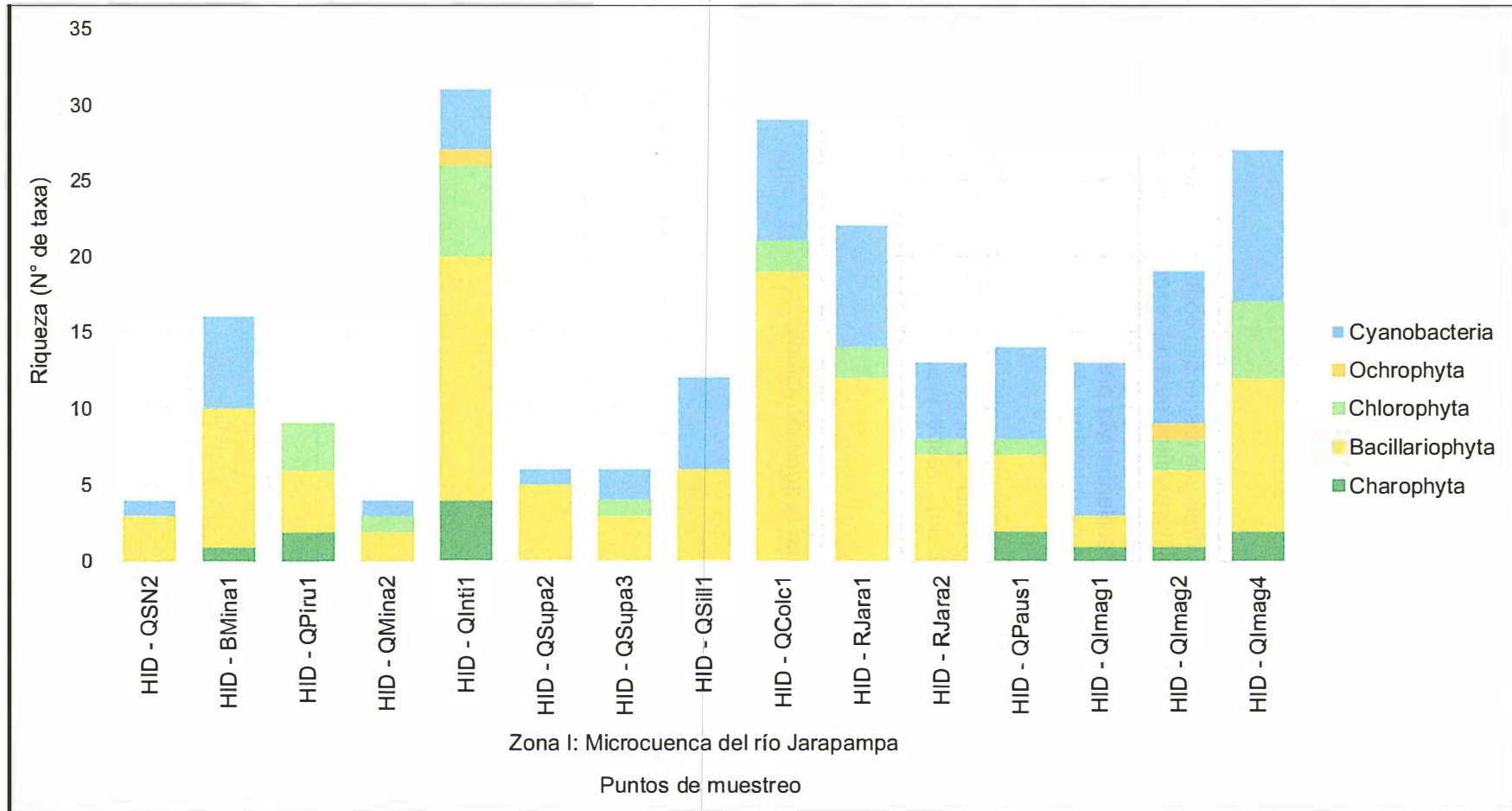


Figura 10-61. Riqueza o número de taxa de ficoperifiton por punto de muestreo y phylum



*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

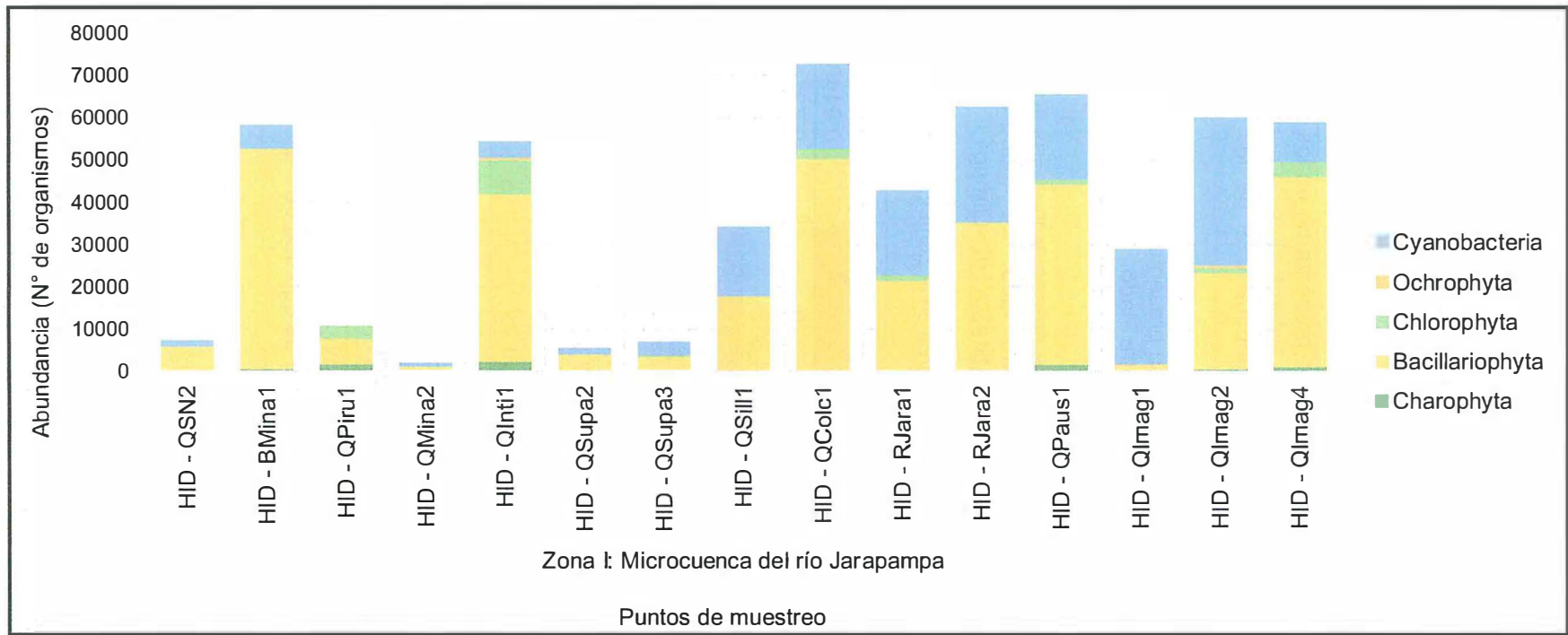


Figura 10-62. Abundancia o número de organismos de ficoperifiton por punto de muestreo y phylum



P  
S

L  
Z  
H  
1

• **Diversidad alfa**

- 399. Con base en los resultados de diversidad y abundancia se detallan los valores de equidad de Pielou y los índices de diversidad de Hill (N1 y N2) para cada punto de muestreo que son presentados en la Tabla 10-14.
- 400. Con respecto al índice J', los mayores valores se presentaron en los puntos HID-QSN2, HID-QSupa2 e HID-RJara1, lo cual indica valores altos de equidad, lo que significa una distribución homogénea de las abundancias de los organismos registrados en estos puntos de muestreo.
- 401. Con respecto al índice N1, los mayores valores se presentaron en los puntos HID-QInti1, HID-QColc1 e HID-RJara1 y, por otro lado, los menores valores correspondieron a los puntos HID-QSN2, HID-QMina2 e HID-QSupa3.
- 402. Con respecto al índice N2, los mayores valores se presentaron en los puntos HID-QInti1, HID-QColc1 e HID-RJara1 y, por otro lado, los menores valores correspondieron a los puntos HID-QSN2, HID-QMina2 e HID-QImag1.

**Tabla 10-14.** Diversidad alfa del perifiton por punto de muestreo en la Zona I: Microcuenca del río Jarapampa

Punto de muestreo	N1	N2	J'
HID - QSN2	3,701	3,429	0,9440
HID - B Mina1	7,514	5,260	0,7274
HID - QPiru1	6,331	4,653	0,8399
HID - QMina2	3,339	3,193	0,8697
HID - QInti1	19,61	13,76	0,8667
HID - QSupa2	5,349	4,765	0,9359
HID - QSupa3	4,932	4,291	0,8906
HID - QSill1	8,989	7,269	0,8837
HID - QColc1	18,84	12,88	0,8720
HID - RJara1	17,35	14,78	0,9231
HID - RJara2	6,018	4,532	0,6997
HID - QPaus1	8,545	6,770	0,8129
HID - QImag1	6,409	4,031	0,7242
HID - QImag2	11,89	8,899	0,8407
HID - QImag4	14,34	9,024	0,8080

Dónde: N1 y N2: Índices de diversidad de Hill; J': Índice de equidad de Pielou



: Valores máximos de índices de diversidad alfa  
 : Valores mínimos de índices de diversidad alfa

• **Diversidad beta**

- 403. En la Figura 10-63 se presenta el dendrograma de similitud del perifiton calculado mediante el índice de Bray Curtis, el cual permitió conformar 11 conglomerados, de los cuales 02 superan un porcentaje de similitud del 50%, el primero está conformado por los puntos de muestreo de códigos HID-QSN2 e HID-QSupa3, los cuales presentan los menores registro de riqueza y abundancia en los puntos evaluadas en esta zona, y el segundo está conformado por los puntos de muestreo



f

9

k  
z  
H  
1

HID-QPaus1 e HID-QImag2, que si bien no presentan los registros de abundancia y diversidad más bajos, sus registros no son los mayores de los puntos de esta zona.

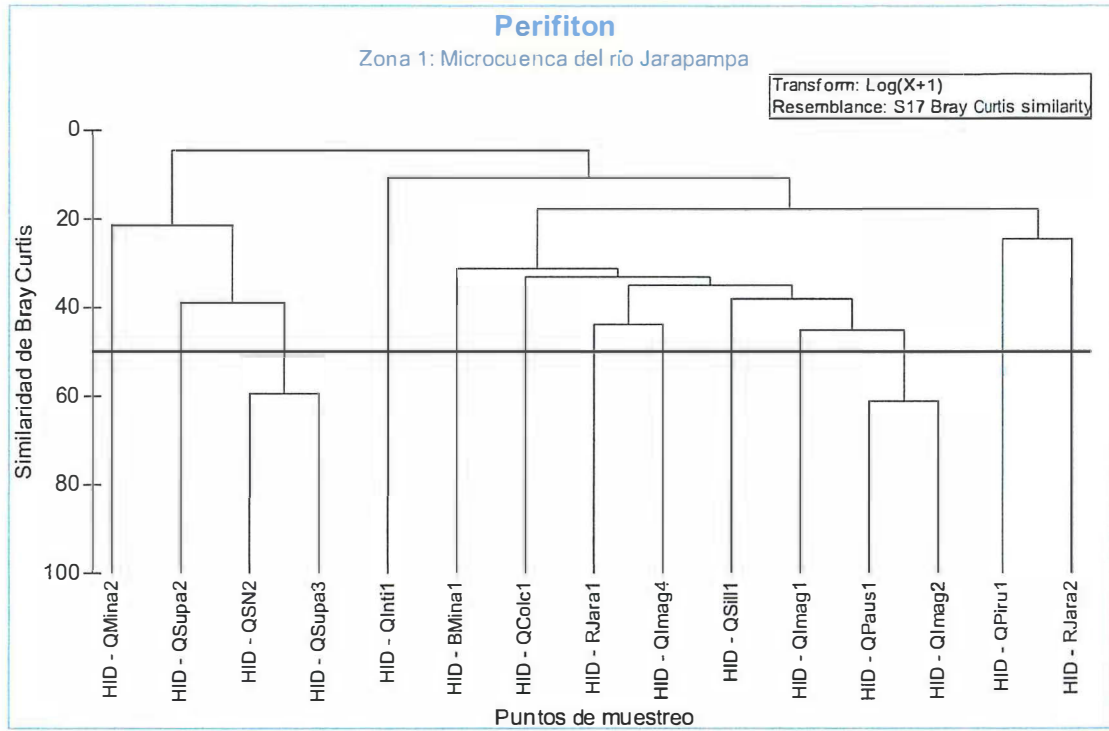


Figura 10-63. Dendrograma de similitud del perifiton en la Zona I: Microcuenca del río Jarapampa

10.3.3.1.2 Zooperifiton

404. En relación con el zooperifiton, solo se reportaron 4 taxa, pertenecientes a los phyla Rotífera, Ciliophora y Nematoda, distribuidos en 4 puntos de muestreo; en los puntos restantes no se halló ningún organismo. En todos los puntos donde se encontró zooperifiton solo se registró 1 taxa. La mayor abundancia perteneció al punto HID-QColc1, con 12 organismos; en los tres puntos restantes, HID-BMina1, HID-RJara1 e HID-QImag2, solo se reportaron 6 organismos en cada una (Tabla 10-15). No se calcularon índices de diversidad por haberse reportado un número de especies poco útil para su análisis.

Tabla 10-15. Composición, riqueza y abundancia de zooperifiton en la Zona I: Microcuenca del río Jarapampa

Phylum	Riqueza (Taxa)	Zona I: Microcuenca del río Jarapampa			
		HID - BMina1	HID - QColc1	HID - RJara1	HID - QImag2
Rotífera	<i>Proales</i> sp.	0	6	6	0
Ciliophora	<i>Holphyra</i> sp.	0	0	0	6
Ciliophora	<i>Strongylidium</i> sp.	0	6	0	0
Nematoda	"Nemátodo" sp. 1	6	0	0	0
<b>S (Total de taxones)</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
<b>N (Abundancia)</b>		<b>6</b>	<b>12</b>	<b>6</b>	<b>6</b>



*[Handwritten signature and vertical text]*

### 10.3.3.2 Macroinvertebrados bentónicos

- **Composición y riqueza**

405. Fueron encontrados un total de 39 taxa de macroinvertebrados bentónicos, distribuidos en 16 puntos de muestreo. En la Figura 10-64 se presentan los valores de riqueza o número de taxa de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo y la respectiva contribución de cada orden.
406. La riqueza varió desde cero en el punto HID-QSupa2 hasta 19 taxa en HID-QColc1. En La Figura 10-64, se observó que en el punto HID-QSill1 se registró la mayor composición de especies, encontrándose nueve de los 15 órdenes registrados.
407. El orden Diptera fue representativo en casi todos los puntos de muestreo, excepto en el punto HID-LChul1, HID-QSill1, HID-QImag2 y HID-QImag4, donde la riqueza fue similar o menor a uno de los taxa.
408. Se observó que la mayor riqueza (19 taxa) correspondió al punto HID-QColc1, la cual se ubicó antes de la comunidad campesina Chacaconiza y en la zona nor oeste del proyecto Corani. El resto de puntos presentó una riqueza menor (13 taxa), ubicándose estas en zonas contiguas a la zona de dicho proyecto. En todos los puntos de muestreo la riqueza estuvo conformada principalmente por insectos, destacando entre ellos los pertenecientes al orden Diptera.

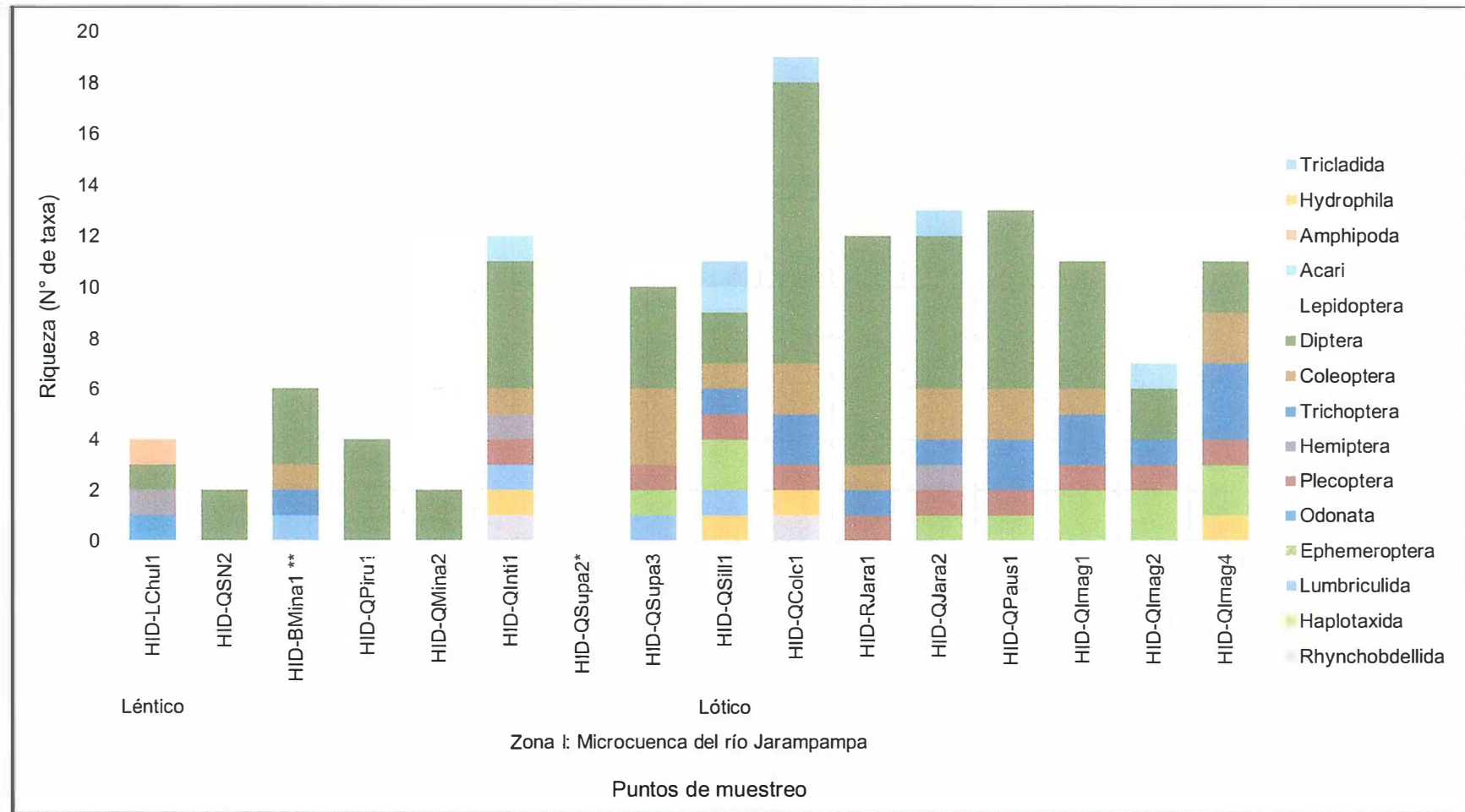
- **Abundancia**

409. En la Figura 10-65 se presentan los valores de abundancia o número de organismos de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo y la respectiva contribución de cada orden.
410. La abundancia total registrada en la microcuenca del río Jarapampa fue de 2619 org. La menor abundancia fue de cero y se registró en el punto HID-QSupa2, mientras que la mayor se registró en HID-QInti1, quebrada Intisayana, con 516 org., destacando el orden Diptera con 444 org y, en menor medida, Lumbriculida, Haplotaxida y Rhynchobdellida. El punto HID-QInti1 registró condiciones favorables para el asentamiento de esta comunidad, como es el sustrato de canto rodado.
411. Los puntos HID-LChul1, HID-QSN2, HID-QPiru1, HID-QMina2 y HID-QPaus1 presentaron una abundancia baja (menor a 100 org.), esta disminución en la abundancia está bastante relacionada con los valores de pH, oxígeno disuelto y conductividad eléctrica encontrándose una relación directamente proporcional con las dos primera e inversamente proporcional con la conductividad; es decir, si el pH y oxígeno disuelto disminuyen la riqueza y la abundancia disminuyen; mientras que, si la conductividad aumenta, la riqueza y abundancia también aumentan, tal y como se muestra en la Figura 10-66.



P  
Q  
K  
J  
H  
I

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"



No se registraron organismos en el punto de muestreo HID-QSupa2.

(\*\*): Se tomó muestra en el Bofedal Minasparta.

Figura 10-64. Riqueza o número de taxa de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo y orden

(\*):



*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

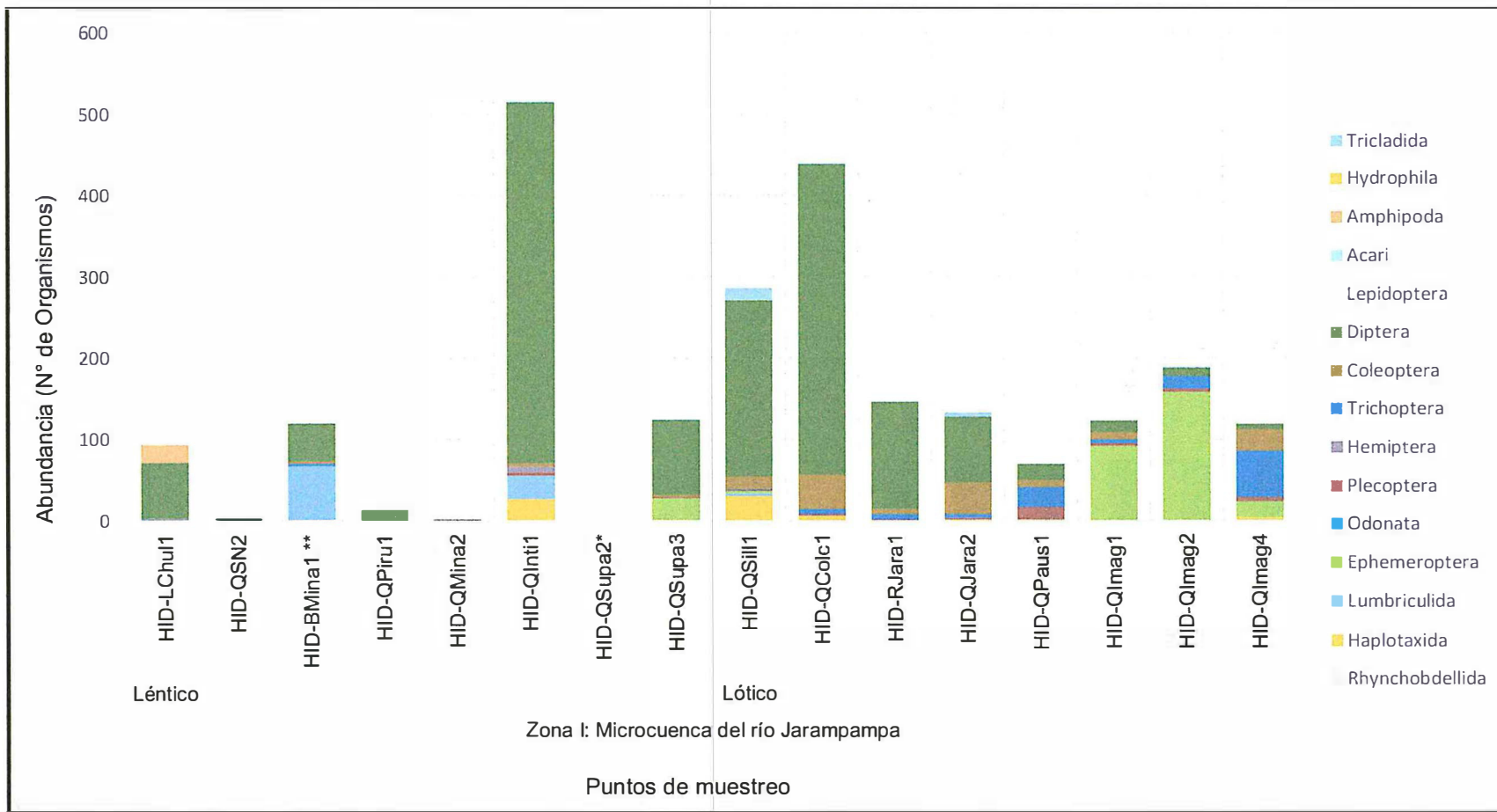


Figura 10-65. Abundancia o número de organismos de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo y orden



*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*

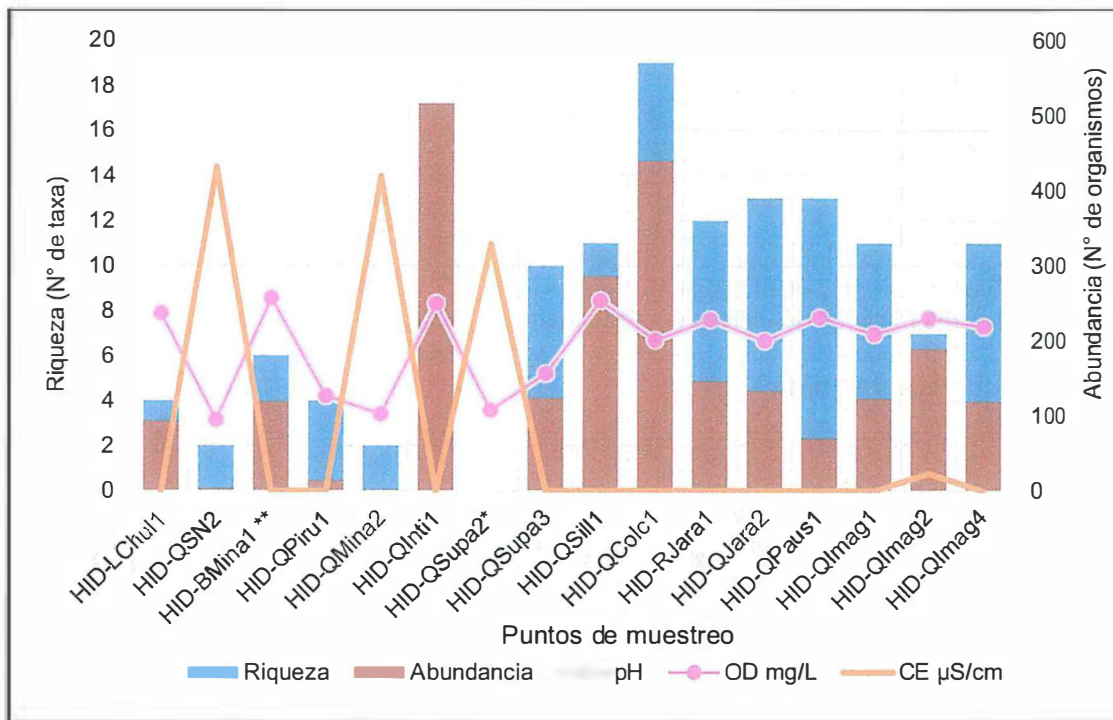


Figura 10-66. Abundancia o número de organismos de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo y orden en relación con los parámetros de campo

• **Diversidad alfa**

412. En base a los resultados de diversidad y abundancia, en la Tabla 10-16 se detallan los valores de equidad de Pielou (J') y los índices de diversidad de Hill (N1 y N2) en cada punto de muestreo. Es preciso indicar que para este análisis no se incluyó al punto HID-QSupa2 debido a que no se registraron organismos.

413. Los valores de la equidad de Pielou variaron desde 0,37 (HID-QImag4) hasta la unidad (HID-QMina2), donde los valores mayores a 0,5 representan una distribución homogénea de la abundancia de organismos por punto de muestreo.

414. Los valores del número de Hill N1 variaron desde 1,89 especies efectivas en el punto HID-QSN2 hasta 9,48 especies efectivas en HID-QPaus1. Por otro lado, el número de Hill N2 varió desde 1,47 en el punto HID-QImag2 hasta 8,08 especies efectivas en HID-QPaus1.

Tabla 10-16. Diversidad alfa de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo

Punto de muestreo	J'	N1	N2
HID-LChul1	0,51	2,02	1,69
HID-QSN2	0,92	1,89	1,80
HID-BMina1	0,56	2,74	2,26
HID-QPiru1	0,51	2,03	1,53
HID-QMina2	1	2	2
HID-QInti1	0,54	3,82	2,92
HID-QSupa3	0,54	3,46	2,63
HID-QSill1	0,39	2,58	1,72
HID-QColc1	0,44	3,69	2,13
HID-RJara1	0,61	4,51	2,94



Handwritten signatures and initials in blue ink.

Punto de muestreo	J'	N1	N2
HID-QJara2	0,68	5,67	3,88
HID-QPaus1	0,88	9,48	8,08
HID-QImag1	0,64	4,66	3,38
HID-QImag2	0,37	2,05	1,47
HID-QImag4	0,83	7,26	5,99

Dónde: N1 y N2: Índices de diversidad de Hill; J': Índice de equidad de Pielou  
 : Valores máximos de índices de diversidad alfa  
 : Valores mínimos de índices de diversidad alfa

• **Diversidad beta**

415. En la Figura 10-67 se presenta el dendrograma de similitud de los macroinvertebrados bentónicos calculado mediante el índice de Bray Curtis. Claramente, se observa la formación de tres grupos bien diferenciados, los cuales tienen un porcentaje de similitud de 17 %. El primer grupo, denominado grupo A, estuvo integrado principalmente por los puntos HID-QSN2, HID-QPiru1 y HID-QSupa3, donde los dos últimos puntos registraron la mayor similitud con 42%. Asimismo, el grupo B estuvo conformado por tres puntos, siendo los puntos HID-BMina1 y HID-QInti1 las que registraron la mayor similitud con 42%. El tercer grupo estuvo conformado por ocho puntos, donde los puntos HID-Imag1 y HID-Imag2 registraron la mayor similitud de especies con un valor de 58%.

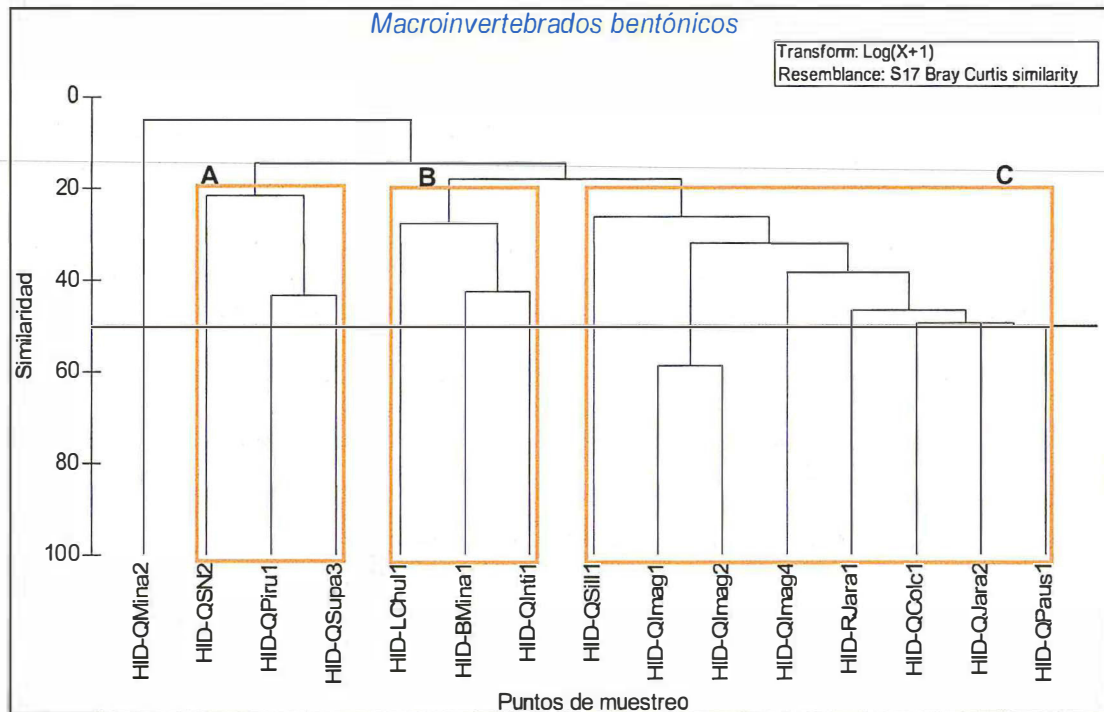


Figura 10-67. Dendrograma de similitud de macroinvertebrados bentónicos

**10.3.3.3 Calidad ecológica**

416. En la Tabla 10-17 se presenta la calidad ecológica de las quebradas y ríos evaluados; además, de los puntos evaluados en una laguna y bofedal. Los resultados de este análisis fueron tomados de forma referencial, puesto que el método original exige un muestreo multihábitat de naturaleza cualitativa.



f  
 Q  
 K  
 J  
 H  
 1

417. En cuanto a los resultados se tiene que la gran mayoría de puntos de muestreo (9) presentan una calidad ecológica moderada, también encontramos una calidad mala en el punto HID-BMina1 y los cuatro puntos restantes registraron una calidad pésima. Estos últimos puntos presentan valores de pH ácido lo que podría estar afectando el desarrollo de especies de macroinvertebrados, por lo cual solo se registraron menos de cuatro especies.

Tabla 10-17. Calidad ecológica de acuerdo al protocolo CERA-S

Punto de muestreo	Calidad hidromorfológica	Calidad biológica	Calidad ecológica
HID-LChul1	---	Mala	---
HID - QSN2	Moderada	Pésima	Pésima
HID - BMina1	Moderada	Mala	Mala
HID - QPiru1	Mala	Pésima	Pésima
HID - QMina2	Moderada	Pésima	Pésima
HID - QInti1	Moderada	Moderada	Moderada
HID - QSupa2	Moderada	Pésima	Pésima
HID - QSupa3	Moderada	Moderada	Moderada
HID - QSill1	Moderada	Moderada	Moderada
HID - QColc1	Moderada	Moderada	Moderada
HID - RJara1	Moderada	Moderada	Moderada
HID - RJara2	Moderada	Buena	Moderada
HID - QPaus1	Buena	Moderada	Moderada
HID - QImag1	Moderada	Buena	Moderada
HID - QImag2	Buena	Moderada	Moderada
HID - QImag4	Moderada	Buena	Moderada

(---): no corresponde



P  
9  
K  
8  
H  
1

### 10.3.4 Zona II: Microcuencas de los ríos Corani e Isivilla

#### 10.3.4.1 Perifiton

418. El perifiton será analizado en sus dos componentes: ficoperifiton o perifiton vegetal y zooperifiton o perifiton animal. Esta separación viene dada desde el informe de ensayo (D4).

##### 10.3.4.1.1 Ficoperifiton

- **Composición y riqueza**

419. Fueron encontrados un total de 83 taxa de ficoperifiton distribuidos en 08 puntos de muestreo, las cuales están agrupadas en 32 familias, 18 órdenes y 5 clases, pertenecientes a 5 phyla distribuidos de la siguiente manera: Bacillariophyta con 50 taxa, Cyanobacteria con 15 taxa, Chlorophyta con 11 taxa y Charophyta con 7.

420. En la Figura 10-68 se presentan los valores de riqueza o número de taxa de ficoperifiton por punto de muestreo y la respectiva contribución de cada phylum. Los

valores de riqueza más altos corresponden a los puntos de muestreo de códigos HID-RChim1 e HID-RChim2, donde se encontraron 36 y 35 taxa respectivamente, cabe resaltar que ambos puntos de muestreo están ubicados en el río Chimboya que pasa por el centro poblado de Aymaña.

421. En todos los puntos de muestreo el phylum Bacillariophyta presentó el mayor número de taxa, seguida de los phylum Cyanobacteria y Chlorophyta. El phylum Charophyta es el de menor riqueza presentándose en los puntos de muestreo de códigos HID-RChim1, HID-QAcan1, HID-RChim2 e HID-RQuel2. (Ver anexo D.4).
422. En lo que se refiere al nivel de phyla, los puntos de muestreo de códigos HID-RChim1, HID-QAcan1 e HID-RChim2 presentaron la mayor composición, es decir, presentaron los 4 phyla registrados en la zona de estudio.
423. Por otro lado la menor composición y riqueza se presentó en los puntos de muestreo de códigos HID-RIsiv1, HID-RQuel1 e HID-RQuel2, probablemente ocasionado a que el punto de muestreo HID-RIsiv1 se encuentra aguas arriba de la comunidad campesina de Isivilla, y los puntos de códigos HID-RQuel1 e HID-RQuel2 se encuentran aguas arriba y aguas abajo respectivamente de la comunidad campesina de Quelcaya.
424. Finalmente, la especie de mayor riqueza es *Nitzschia gracilis* presente en 7 de las 08 puntos de muestreo evaluadas en la zona de estudio.

- **Abundancia**

425. En la Figura 10-69 se presentan los valores de abundancia o número de organismos de ficoperifiton por punto de muestreo y la respectiva contribución de cada phylum. Se aprecia que la abundancia del ficoperifiton está representada principalmente por 3 phyla: phyla: Bacillariophyta, Cyanobacteria y Chlorophyta, donde en todos los puntos de muestreo el phylum Bacillariophyta presentó la mayor abundancia, con 417 531 org. en todos los puntos de muestreo de esta zona, seguida del phylum Cyanobacteria 88 190 org.
426. Los mayores valores de abundancia se encontraron en los puntos de muestreo de códigos HID-RChim1 e HID-RChim2, con valores de 116 680 y 111 704 org., respectivamente. Por otro lado, la menor abundancia se presentó en el punto de muestreo de código HID-QQuel1 con un valor de 20 999 org.
427. Finalmente, las especie de mayor abundancia fueron *Ulnaria ulna* y *Ulnaria acus*, con 45 592 y 46 791 org. en los 15 puntos evaluados en la zona de estudio.



f

g

k

j

h

i

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

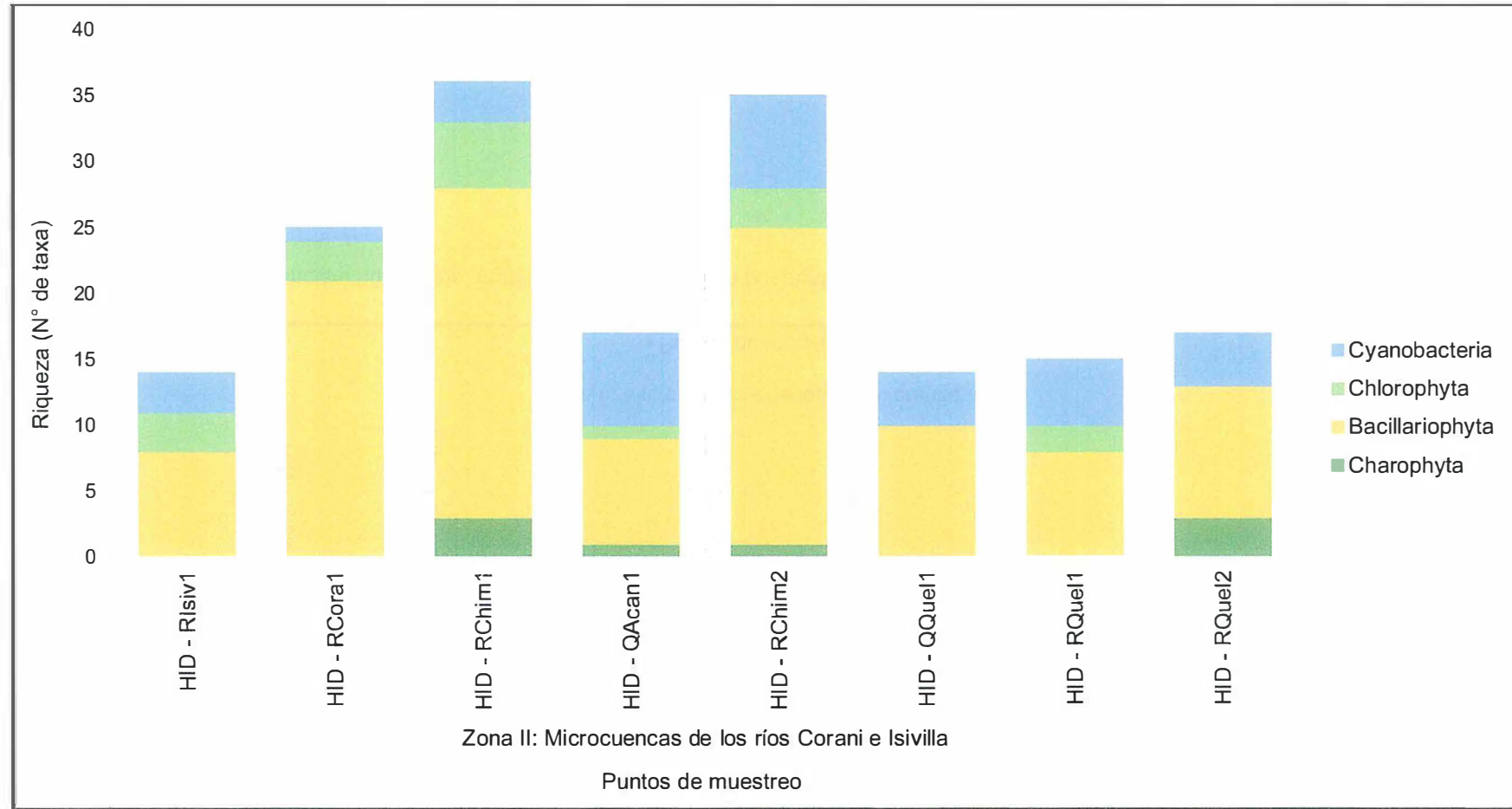


Figura 10-68. Riqueza o número de taxa de ficoperifiton por punto de muestreo y phylum

MONITOREO Y MIGRACION  
VOTO  
DIRECCION DE EVALUACION

*[Handwritten signature]*

*[Handwritten marks]*

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

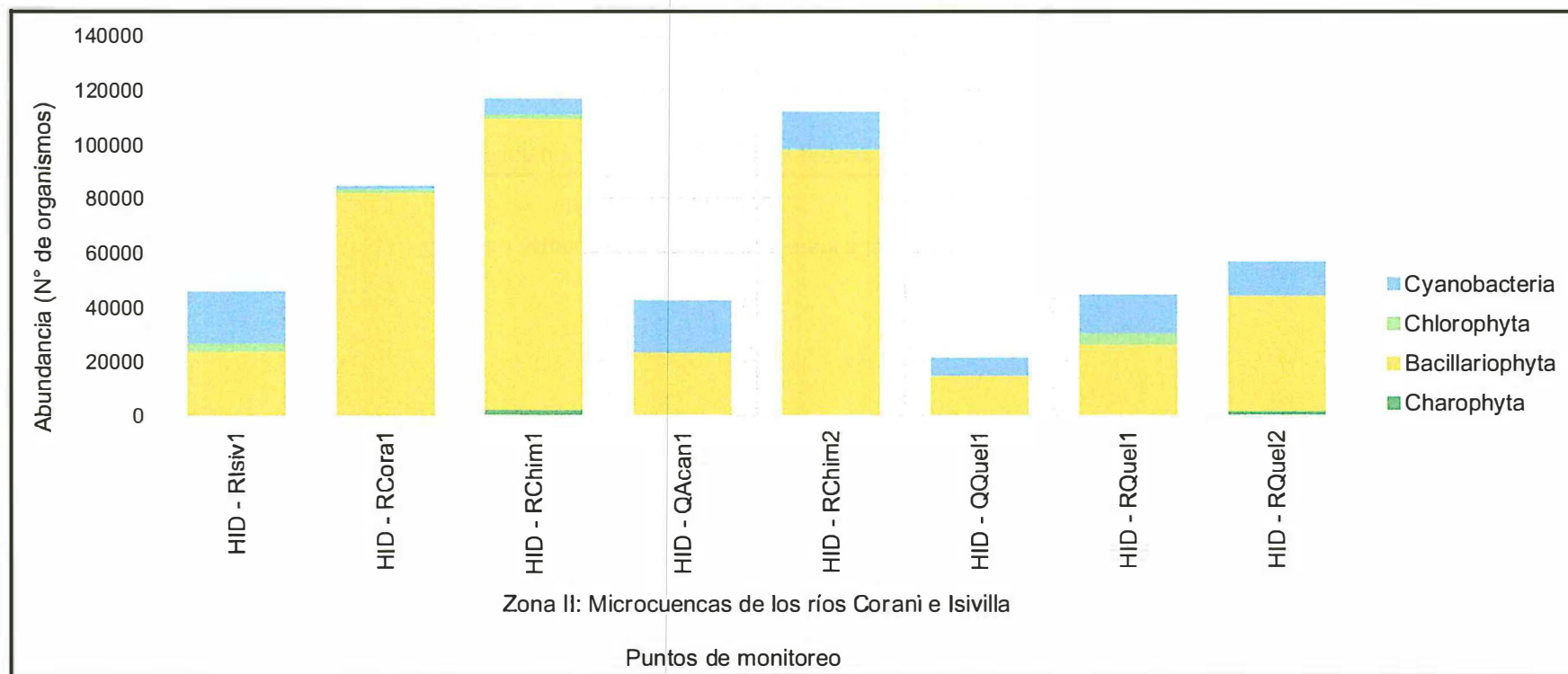


Figura 10-69. Abundancia o número de organismos de ficoperifiton por punto de muestreo y phylum



*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*

- **Diversidad alfa**

428. Con base en los resultados de diversidad y abundancia se detallan los valores de equidad de Pielou y los índices de diversidad de Hill (N1 y N2) para cada punto de muestreo que son presentados en la Tabla 10-18.
429. Con respecto al índice N1 y el índice N2, los mayores valores se presentaron en los puntos de muestreo de códigos HID-RChim1 e HID-RChim2; cabe señalar que en estas dos puntos de muestreo también se registran los mayores valores de riqueza y abundancia, por otro lado, los menores valores correspondieron a los puntos HID-Rlsiv1 e HID-QQuel1.
430. Con respecto al índice J', los mayores valores se presentaron en los puntos de muestreo HID-RChim2 e HID-QQuel1. La correspondencia más clara con respecto a las variables riqueza y abundancia fue observada en los puntos de muestreo del río Chimboya.

**Tabla 10-18.** Diversidad alfa del perifiton por punto de muestreo en la Zona II: Microcuencas de los ríos Corani e Isivilla

Punto de muestreo	N1	N2	J'
HID - Rlsiv1	7,042	4,867	0,7396
HID - RCora1	13,31	9,382	0,8041
HID - RChim1	20,37	13,26	0,8411
HID - QAcan1	10,69	7,291	0,8364
HID - RChim2	23,13	17,22	0,8836
HID - QQuel1	12,65	11,67	0,9616
HID - RQuel1	7,659	4,795	0,7518
HID - RQuel2	10,51	7,196	0,8303

Dónde: N1 y N2: Índices de diversidad de Hill; J': Índice de equidad de Pielou



: Valores máximos de índices de diversidad alfa  
: Valores mínimos de índices de diversidad alfa

- **Diversidad beta**

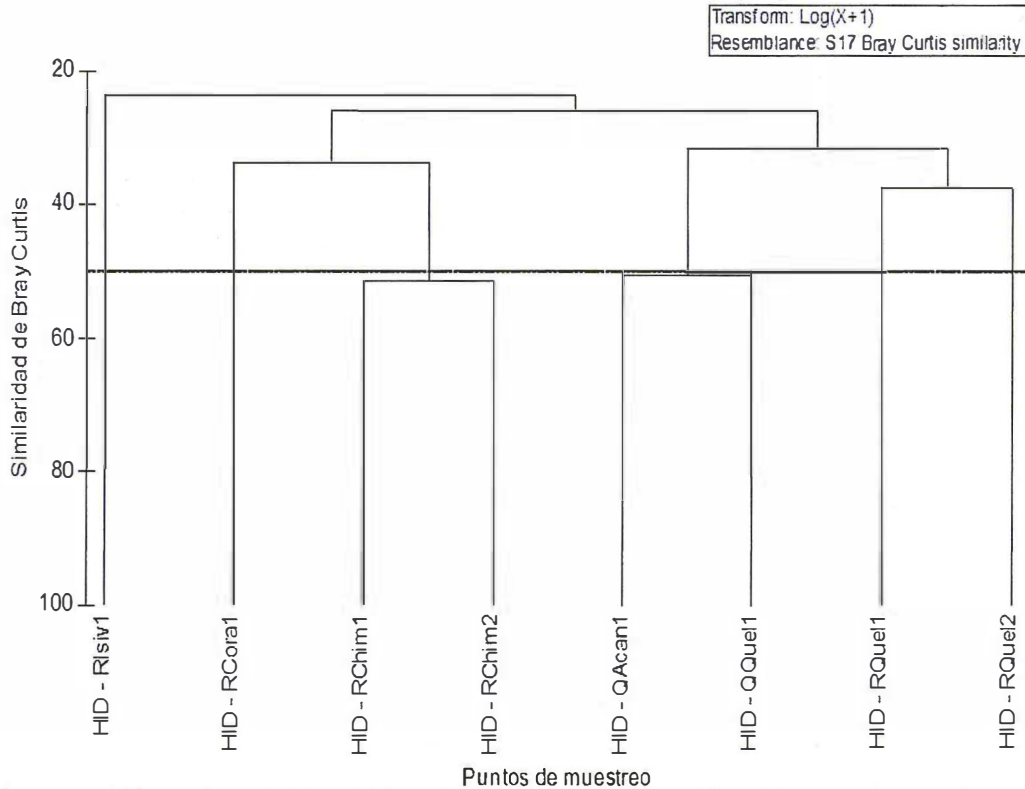
431. En la Figura 10-70 se presenta el dendrograma de similitud del perifiton calculado mediante el índice de Bray Curtis, el cual permitió conformar 05 conglomerados, de los cuales 02 superan un porcentaje de similitud del 50%, el primero está conformado por los puntos de muestreo de códigos HID-RChim1 e HID-RChim2, ubicados ambos en el río Chimboya; y el segundo está conformado por los puntos de muestreo HID-QAcan1 e HID-QQuel1. Estos grupos están representados principalmente por los puntos que presentaron los mayores registros de riqueza y abundancia en las zonas evaluadas.



P  
9  
K  
J  
H  
↑

**Perifiton**

Zona 2 Microcuencas de los ríos Corani e Isivilla



**Figura 10-70.** Dendrograma de similitud de perifiton en la Zona II: Microcuencas de los ríos Corani e Isivilla



**10.3.4.1.2 Zooperifiton**

432. En relación con el zooperifiton, solo se reportaron 2 taxa, pertenecientes a los phyla Cercozoa y Rotífera, distribuidos en 2 puntos de muestreo; en los puntos restantes no se halló ningún organismo. En todos los puntos donde se encontró zooperifiton solo se registró 1 taxa. La mayor abundancia perteneció al punto HID-RCora1, con 12 org.; en el otro punto restante, HID-RChim2, solo se reportaron 6 org. (Tabla 10-19). No se calcularon índices de diversidad por haberse reportado un número de especies poco útil para su análisis.

**Tabla 10-19.** Composición, riqueza y abundancia de zooperifiton en la Zona II: Microcuencas de los ríos Corani e Isivilla

Phylum	Taxa (organismos/cm <sup>2</sup> )	Zona 2: Microcuencas de los ríos Corani e Isivilla	
		HID - RCora1	HID - RChim2
Cercozoa	<i>Corythion sp.</i>	0	6
Rotífera	<i>Proales sp.</i>	12	0
<b>S (Total de taxa)</b>		<b>1</b>	<b>1</b>
<b>N (Abundancia)</b>		<b>12</b>	<b>6</b>

f  
g  
k  
j  
h  
1

### 10.3.4.2 Macroinvertebrados bentónicos

- **Composición y riqueza**

433. Fueron encontrados un total de 29 taxa de macroinvertebrados bentónicos, distribuidos en 8 puntos de muestreo. En la Figura 10-71 se presentan los valores de riqueza o número de taxa de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo y la respectiva contribución de cada orden.
434. La riqueza varió desde cinco especies encontradas en los puntos HID-RChim1, HID-QAcan1 y HID-QQuel1 hasta 17 taxa en HID-RQuel2. En La Figura 10-71, se observó que en el punto HID-QSill1 se registró la mayor composición de especies, encontrándose siete de los nueve órdenes registrados.
435. El orden Diptera fue el más representativo registrándose en todas los puntos de muestreo, en los puntos HID-RChim1 y HID-RQAcan1 se encontraron 2 taxa; mientras que, en los puntos HID-RChim2 y HID-RQuel2 se registró el mayor número de taxa del orden Diptera, siete taxa.

- **Abundancia**

436. En la Figura 10-72 se presentan los valores de abundancia o número de organismos de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo y la respectiva contribución de cada orden.
437. La mayor abundancia (516 org.) correspondió, por mucho, al punto HID-RQuel2, el punto HID-RIsiv1 registró una abundancia de 243 org. En todos los puntos de muestreo la abundancia correspondió principalmente a órdenes de insectos, destacando entre ellos Diptera, Coleoptera y Ephemeroptera.
438. Finalmente, la especie de mayor abundancia fue *Cricotopus* sp., con 414 org. en los 8 puntos evaluados en la zona de estudio.



"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

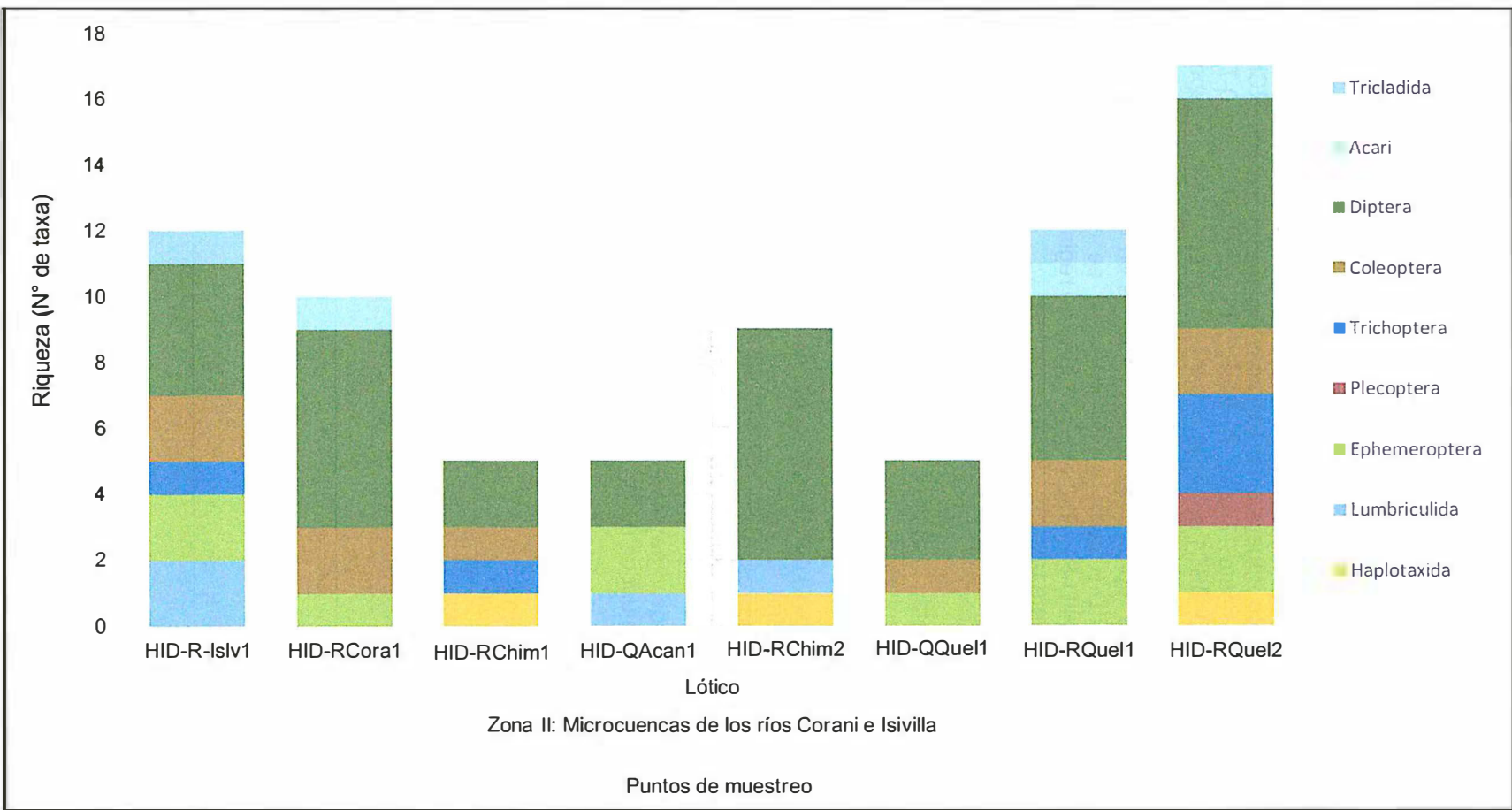


Figura 10-71. Riqueza o número de taxa de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo y orden



*[Handwritten signature]*

\*  
J  
H  
1

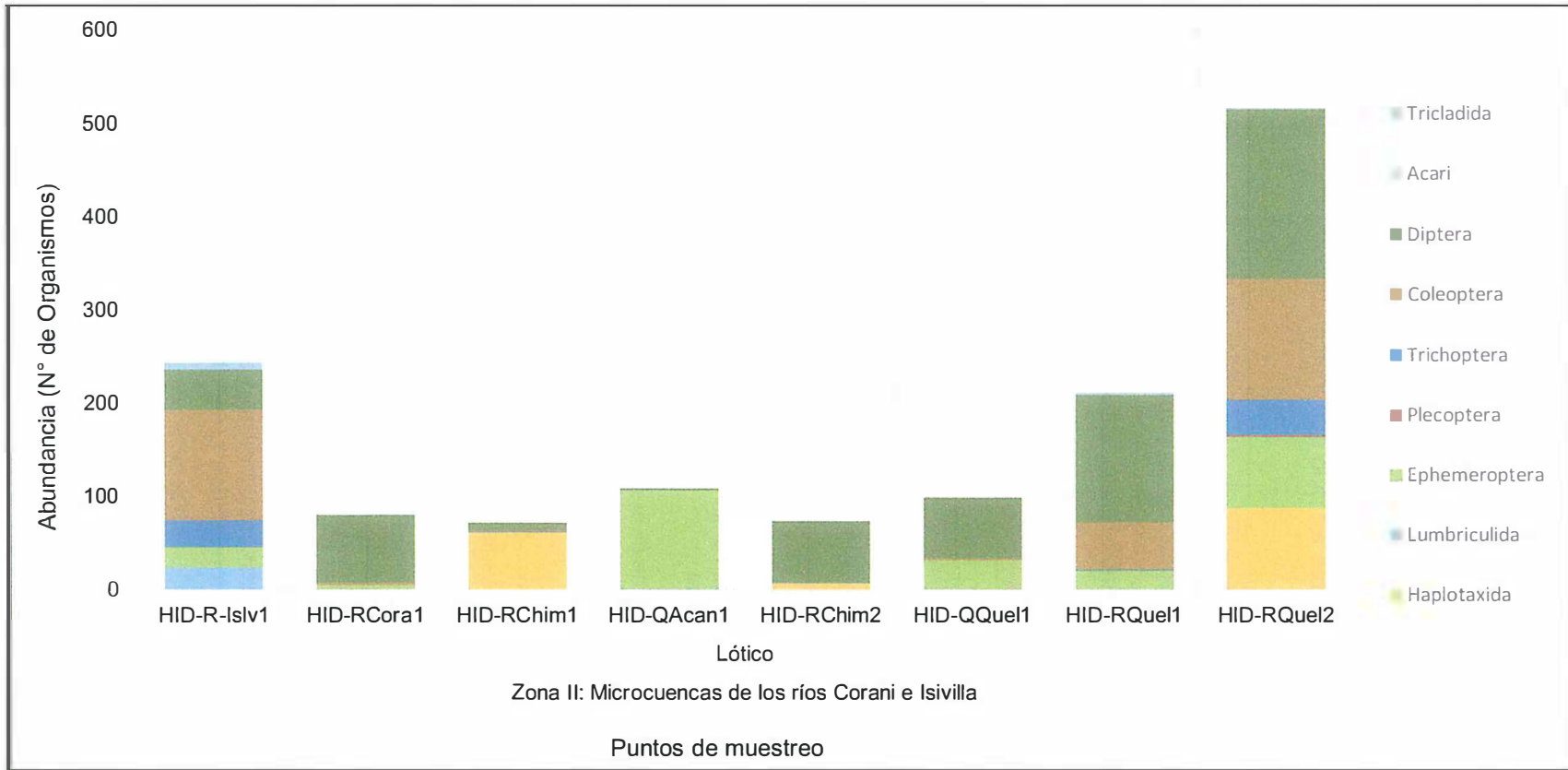


Figura 10-72. Abundancia o número de organismos de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo y orden



*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*

• **Diversidad alfa**

- 439. Con base en los resultados de diversidad y abundancia se detallan los valores de equidad de Pielou y los índices de diversidad de Hill (N1 y N2) para cada punto de muestreo que son presentados en la Tabla 10-20.
- 440. Con respecto al índice J', el mayor valor se presentó en el punto de muestreo HID-RIsiv1 con un valor de 0,82 y el mínimo valor se registró en el punto HID-RChim1 con un valor de 0,33. Los puntos HID-QQuel1, HID-RQuel1, HID-RCor1 y HID-RQuel2 registraron valores mayores a 0,5 lo que indica que los puntos tienen una distribución homogénea.
- 441. Con respecto al índice N1 y el índice N2, el mayor valor se presentó en el punto de muestreo HID-RQuel2; siendo este punto donde se registró la mayor abundancia. Por otro lado, el menor valor se registró en el punto HID-RChim1.

**Tabla 10-20.** Diversidad alfa de macroinvertebrados bentónicos por zona y punto de muestreo

Punto de muestreo	J'	N1	N2
HID-RIsiv1	0,82	7,74	5,92
HID-RCor1	0,58	3,80	2,42
HID-RChim1	0,33	1,71	1,33
HID-QAcan1	0,48	2,17	1,90
HID-RChim2	0,41	2,46	1,60
HID-QQuel1	0,51	2,28	1,96
HID-RQuel1	0,53	3,78	2,45
HID-RQuel2	0,79	9,39	7,59

Dónde: N1 y N2: Índices de diversidad de Hill  
 J': Índice de equidad de Pielou

: Valores máximos de índices de diversidad alfa  
 : Valores mínimos de índices de diversidad alfa

• **Diversidad beta**

- 442. En la Figura 10-73 se presenta el dendrograma de similitud de los macroinvertebrados bentónicos calculado mediante el índice de Bray Curtis. Claramente, se observa la formación de tres grupos bien diferenciados, los cuales tienen un porcentaje de similitud de 22 %. El primer grupo, denominado grupo 1, estuvo integrado principalmente por todos los puntos que presentaron los mayores valores de riqueza y abundancia en todas las zonas, adicionalmente, por todos los puntos pertenecientes a la zona II; mientras que el segundo grupo, denominado grupo 2, por los puntos que presentaron los valores más bajos de riqueza y abundancia. Estos resultados fueron muy similares a lo observado con el perifiton, lo que demuestra que ambas comunidades presentaron estructuras comunitarias similares.



*[Handwritten signature]*

*[Handwritten mark]*

*[Handwritten vertical text]*

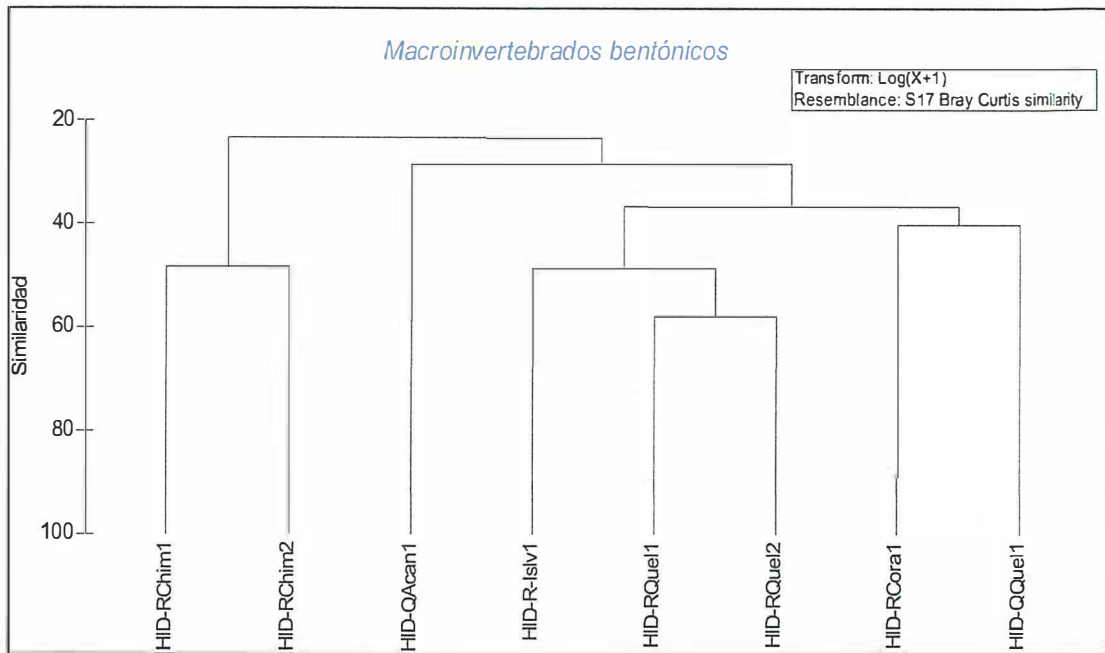


Figura 10-73. Dendrograma de similitud de macroinvertebrados bentónicos

10.3.4.3 Calidad ecológica

443. En la Tabla 10-21 se presenta la calidad ecológica de las quebradas y ríos evaluados. Los resultados de este análisis deberían ser tomados de forma referencial, puesto que el método original exige un muestreo multihábitat de naturaleza cualitativa, lo cual no se realizó por cuestiones logísticas; sin embargo, dada la relativa homogeneidad de hábitats de los ambientes evaluados y la intensidad del muestreo, estos resultados pueden constituir una importante aproximación de la calidad ecológica.

444. Los puntos HID-RIsiv1, HID-RCora1, HID-RChim1, QAcan1 registraron una calidad ecológica mala y los puntos HID-RChim2, HID-QQue1 presentaron una calidad pésima, esto puede estar asociado a la presencia de grupos tolerantes, de la familia Chironomidae. Solo en dos puntos (HID-RQue1 y HID-RQue2) se registró una calidad moderada.

Tabla 10-21. Calidad ecológica de acuerdo al protocolo CERA-S

Punto de muestreo	Calidad hidromorfológica	Calidad biológica	Calidad ecológica
HID - RIsiv1	Moderada	Mala	Mala
HID - RCora1	Buena	Mala	Mala
HID - RChim1	Moderada	Mala	Mala
HID - QAcan1	Buena	Mala	Mala
HID - RChim2	Moderada	Pésima	Pésima
HID - QQue1	Buena	Pésima	Pésima
HID - RQue1	Moderada	Moderada	Moderada
HID - RQue2	Moderada	Moderada	Moderada



Handwritten signature or mark.

Handwritten signature or mark.

**10.4. Calidad de suelo**

445. A continuación, se presentan los resultados de calidad de suelos obtenidos durante la ejecución de la EAT en el ámbito del proyecto minero Corani, en los distritos de Corani, provincia de Carabaya, departamento de Puno

445. Los datos para la evaluación del nivel de fondo, se toman a partir de los puntos muestreados y ubicados en el área del proyecto minero Corani (ver Tabla 9-18), y estos 12 puntos evaluados se encuentran sobre depósitos aluviales (Qh-al). Debido a que el número de datos es menor a 25, no se calculó el nivel de fondo, sin embargo esta información complementará a los datos que se obtenga de la evaluación temprana ambiental del 2018 para el cálculo de nivel de fondo y valor de referencia.

446. Por otro lado, los resultados de metales totales del análisis realizado por el laboratorio AGQ Perú S.A.C. se muestran en el Anexo E1 y la ubicación espacial se muestra en el Anexo E2.

447. En la Tabla 10-22, se presentan los resultados obtenidos de los doce puntos ubicados en el área de influencia del proyecto minero Corani, que servirán para la determinación posterior del nivel de fondo, como se mencionó arriba.

**Tabla 10-22.** Datos para determinación del nivel de fondo y valores de referencia de metales y metaloides.

Parámetro	Unidades	SUE-PCOR-1	SUE-PCOR-2	SUE-PCOR-3	SUE-PCOR-4	SUE-PCOR-5	SUE-PCOR-6	SUE-PCOR-7	SUE-PCOR-8	SUE-PCOR-9	SUE-PCOR-10	SUE-PCOR-11	SUE-PCOR-12
<b>Metales totales</b>													
Aluminio Total	mg/kg PS	10894	13234	10116	8365	9595	9303	8153	8481	7070	11991	8663	7966
Antimonio Total	mg/kg PS	7,88	7,21	5,01	11,42	10,19	22,40	3,27	2,74	3,48	3,30	3,28	2,84
Arsénico Total	mg/kg PS	37,00	39,00	23,00	35,00	35,00	45,00	13,00	14,00	13,00	24,00	27,00	28,00
Bario Total	mg/kg PS	97,20	222,0	231,0	224,0	243,0	238,0	513,0	580,0	123,0	114,0	105,0	105,0
Berilio Total	mg/kg PS	3,66	8,87	11,40	9,08	4,33	4,21	9,41	9,10	5,01	5,78	6,62	4,91
Bismuto Total	mg/kg PS	0,33	0,49	0,47	0,34	0,57	0,48	0,29	0,25	0,39	0,75	0,84	0,79
Boro Total	mg/kg PS	9,85	14,30	21,10	20,00	13,90	11,50	20,10	19,30	9,02	12,20	13,60	16,20
Cadmio Total	mg/kg PS	0,22	0,15	0,26	0,20	0,27	0,15	0,10	0,08	0,29	0,38	0,24	0,27
Calcio Total	mg/kg PS	427,0	551,0	952,0	791,0	587,0	443,0	818,0	660,0	723,0	956,0	1070	916,0
Cerio Total	mg/kg PS	5,23	5,97	4,62	3,84	6,49	6,94	4,45	4,98	5,20	9,08	6,81	5,28
Cobalto Total	mg/kg PS	2,50	1,54	0,74	0,92	1,71	1,14	0,56	0,78	0,64	1,62	1,35	1,09
Cobre Total	mg/kg PS	5,30	5,50	4,50	3,20	5,40	8,60	4,80	4,10	3,10	6,00	7,60	3,90
Cromo Total	mg/kg PS	11,00	6,30	3,80	2,90	6,10	5,70	2,30	2,30	4,20	6,70	5,30	4,50
Estaño Total	mg/kg PS	4,10	6,20	6,40	5,40	4,50	5,10	5,80	5,90	3,90	5,70	5,10	4,90
Estroncio Total	mg/kg PS	7,95	9,24	10,90	8,96	12,10	15,50	13,90	12,70	6,42	6,63	8,65	8,45
Fósforo Total	mg/kg PS	488,0	628,0	707,0	454,0	568,0	624,0	754,0	716,0	565,0	741,0	714,0	794,0
Hierro Total	mg/kg PS	11864	8584	4437	4359	8338	8886	3325	3800	4090	7074	5529	5875
Litio Total	mg/kg PS	103,0	210,0	221,0	208,0	116,0	102,00	207,00	214,00	32,20	53,70	51,20	40,80



P

G

K  
A  
H  
1

Parámetro	Unidades	SUE-PCOR-1	SUE-PCOR-2	SUE-PCOR-3	SUE-PCOR-4	SUE-PCOR-5	SUE-PCOR-6	SUE-PCOR-7	SUE-PCOR-8	SUE-PCOR-9	SUE-PCOR-10	SUE-PCOR-11	SUE-PCOR-12
<b>Metales totales</b>													
<b>Magnesio Total</b>	mg/kg PS	1012,00	923,00	683,00	579,00	763,00	683,00	496,00	486,00	851,00	1623,00	1101,00	1064,00
<b>Manganeso Total</b>	mg/kg PS	179,00	222,00	129,00	138,00	176,00	136,00	122,00	301,00	54,50	191,00	198,00	115,00
<b>Mercurio Total</b>	mg/kg PS	0,05	0,06	0,06	<0,03	0,10	0,10	0,72	0,07	0,11	0,18	0,14	0,08
<b>Molibdeno Total</b>	mg/kg PS	0,62	0,43	0,21	0,19	0,44	0,52	0,20	0,23	0,20	0,25	0,24	0,25
<b>Níquel Total</b>	mg/kg PS	4,89	2,52	1,08	0,78	2,77	1,81	0,89	0,74	1,36	1,89	2,03	2,12
<b>Plata Total</b>	mg/kg PS	0,58	0,76	0,85	0,62	1,11	1,53	4,40	0,69	0,28	0,19	0,54	0,25
<b>Plomo Total</b>	mg/kg PS	134,0	125,0	147,0	138,0	232,0	525,0	141,0	60,0	37,60	42,40	70,00	46,10
<b>Potasio Total</b>	mg/kg PS	1950	2057	1714	1640	1847	1484	1671	1640	1582	2964	2159	2057
<b>Selenio Total</b>	mg/kg PS	0,69	0,93	0,92	0,49	1,12	0,72	0,63	0,21	0,84	1,27	1,46	0,72
<b>Sodio Total</b>	mg/kg PS	155,0	190,0	200,0	171,0	154,0	143,0	196,0	204,0	175,0	235,0	168,0	186,0
<b>Talio Total</b>	mg/kg PS	1,14	1,33	1,77	1,25	1,08	1,12	0,58	0,69	0,81	1,32	1,00	0,82
<b>Titanio Total</b>	mg/kg PS	75,50	45,30	93,50	81,20	77,80	83,80	53,40	59,30	71,00	103,00	169,0	144,0
<b>Torio Total</b>	mg/kg PS	0,16	0,14	0,56	0,60	0,28	0,18	2,23	0,44	0,17	0,24	0,41	0,34
<b>Uranio Total</b>	mg/kg PS	4,66	5,61	8,78	5,29	4,77	5,20	6,97	7,88	9,31	4,67	7,79	6,81
<b>Vanadio Total</b>	mg/kg PS	19,00	12,00	6,80	5,20	11,00	11,00	3,90	4,90	5,30	8,60	7,20	7,00
<b>Wolframio Total</b>	mg/kg PS	0,73	1,26	1,36	1,20	0,77	0,96	1,65	1,52	0,36	3,88	1,39	1,30
<b>Zinc Total</b>	mg/kg PS	58,10	63,40	56,10	53,90	47,10	72,40	45,50	41,10	45,90	89,40	89,00	62,60

#### 10.4.1. Resultados del análisis del muestreo de calidad ambiental de metales y metaloides en suelos

448. A continuación se presentara los resultados del análisis de metales y metaloides realizados en las áreas de pastoreo de los centros poblados y comunidades campesinas que se encuentran dentro del área de influencia del proyecto minero Corani de Bear Creek Mining Sucursal del Perú. Estos resultados estarán comparados con el ECA de suelos para uso agrícola. Asimismo se presentará los resultados de la concentración de uranio, debido a las exploraciones de uranio realizadas en la zona, las mismas que indican un alto contenido de uranio en la zona evaluada.

449. En la Tabla 10-23, se puede apreciar las proporciones porcentuales de las partículas minerales por punto de muestreo en la comunidad campesina Isivilla, obtenidas del análisis mecánico que realizo el laboratorio acreditado, para la determinación de la clase de textural, las cuales indican que de acuerdo a las proporciones de arena, limo y arcilla, los suelos son de texturas grueso moderado, ya que 9 de los 14 puntos evaluados presentan textura franca, mientras que 3 de ellos tienen textura franco limosa y solo una presentó textura franco arenosa.



Handwritten signatures and initials in blue ink.

**Tabla 10-23. Resultados del monitoreo de calidad de suelos en la comunidad campesina Isivilla**

Puntos de monitoreo	Concentración de metales y metaloides totales (mg/kg PS)						Clase textural del suelo
	Arsénico Total	Bario Total	Cadmio Total	Mercurio Total	Plomo Total	Uranio Total	
SUE-ISI-1	9,90	32,60	0,12	< 0,03	8,56	4,69	Franca
SUE-ISI-2	9,50	15,00	< 0,0007	< 0,03	5,40	4,78	Franca
SUE-ISI-3	8,90	29,30	0,17	< 0,03	6,61	3,24	Franca
SUE-ISI-4	9,40	21,20	0,11	< 0,03	6,94	5,20	Franca
SUE-ISI-5	6,20	28,60	0,23	< 0,03	4,91	2,04	Franca
SUE-ISI-6	6,60	27,70	0,12	<0,03	4,78	1,38	Franco - Limosa
SUE-ISI-7	5,10	28,80	0,12	< 0,03	3,80	1,68	Franco - Limosa
SUE-ISI-8	7,70	28,80	0,05	< 0,03	4,17	1,83	Franco - Limosa
SUE-ISI-9	6,80	67,10	< 0,0007	0,07	8,72	0,95	Franco-Arenosa
SUE-ISI-10	5,50	34,10	< 0,0007	0,09	5,27	0,93	Franca
SUE-ISI-11	4,50	22,00	< 0,0007	<0,03	4,13	0,72	Franca
SUE-ISI-12	6,50	30,80	0,22	< 0,03	4,42	1,85	Franca
SUE-ISI-13	7,70	30,00	0,20	< 0,03	5,32	2,05	Franca
SUE-ISI-14	7,80	29,40	0,22	< 0,03	5,54	1,78	Franca
<b>ECA Suelos de uso agrícola (mg/kg PS)</b>	50	750	1,4	6,6	70	-	-

450. Los elementos metálicos (arsénico, bario, cadmio, mercurio y plomo) que tienen estándares de comparación en el ECA para suelo de uso agrícola, en ninguno de los puntos evaluados en la comunidad campesina Isivilla excedieron los valores del ECA.

451. La concentración de uranio en la corteza terrestre presenta un valor promedio de 2,7 mg/kg (Langmuir, D., 1997), este valor promedio en el monitoreo de la zona de pastoreo de la comunidad campesina Isivilla, fue superado en cuatro puntos de monitoreo (SUE-ISI-01, SUE-ISI-02, SUE-ISI-03 y SUE-ISI-04).

452. En la Tabla 10-24, se puede apreciar las proporciones porcentuales de las partículas minerales por punto de muestreo en la comunidad campesina Chacaconiza, obtenidas del análisis mecánico que realizó el laboratorio acreditado, para la determinación de la clase de textural, las cuales indican que de acuerdo a las proporciones de arena, limo y arcilla, los suelos son de texturas grueso moderado, ya que 6 de los 13 puntos evaluados presentan textura franca limosa, mientras que 5 de ellos tienen textura franca y solo dos presentaron textura franco arenosa.

**Tabla 10-24. Resultados del monitoreo de calidad de suelos en la comunidad campesina Chacaconiza**

Puntos de monitoreo	Concentración de metales y metaloides totales (mg/kg PS)						Clase textural del suelo
	Arsénico Total	Bario Total	Cadmio Total	Mercurio Total	Plomo Total	Uranio Total	
SUE-CHA-1	8,40	63,80	0,15	< 0,03	12,40	4,22	Franca
SUE-CHA-2	8,60	60,30	0,11	< 0,03	11,40	3,12	Franco-Limosa
SUE-CHA-3	9,90	76,60	0,12	< 0,03	12,40	3,18	Franco-limosa
SUE-CHA-4	11,00	90,40	0,10	<0,03	7,48	10,47	Franco-Arenosa



*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*

Puntos de monitoreo	Concentración de metales y metaloides totales (mg/kg PS)						Clase textural del suelo
	Arsénico Total	Bario Total	Cadmio Total	Mercurio Total	Plomo Total	Uranio Total	
SUE-CHA-5	8,40	76,10	< 0,0007	< 0,03	5,01	8,41	Franco-Arenosa
SUE-CHA-6	4,90	31,40	0,07	< 0,03	4,34	2,70	Franca
SUE-CHA-7	3,30	26,30	0,05	< 0,03	3,43	1,96	Franco-limosa
SUE-CHA-8	4,20	27,00	< 0,0007	< 0,03	4,00	2,93	Franca
SUE-CHA-9	5,20	31,00	0,06	<0,03	4,67	2,57	Franca - Limosa
SUE-CHA-10	6,50	32,10	< 0,0007	< 0,03	5,35	2,57	Franca
SUE-CHA-11	6,90	37,20	0,14	<0,03	5,39	2,49	Franco - Limosa
SUE-CHA-12	13,00	40,00	0,06	<0,03	12,10	2,62	Franca
SUE-CHA-13	15,00	52,60	0,13	0,06	16,50	2,87	Franco - Limosa
ECA Suelos de uso agrícola (mg/kg PS)	50	750	1,4	6,6	70	-	-

453. Los elementos metálicos (arsénico, bario, cadmio, mercurio y plomo) que tienen estándares de comparación en el ECA para suelo de uso agrícola, en ninguno de los puntos evaluados en la comunidad campesina Chacaconiza excedieron dichos ECA.

454. Asimismo la concentración de uranio excedió al valor promedio, 2,7 mg/kg (Langmuir, D., 1997), de la concentración en la corteza terrestre en los 8 puntos evaluados.

455. En la Tabla 10-25, también se puede apreciar las proporciones porcentuales de las partículas minerales por punto de muestreo en la comunidad campesina Quelcaya, obtenidas del análisis mecánico que realizó el laboratorio acreditado, para la determinación de la clase de textural, las cuales indican que de acuerdo a las proporciones de arena, limo y arcilla, los suelos son de texturas grueso moderado, ya que 7 de los 11 puntos evaluados presentan textura franca arenosa, mientras que 2 de ellos tienen textura franca y los dos restantes tienen textura franco limosa.

**Tabla 10-25.** Resultados del monitoreo de calidad de suelos en la comunidad campesina Quelcaya

Puntos de monitoreo	Concentración de metales y metaloides totales (mg/kg PS)						Clase textural del suelo
	Arsénico Total	Bario Total	Cadmio Total	Mercurio Total	Plomo Total	Uranio Total	
SUE-QUE-1	18,00	52,70	1,19	0,08	30,60	12,70	Franco - Arenoso
SUE-QUE-2	27,00	56,40	0,94	0,07	42,10	11,63	Franco - Arenoso
SUE-QUE-3	20,00	84,00	1,55	0,06	76,10	5,48	Franco - Arenoso
SUE-QUE-4	18,00	86,30	1,75	0,06	68,80	7,11	Franco - Arenoso
SUE-QUE-5	31,00	92,20	0,17	< 0,03	27,30	3,75	Franco - Limoso
SUE-QUE-6	17,00	30,30	0,11	< 0,03	6,84	3,83	Franco - Arenoso
SUE-QUE-7	17,00	36,70	0,12	< 0,03	7,05	4,65	Franca
SUE-QUE-8	13,00	28,40	0,12	< 0,03	6,58	4,44	Franca
SUE-QUE-9	14,00	23,90	0,09	< 0,03	6,32	3,94	Franco - Arenosa



Handwritten signatures and initials in blue ink.

Handwritten initials 'K', 'J', 'Z', and '1' in blue ink.



Puntos de monitoreo	Concentración de metales y metaloides totales (mg/kg PS)						Clase textural del suelo
	Arsénico Total	Bario Total	Cadmio Total	Mercurio Total	Plomo Total	Uranio Total	
SUE-QUE-10	13,00	24,80	0,10	<0,03	6,23	4,28	Franco - Limosa
SUE-QUE-11	14,00	23,70	0,08	<0,03	7,10	4,55	Franco - Arenosa
ECA Suelos de uso agrícola (mg/kg PS)	50	750	1,4	6,6	70	-	-

Valores superiores al ECA para suelos de uso agrícola

456. Los elementos metálicos arsénico, bario y mercurio no superaron los ECA para suelo de uso agrícola, en ninguno de los puntos evaluados en la comunidad campesina Quelcaya.
457. La concentración de cadmio en los puntos SUE-QUE-3 (1,55 mg/kg PS) y SUE-QUE-4 (1,75 mg/kg PS), excedió el valor de su ECA para suelos de uso agrícola (1,4 mg/kg PS). Del mismo modo, la concentración de plomo en el punto de monitoreo SUE-QUE-4 (76,10 mg/kg PS), superó el ECA de plomo para suelos de uso agrícola (70 mg/kg PS).
458. Asimismo la concentración de uranio excedió al valor promedio (2,7 mg/kg) de la concentración en la corteza terrestre en los 11 puntos evaluados.
459. En la Tabla 10-26, se puede apreciar las proporciones porcentuales de las partículas minerales por punto de muestreo en la comunidad campesina Corani - Aconsaya, obtenidas del análisis mecánico que realizó el laboratorio acreditado, para la determinación de la clase de textural, las cuales indican que de acuerdo a las proporciones de arena, limo y arcilla, los suelos son de texturas grueso moderado, ya que 8 de los 11 puntos evaluados presentan textura franca, mientras que 2 de ellos tienen textura franca limosa y solo un punto tienen textura franco arenosa.

Tabla 10-26. Resultados del monitoreo de calidad de suelos en la comunidad campesina Corani - Aconsaya

Puntos de monitoreo	Concentración de metales y metaloides totales (mg/kg PS)						Clase textural del suelo
	Arsénico Total	Bario Total	Cadmio Total	Mercurio Total	Plomo Total	Uranio Total	
SUE-COR-1	80,00	74,50	0,14	0,08	20,30	6,10	Franco-Arenosa
SUE-COR-2	37,00	80,80	0,15	0,06	16,40	3,72	Franca
SUE-COR-3	13,00	72,80	0,48	0,05	29,30	3,72	Franca
SUE-COR-4	13,00	63,70	0,35	< 0,03	26,00	2,81	Franca
SUE-COR-5	14,00	65,50	0,40	< 0,03	30,20	3,38	Franca
SUE-COR-6	12,00	59,40	0,34	0,07	25,80	3,83	Franca
SUE-COR-7	9,60	35,20	0,12	<0,03	15,20	5,03	Franca
SUE-COR-8	10,00	46,00	0,18	< 0,03	19,00	4,49	Franco-Limosa
SUE-COR-9	10,00	45,50	0,18	0,10	27,80	4,73	Franca
SUE-COR-10	12,00	52,40	0,12	0,05	52,90	3,58	Franco - Limosa
SUE-COR-11	10,00	45,50	0,14	0,06	44,70	3,18	Franca
ECA Suelos de uso agrícola (mg/kg PS)	50	750	1,4	6,6	70	-	-

Valores superiores al ECA para suelos de uso agrícola



P  
Q

K  
J  
H  
I

- 460. Los elementos metálicos bario, cadmio, mercurio y plomo presentaron concentraciones menores a los ECA para suelo de uso agrícola, en todos los puntos evaluados en la comunidad campesina Quelcaya.
- 461. La concentración de arsénico en el punto SUE-COR-1 (80 mg/kg PS), excedió el valor de su ECA para suelos de uso agrícola (50 mg/kg PS).
- 462. Asimismo la concentración de uranio excedió al valor promedio (2,7 mg/kg) de la concentración en la corteza terrestre en los 11 puntos evaluados.
- 463. En la Tabla 10-27, se puede apreciar las proporciones porcentuales de las partículas minerales por punto de muestreo en el centro poblado Aymaña obtenidas del análisis mecánico que realizó el laboratorio acreditado, para la determinación de la clase de textural, las cuales indican que de acuerdo a las proporciones de arena, limo y arcilla, los suelos son de texturas grueso moderado, ya que 6 de los 10 puntos evaluados presentan textura franca arenosa, mientras que los 4 restantes de ellos tienen textura franca.

**Tabla 10-27.** Resultados del monitoreo de calidad de suelo en el centro poblado Aymaña

Puntos de monitoreo	Concentración de metales y metaloides totales (mg/kg PS)						Clase textural del suelo
	Arsénico Total	Bario Total	Cadmio Total	Mercurio Total	Plomo Total	Uranio Total	
SUE-AYM-1	3,80	91,80	< 0,0007	0,32	6,37	0,52	Franco - Arenosa
SUE-AYM-2	4,70	110,00	< 0,0007	0,19	6,67	0,58	Franca
SUE-AYM-3	5,90	160,00	0,11	0,10	11,90	0,73	Franca
SUE-AYM-4	8,00	125,00	0,11	0,08	12,20	0,75	Franca
SUE-AYM-5	9,00	116,00	0,13	0,26	13,50	1,00	Franco - Arenosa
SUE-AYM-6	5,50	181,00	0,09	0,09	13,60	0,71	Franca
SUE-AYM-7	22,00	176,00	0,19	0,10	11,20	4,81	Franco - Arenosa
SUE-AYM-8	22,00	119,00	0,18	0,09	8,69	5,15	Franco - Arenosa
SUE-AYM-9	32,00	71,70	0,16	0,09	13,60	2,26	Franco - Arenosa
SUE-AYM-10	15,00	53,40	0,16	< 0,03	8,90	2,53	Franco - Arenosa
ECA Suelos de uso agrícola (mg/kg PS)	50	750	1,4	6,6	70	--	--



P  
 2  
 X  
 J  
 H  
 1

- 464. Los elementos metálicos (arsénico, bario, cadmio, mercurio y plomo) que tienen estándares de comparación en el ECA para suelo de uso agrícola, en ninguno de los puntos evaluados en el centro poblado Aymaña excedieron dichos ECA.
- 465. Asimismo la concentración de uranio excedió al valor promedio (2,7 mg/kg) de la concentración en la corteza terrestre en 2 puntos evaluados.

## 11. DISCUSIONES

466. En la presente sección se discuten brevemente los resultados obtenidos para los diferentes componentes ambientales analizados.

### 11.1. Calidad de agua

467. A continuación, se explicará el comportamiento de los resultados obtenidos en los diferentes cuerpos de agua superficial y manantiales de acuerdo a los análisis realizados en el capítulo anterior, tomando como base las dos zonas distribuidas.

#### Zona I

468. La microcuenca del río Jarapampa se muestra en la Figura 11-1. En la cual se ubica la microcuenca de la quebrada Supayhuasi, lugar donde se desarrollará el proyecto minero Corani. Asimismo, se indica algunas bocaminas abandonadas, ubicadas aguas arriba de la quebrada Supayhuasi, próximo a los bofedales de Minaspatá y las quebradas Sin nombre, Piruacarca y Minaspatá.

469. Asimismo, en la microcuenca Imagina Mayu, se observa que los valores de pH son cercanos al valor neutral (Figura 10-1). Por otro lado, aguas arriba tenemos a los bofedales Negrominas y Sornahuiña, que registran pH ligeramente básico, lo cual es característico de estos cuerpos de agua. Tomas Moreno<sup>57</sup>, manifiesta que el pH en las lagunas cerradas y en aquellas que tienen poca provisión de agua es fuertemente alcalino con valores  $>8,3$  y  $<9,6$ , posiblemente debido a la presencia de alcalino térreos y sedimentos calcáreos. Adicionalmente, de acuerdo al diagrama Piper (Figura 10-34) y Schöeller (Figura 10-41), estas aguas son de facies bicarbonatadas sódicas; además, de las evaluaciones de las relaciones binarias, tenemos que los bicarbonatos ( $\text{HCO}_3^-$ ) y el ion sodio (Na), fueron los únicos que guardan proporcionalidad en los cuerpos de agua de las quebradas (ver Figura 10-45), lo que sugiere que a pesar de ser aguas poco mineralizadas, el carácter básico del agua en la quebrada Imagina Mayu se debe a los minerales de bicarbonato de sodio. Por otro lado, los bofedales Negrominas y Sornahuiña no se ubican próximo a las bocaminas abandonadas, como los demás bofedales, (Figura 11-1), y presentan pH ligeramente básico, conductividad y STD muy bajos, sin embargo, contienen concentraciones de zinc, moderadamente significativas al igual que los demás bofedales (Figura 10-16), por lo que la presencia de zinc en los cuerpos de los bofedales podría deberse a las sistema de equilibrio propio del bofedal.

470. Con respecto a la microcuenca de la quebrada Supayhuasi, tenemos comportamientos diversos de acuerdo a los componentes de agua y a la trayectoria por donde discurren las aguas.

471. Para el caso de los bofedales BMina1, BMina2, BSN1 y BMina3, el bofedal (BMina3) registra el valor de pH ligeramente ácido (6,2 de pH) comparado con los otros tres bofedales de carácter básico (Figura 10-10); asimismo, registra concentración de metales en mayor cantidad que los Bofedales BMina1, BMina2 y BNS2, y además se ubica más próximo a las bocaminas abandonadas que los otros tres bofedales, lo que sugiere que las concentraciones de BMina3 para los metales y los valores de pH, estén relacionados a su proximidad a las bocaminas abandonadas.

<sup>57</sup> Moreno T. (1986), Lagunas altoandinas del sur del Perú: Características químicas, Ciencia & Desarrollo,

472. Las quebradas QSN2, QPiru1 y QMina1 registraron pH ácido, de estas, la quebrada QSN2 registra el menor pH (3,16 de pH) y se ubica más próximo a las bocaminas abandonadas que las otras dos (Figura 11-1), lo que sugiere que el carácter ácido de las quebradas, estén relacionados con su proximidad a las bocaminas abandonadas.
473. Desde la naciente de las quebradas que conforman la microcuenta de la quebrada Supayhuasi, conforme la corriente de agua discurre aguas abajo, el pH aumenta como puede verse en la Figura 11-2. El pH ácido de la quebrada QSN2, aumenta ligeramente a pH más básico en QMina1. Este ligero aumento de pH, está relacionado con el ingreso de las aguas provenientes de los bofedales (de pH básico). En el siguiente punto, en la quebrada QMina2, el pH disminuye ligeramente, a pesar del ingreso de las aguas de la quebrada QPiru1 (de pH ligeramente más básico), esto sugiere que aguas arriba habría alguna fuente que acidifique el agua. En QSupa2, el pH se mantiene ácido, a pesar del ingreso de las aguas de la quebrada QInti1 (de 8,33 de pH), esto sugiere que habría alguna fuente que acidifique las aguas en QSupa2. Aguas abajo de QSupa2, ingresan las aguas provenientes de la quebrada QEsca1 (de 8,45 de pH), y como es de esperarse, en la quebrada QSupa3, el pH llegue a 5,22. Aguas abajo, ingresan otras quebradas, lo que explicaría que el agua en el punto RJara1, finalmente alcance un pH ligeramente básico (ver Figura 11-2).
474. Con relación a los metales totales. En la microcuenta de la quebrada Supayhuasi, se registraron en las quebradas QInti1, QSupa2 y QEsca1 concentraciones ligeramente por encima del ECA para mercurio (ver Figura 10-3). Los valores registrados no guardan relación con las concentraciones de mercurio encontrados en el sedimento (ver Figura 10-56) y con los registros de mercurio en los manantiales, por lo que, no se puede determinar la procedencia del mercurio encontrado en las aguas de estas quebradas.
475. Las quebradas QSN2, QPiru1, QMina1 presentan concentraciones altas de metales (cobre, plomo, talio, zinc y cadmio) y sulfatos, que superan los valores ECA para agua Cat4. De estas, la quebrada QSN2 registró los valores más altos de metales (0,684 mgCu/L, 5,768 mgPb/L, 0,028 mgTl/L, 9,333 mgZn/L, 0,0958 mgCd/L) en comparación de las otras dos quebradas (Figura 10-4, 10-6, 10-7, 10-8 y 10-9), y es la que se encuentra más próxima a las bocaminas abandonadas, por lo que la alta concentración de los metales de las quebradas estaría relacionado a su proximidad a las bocaminas. Las altas concentraciones de metales pesados en las aguas de corrientes fluviales asociados a sulfuros tales como el As, Cd, Cu, Pb y Zn pueden atribuirse a la minería y son causa del fuerte impacto en el medio ambiente (Salomons, 1995).



f

g

k  
j  
h  
i

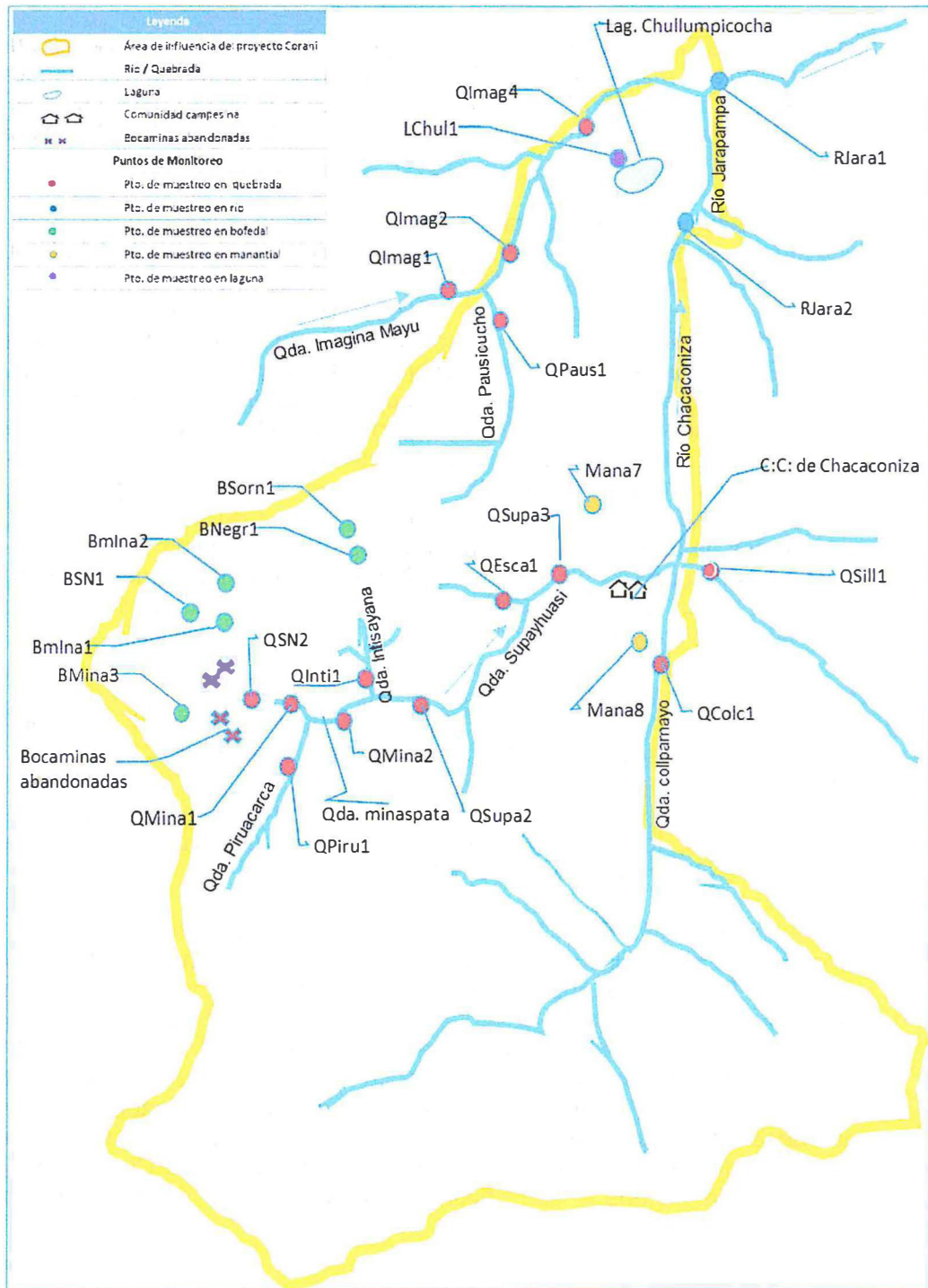


Figura 11-1. Diagrama de cuerpos de agua de la Zona I



P  
Q  
K  
J  
R  
1

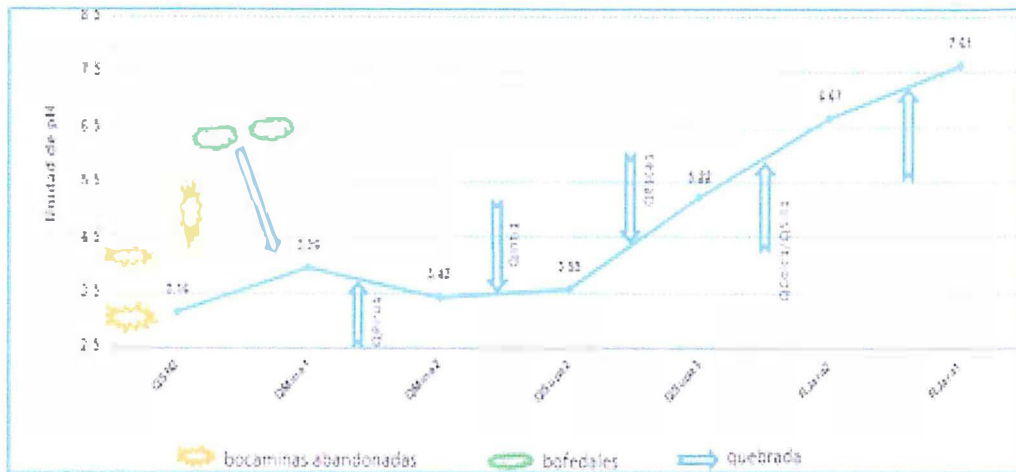


Figura 11-2. Comportamiento de pH en la microcuenca del río Jarapampa

476. Los bofedales B Mina1, B Mina2, BSN1 y B Mina3 registraron concentraciones poco significativas de metales, aunque el bofedal B Mina3 (el más próximo a las bocaminas abandonadas), registró concentraciones de metales mayores, pero muy bajas en comparación con los registrados por las quebradas próximas. Esta diferencia, es atribuida a las características propias de los bofedales, los cuales remueven los metales de sus aguas a través de la acción de las plantas y de los microorganismos. Diversos autores destacan las capacidades de las plantas de contribuir al retiro del metal<sup>58</sup>. Cooper *et al.* (1996) indica que los macrofitos juegan un papel importante en estos procesos puesto que pueden proveer oxígeno y la materia orgánica a la matriz. Adicionalmente, Kadlec *et al.* (2000) menciona que las plantas del humedal pueden potencialmente estimular el crecimiento de bacterias que oxidan el metal por transferencia del oxígeno en la rizosfera.

477. Conforme discurre las aguas desde la quebrada sin nombre, hasta el río Jarapampa (ver Figura 11-1), se ha observado que las concentraciones de metales tienen un comportamiento general en descenso, como puede observarse en la Figura 11-3. Así tenemos, a las aguas en el punto QSN2 que contiene cantidades elevadas de metales, disminuyen en el punto QMina1. Esta disminución está relacionado al ingreso de aguas provenientes de los bofedales (baja concentración de metales). En el punto QMina2, la concentración de metales se incrementa considerablemente, por ejemplo el plomo aumenta 0,298 a 1,17 mg/L (Figura 11-3), a pesar que recibe el aporte de las aguas de la quebrada Piruacarca. Igual comportamiento se observa en la quebrada Supayhuasi en el punto QSupa2, que a pesar de recibir las aguas de la quebrada Intisayana, (baja concentración de metales), la quebrada Supayhuasi mantiene concentraciones altos de metales (0,97 mg/L de plomo)<sup>59</sup>. A partir del punto QSupa3 hacia aguas abajo, la concentración de metales disminuye significativamente, debido al ingreso de quebradas a lo largo de la microcuenca, los cuales contienen poco o no registran valores de metales en los puntos evaluados. lo que explicaría que los cuerpos de agua en el río Jarapampa (RJara2 y RJara1), se registren bajas concentraciones de metales, como puede observarse en la Figura 11-3.



Handwritten signatures and initials in blue ink, including a large 'P' and a vertical sequence of characters 'k', '2', 'H', '1'.

<sup>58</sup> Gamonal P. Tratamiento de drenajes de ácidos de minas en humedales construidos, file:///D:/Bibliograf%C3%ADa/Water/Humedales\_retiro%20de%20metales.pdf.

<sup>59</sup> Los comportamientos de pH y de los metales descritos arriba, asociados a las concentraciones de sulfatos en los puntos QMina1 y QSupa2, puede atribuirse a la presencia de drenajes ácidos próximos a estas áreas. Las altas concentraciones de metales pesados en las aguas de corrientes fluviales asociados a sulfuros tales como el As, Cd, Cu, Pb y Zn pueden atribuirse a la minería y son causa del fuerte impacto en el medio ambiente (Salomons, 1995).

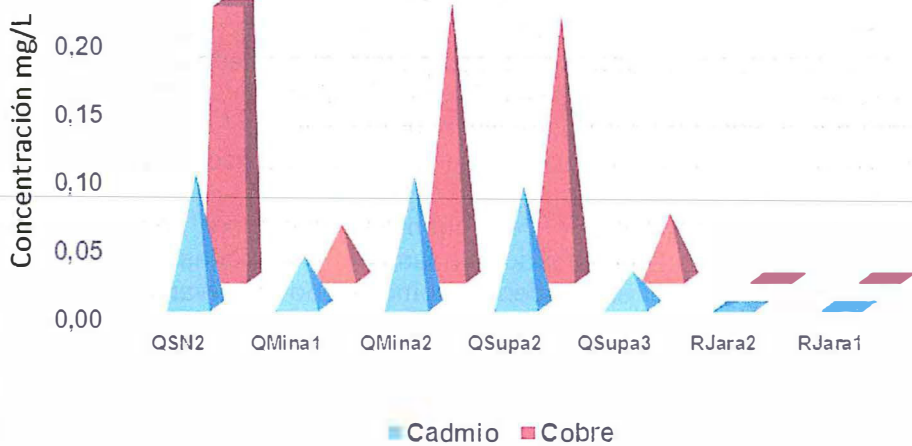
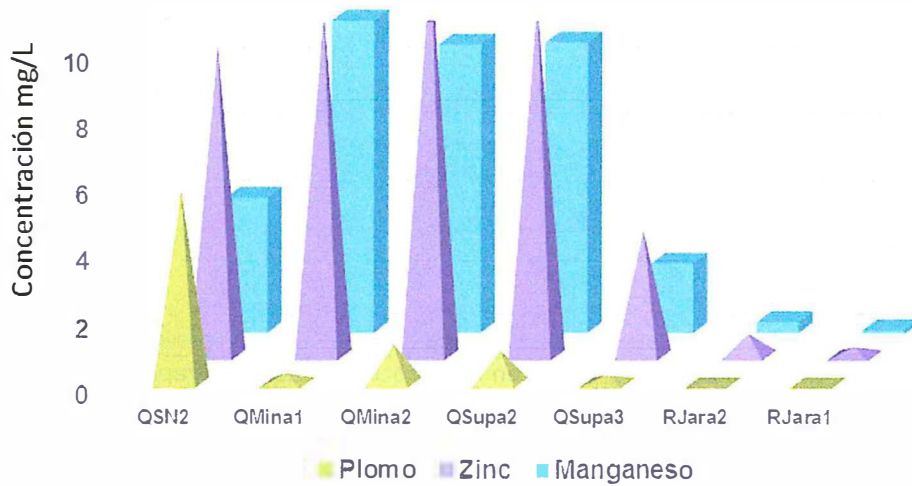


Figura 11-3. Comportamiento de metales en la microcuenca del río Jarapampa

478. Por otro lado, de acuerdo a la información de los representantes de las comunidades, algunos de los manantiales son utilizados como fuente de agua para consumo. Estos cuerpos de agua fueron también comparados con los ECA para agua categoría 1 - A1. De la evaluación, el punto Mana7 no cumplirían con los parámetros de oxígeno disuelto y fósforo total (ver Figura 10-20, 10-24) y el punto Mana8 no cumpliría en pH, arsénico total y fósforo total (ver Figura 10-18., 10-22 y 10-24). Adicionalmente, se evaluó a los manantiales con el ECA para agua, categoría 1 - A2<sup>60</sup>. De esta evaluación el punto Mana7 estaría cumpliendo con esta categoría; y el punto Mana8 no cumpliría para el parámetro arsénico, como puede verse en la Figura 10-22.

<sup>60</sup> ECA para agua-2017, categoría 1, subcategoría A2: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional: Entiéndase como aquellas aguas destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano, sometidas a un tratamiento convencional, mediante dos o más de los siguientes procesos: Coagulación, floculación, decantación, sedimentación, y/o filtración o procesos equivalentes; incluyendo su desinfección, de conformidad con la normativa vigente.



*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*

479. Con respecto a los metales y su relación con los sólidos suspendidos y sólidos disueltos. La concentración de metales en la forma disuelta guarda relación con los sólidos disueltos totales (STD) encontrados en los cuerpos de agua. Los coeficientes de correlación de Pearson o coeficiente de determinación  $R^2$  fue de media a baja. Así encontramos que las correlaciones boro disuelto – STD, magnesio disuelto – STD, sodio disuelto – STD, y potasio disuelto – STD, fueron bajas ( $R^2$  menores a 0,75) y, las correlaciones de estroncio disuelto – STD y calcio disuelto - STD fueron medias ( $R^2$  entre 0,75 y 0,90). Observamos que las concentraciones de la mayor parte de cuerpos de agua, como en manantiales, bofedales y quebradas, son muy bajas, inclusive, en muchos casos las concentraciones de los aniones y cationes son menores a 0,05 meq/L; asimismo, las concentraciones de los sólidos disueltos totales mayormente es menor a 50 mg/L, teniendo valores muy cercanos al límite de cuantificación analítico (LC = 15 mg/L). Sin embargo, estos niveles de concentración, cercanos al límite cuantificación, la variabilidad de los valores obtenidos es alta, y la precisión es relativamente baja, por lo que los coeficientes de correlación obtenidos se considerarían aceptables.
480. Por otro lado, el hierro se encuentra mayormente en la forma de suspendida en los ríos, manantiales y bofedales. El hierro, dependiendo del pH y de la concentración de oxígeno, puede estar en la forma férrica o ferrosa (Valencia C. (2011))<sup>61</sup>. La concentración de oxígeno disuelto en los cuerpos de agua es mayor a 5 mg/L, y el valor de pH de los manantiales, ríos y bofedales (ver Figura 10-1) es mayor a 6, estas condiciones favorecen la formación del ion férrico ( $Fe^{3+}$ ), el cual es no soluble, y estaría relacionada al mayor porcentaje de hierro en forma suspendida en los bofedales y manantiales.
481. Por otro lado, la relación entre conductividad y STD obtuvo el valor  $R^2$  de 0,94, (Figura 10-32) el cual es aceptable aun considerando que un grupo de puntos tuvo valores de conductividad muy bajos (menores a  $50\mu S/cm$ ) y adicionalmente, algunos de los valores de STD fueron valores menores al límite de cuantificación analítico.
482. El balance iónico o error de balance iónico (EBI), se consideró mayormente los aniones mayoritarios y algunos otros iones no mayoritarios. De esta manera se consideró al amonio ( $NH_4^+$ ), aluminio ( $Al^{3+}$ ), hierro ( $Fe^{+3}$ ), manganeso ( $Mn^{+2}$ ) y zinc ( $Zn^{+2}$ ), lo que permitió corregir la desviación del balance, hacia un valor menos negativo. Sin embargo, algunas muestras obtuvieron un EBI fuera del rango aceptable ( $\pm 10\%$ ), ver Tabla 10-11.
483. En los puntos que superan el EBI aceptable, a excepción de QSN2 y QMina1, la suma de aniones y cationes es menor a 1 meq/L. A este nivel, los valores de concentración se encuentran muy cerca al límite de cuantificación analítico (LC), y las desviaciones aceptables para valores cercanos al LC es 50%, por la variabilidad relativa existentes a este nivel, por lo que podría esperarse que el EBI supere el  $\pm 10\%$ , para niveles de concentración bajos, donde la suma de aniones y cationes no supera 5 meq/L, más aún si la suma es menor a 1 meq/L. Así Nordstrom *et al.* (2008), consideró válidos los datos del balance de carga con desviación estándar  $<\pm 20\%$ . Por otro lado, los puntos QSN2 y QMina1, tienen pH bajo (menor a 4), el cual puede incidir en los cálculos del EBI, debido a la presencia de los iones hidronios ( $H^+$ ); adicionalmente, la especiación de la molécula, como es el caso de

<sup>61</sup> A pH neutro y en presencia de oxígeno, el hierro soluble ( $Fe^{2+}$ ) es oxidado a hierro férrico ( $Fe^{+3}$ ) y este último a hidróxido férrico ( $Fe(OH)_3$ ), el cual es insoluble. A pH menores a 6, la formación de hierro férrico es lento, asimismo, las condiciones anaeróbicas son necesarias para que exista una apreciable concentración de hierro soluble.

los iones  $\text{HSO}_4^-$  y  $\text{SO}_4^{2-}$  o la ausencia de algunos iones como sulfuros, fluoruros, silicatos, entre otros que no fueron considerados en el análisis, pueden influir en el desbalance de carga.

484. Por otro lado, la correlación de los cationes y aniones, Figura 11-4 tenemos que las quebradas QMina2, QSN2, presentan ligera desviación negativa, por el contrario, los puntos RChim1 y RChim2 presentan ligera desviación positiva, esto es, la suma de aniones es mayor que la suma de cationes en los dos puntos y, la suma de cationes es mayor que la suma de aniones en los dos puntos. Esto estaría relacionado al pH ácido en las quebradas y/o la ausencia de algún ion no considerado en el análisis. Sin embargo, se observa que el coeficiente de correlación es igual a 0,97, y la pendiente es 1,0099, valores que indican que en general existe muy buena correspondencia catión – anión por punto de muestreo, por lo que el balance iónico puede considerarse aceptable.

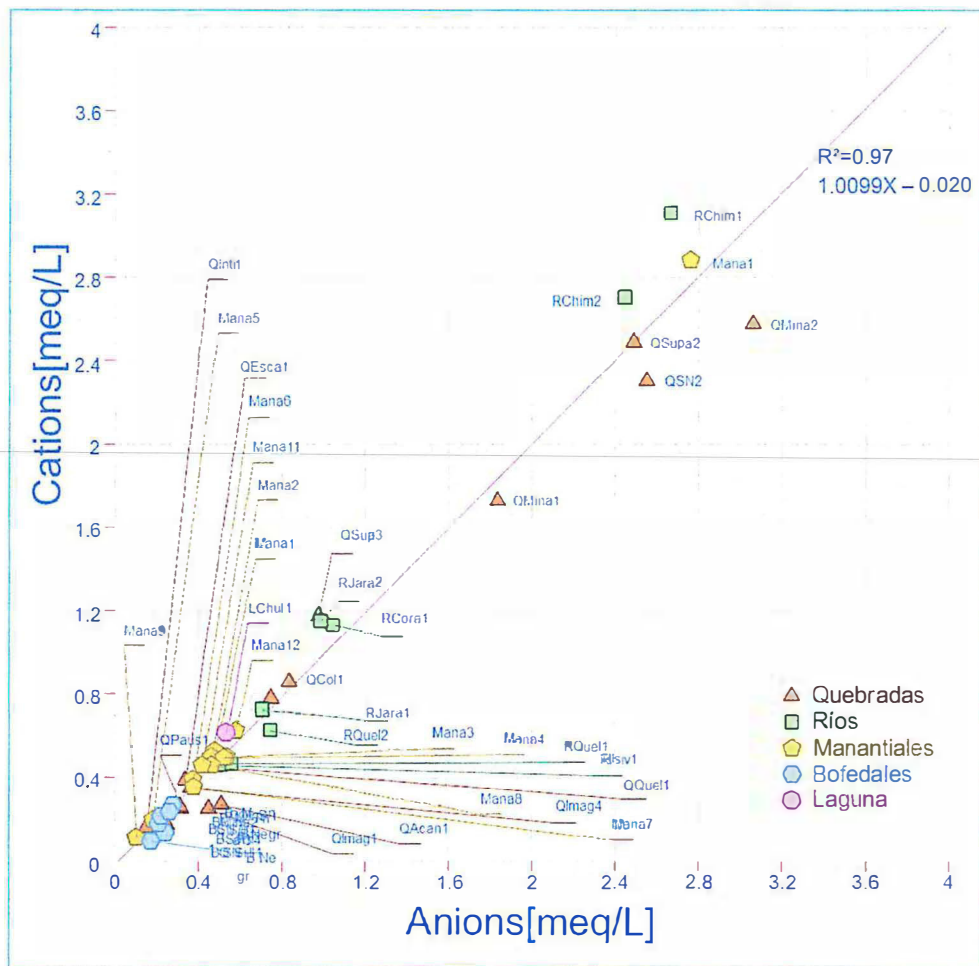


Figura 11-4. Correlación de aniones y cationes, de los cuerpos de agua del área de influencia del proyecto minero Corani

485. Del diagrama Piper (Figura 10-33), de los cuerpos de agua de la zona I, la composición de aniones es variable, mayormente los bicarbonatos los tenemos en composición media (círculo celeste) y, sulfatos desde composición media baja a muy alta. Con respecto a los cationes, no hay una composición definida, aunque se inclina hacia el sodio, a consecuencia de lo anterior las facies para la zona I es



P  
P

K  
2  
H  
1

variable, predominando las facies bicarbonatadas sódicas (círculo rojo) y en menor cantidad las bicarbonatadas cálcicas y las sulfatadas cálcicas.

486. La laguna Chullumpicocha y los bofedales a excepción del bofedal Negrominas (BNegr1) (Figura 10-34), son del tipo bicarbonatadas sódicas y los ríos son del tipo bicarbonatadas cálcicas, a excepción del río Jarapampa (RJara2) que se encuentra en una zona intermedia con la facie sulfatada cálcica, y esto tiene relación a la cantidad de sulfatos que se encontró en la muestra, la cual está aguas abajo de la quebrada Supayhuasi, como veremos más adelante. Por otro lado, la quebrada Piruacarca (QPiru1), las quebradas Minaspata (QMina1 y QMina2), y Supayhuasi (QSupa2 y QSupa3) contienen cerca del 100 % de aniones como sulfatos y más del 60 % de cationes entre sodio, determinan que pertenecen a las facies sulfatadas cálcicas y magnésicas. Esta concentración de sulfatos y el pH encontrado en estas quebradas, como se ha mencionado más arriba, tiene relación con su cercanía a las bocaminas abandonadas. Las otras quebradas, las cuales se ubican lejos de estos pasivos ambientales, como Imagina Mayu, son del tipo bicarbonatadas sódicas, o cálcica como la quebrada Collpa Mayo.
487. Del diagrama de Stiff (Figura 10-36), tenemos al grupo de polígonos que caracterizan la predominancia de iones sulfatos. En este grupo encontramos a los cuerpos de agua ubicados en la microcuenca del río Jarapampa, así tenemos a las quebradas sin nombre (QSN2), Piruacarca (QPiru1), Minaspata (QMina1 y QMina2), Supayhuasi (QSupa2 y QSupa3) y el río Jarapampa (RJara1 y RJara2). Estos diagramas (polígonos) guardan relación con lo identificado en los diagramas de Piper, donde predomina los iones sulfatos. Es importante indicar que a pesar de presentar estas características, las aguas de esta microcuenca (Jarapampa) son poco mineralizadas, la concentración más alta no supera 3 meq/L.
488. Por otro lado, todas la quebradas Piruacarca (QPiru1), Minaspata (QMina1 y QMina2), Supayhuasi (QSupa2 y QSupa3), tal como se había encontrado en Piper, las aguas son del tipo sulfatas cálcicas y, la quebrada sin nombre (QSN2) sulfatada sódica, esto se confirma también en el diagrama de Schöeller (Figura 10-38). Así también, los bofedales (Figura 10-42) son bicarbonatos sódicos, a excepción bofedal Negro Minas, el cual presenta la composición sulfatada sódica-potásica, confirmando lo encontrado en el diagrama de Piper.
489. El manantial Kanchapata (Mana7) es de facie bicarbonatada sódica y el manantial punto de captación de agua de la comunidad campesina de Chacaconiza (Mana8) es de facie bicarbonatada cálcica, de acuerdo a los diagramas de Piper y Schöeller. Aunque son aguas de muy baja mineralización, menos de 0,5 meq/L de bicarbonato.
490. Para algunos cuerpos de agua, el tipo de agua no se encuentra bien definido, y ello obedece a la muy baja concentración de los iones; sin embargo, los resultados de los diagramas Piper y Schöeller, para los cuerpos de agua de la zona I fueron satisfactorios para lo observado en el área de estudio, sobre todo para las características de los cuerpos de agua próximos a las bocaminas abandonadas.
491. Con respecto a las relaciones binarias. Tenemos muchos puntos agrupados cercanos a los ejes, (Figuras 10-43 a 10-47), comportamiento encontrado para el  $Cl^-$ , en la mayoría de los manantiales, bofedales y quebradas, de concentraciones del ion menor a 0,05 meq/L; encontrado para  $SO_4^{=}$ , en los manantiales, bofedales de concentraciones del ion menor a 0,2 meq/L; también encontrado en  $HCO_3^-$ ; de concentraciones en los bofedales, quebradas y la mayoría de manantiales menor a 0,5 meq/L. Asimismo, similar comportamiento encontrado en los cationes



*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*

mayoritarios, como Ca, Mg y Na. Comportamiento encontrado por las concentraciones muy bajas en los cuerpos de agua, lo que se traduce en alta variabilidad de los resultados, y no permitiría que se aprecie una relación entre los iones.

492. En los ríos donde se registra concentraciones significativas de los iones, se puede observar la correspondencia entre ellos, como el  $\text{Cl}^-$  con los cationes Na, Ca y Sr, donde el  $R^2$  es cercano a 1; y el  $\text{HCO}_3^-$  con los cationes Mg, Na y Sr. Por otro lado, también hay buena correspondencia entre los aniones cloruros y sulfatos en los ríos, aunque predominen los iones sulfatos (pendiente  $\gg 1$ ) por la escasa presencia de cloruros.
493. Por otro lado, se observa correspondencia entre el pH con los iones sulfato, (Figura 11-5). El pH disminuye conforme aumenta la concentración del ion sulfato. Este comportamiento es notorio en las quebradas Minaspata (Q Mina1 y Q mina2), Sin Nombre (QSN2) y Supayhuasi (QSupa2), próximo a las bocaminas abandonadas, donde se registró concentraciones significativas de sulfatos y pH ácido. Los puntos aguas abajo registraron pH mayores (ver Figura 10-1) y menores concentraciones de sulfatos. Asimismo, debe anotarse que este comportamiento, en la microcuenca de la quebrada Supayhuasi, se relaciona con las concentraciones de los metales pesados mencionados arriba, lo cual se relaciona a lo mencionado por Webster *et al.* (1998) quien manifiesta que los aportes de aguas ácidas se caracterizan por mostrar altas concentraciones de Fe y sulfatos, pH bajos y elevadas concentraciones de una amplia variedad de metales.

## Zona II

494. En la zona II tenemos a cuatro microcuencas de los ríos: Jarapampa; Isivilla, Quelcaya y Corani, como se muestra en la Figura 11-6. Así también podemos ubicar a las comunidades campesinas de Quelcaya, Corani e Isivilla y centro poblado de Aymaña.
495. En general, las microcuencas contienen aguas poco mineralizadas, con concentraciones menores a 2 meq/L, como puede verse en los diagramas de Stiff (Figura 10-36). Los pH son cercanos al valor neutral a excepción del manantial punto de captación principal de agua del centro poblado de Aymaña (Mana12) de pH ligeramente ácido y del río Corani (RCora1) de pH básico. El carácter básico del río Corani, puede ser atribuida a las concentraciones dominantes de bicarbonatos y a los cationes calcio, relación que se evidencia en la Figura 10-47, lo que se refleja en el tipo agua de acuerdo al diagrama de Piper (Figura 10-35), de facie bicarbonatada cálcica. Aguas arriba del punto RCora1, el cuerpo de agua registró un pH aproximadamente neutral, y no se evidencia alguna actividad externa que influya sobre la basicidad del agua.



*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*

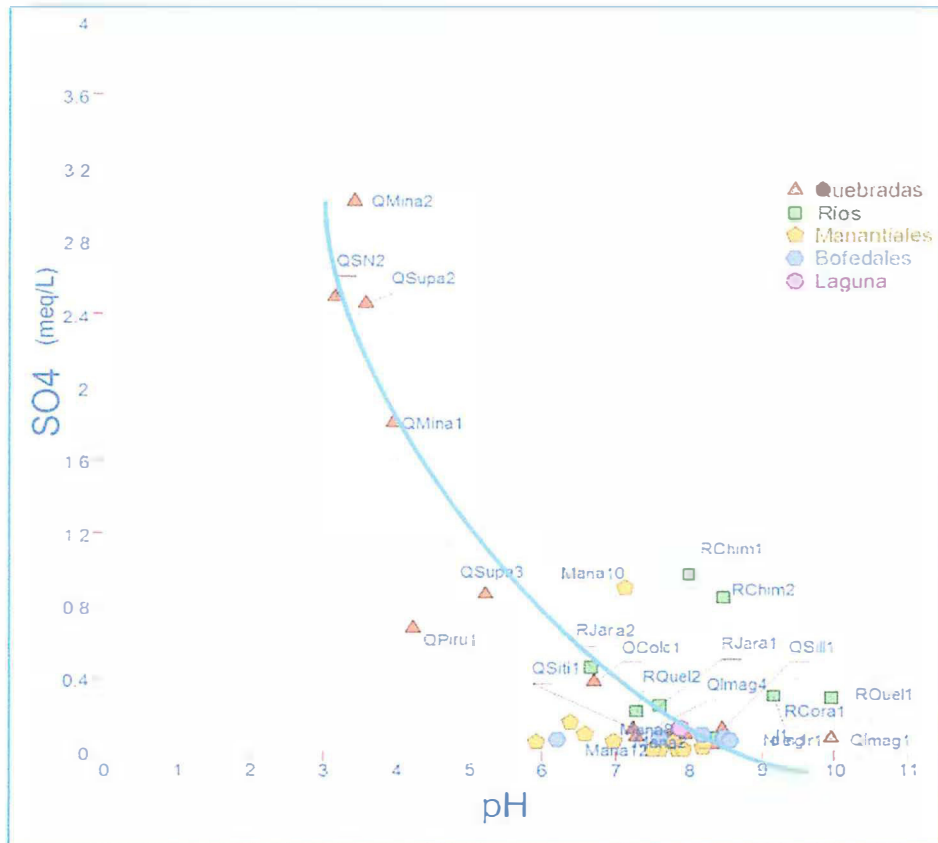


Figura 11-5. Relación pH versus Sulfatos



496. Con respecto a los metales pesados de la zona II. No se encontraron valores significativos de metales en las microcuencas en evaluación: microcuenca del río Isivilla, Quelcaya y Corani. Las concentraciones de los cuerpos de agua de estas microcuencas, no es mayor a 1,0 meq/L en la mayoría de los casos, lo que muestra la poca mineralización de la zona. Sin embargo los ríos Chimboya (RChim1 y RChim2) y el manantial Mormontone (Mana10) registran concentraciones entre 1 y 2 meq/L, los cuales siguen siendo valores bajos, aunque con mineralización más avanzada, como puede observarse en los diagramas de Stiff (Figura 10-36).

497. Por otro lado, la concentración significativa de fósforo total (Figura 10-5.) en el manantial en la zona de queñani, en centro poblado de Aymaña (Mana11) puede estar relacionado a la vegetación natural propia del lugar, como se observa en la Figura 11-6.

498. Con respecto a la evaluación de los cuerpos de agua con las ECA para agua, encontramos que la mayoría de los parámetros evaluados se encuentran dentro de los valores establecidos por el ECA. La zona II tiene la mayoría de los cuerpos de agua poco mineralizadas, y registran valores de conductividad muy bajas

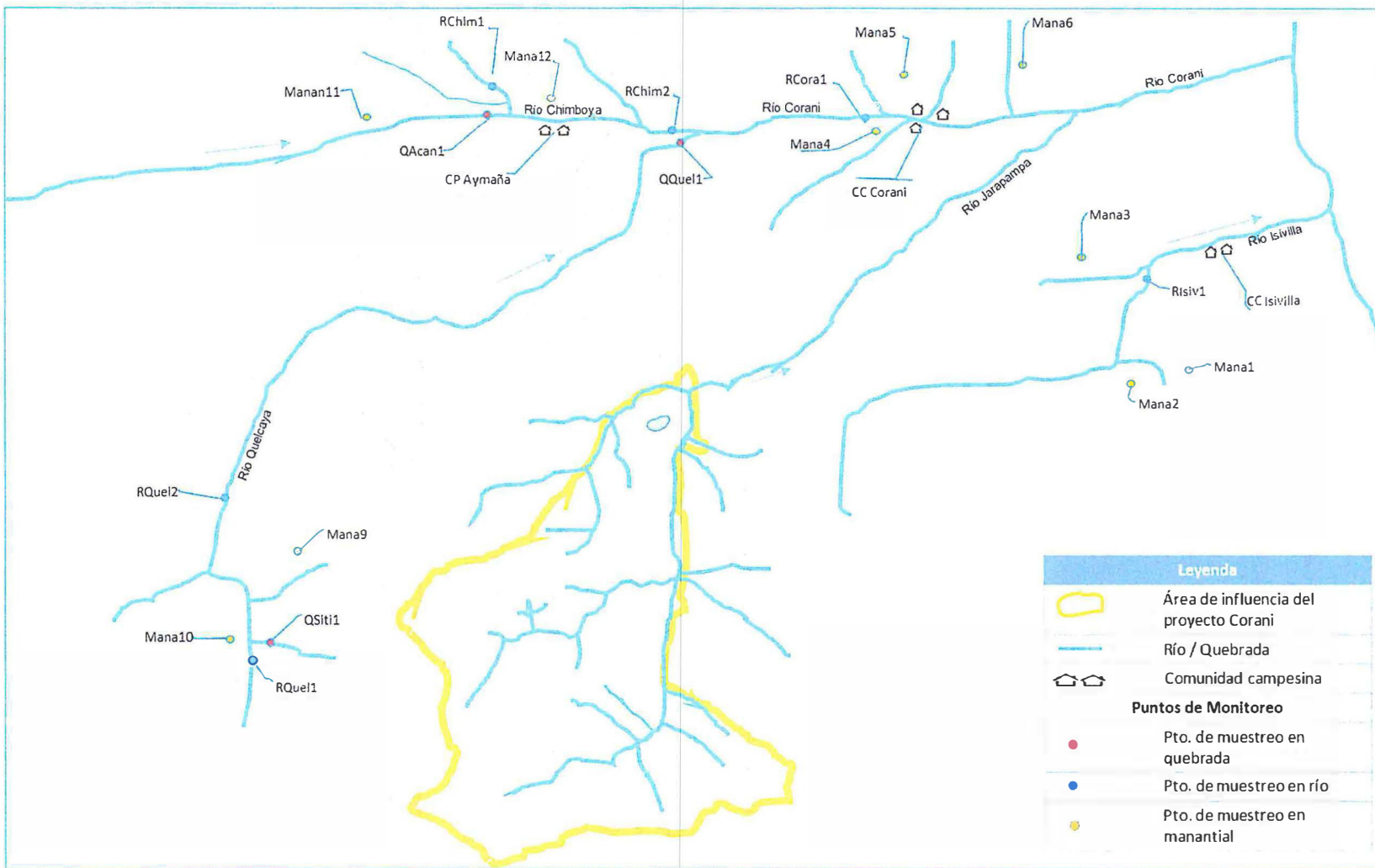


Figura 11-6. Diagrama de cuerpos de agua de la Zona II



Handwritten signature and initials.



Figura 11-7. Manantial en la zona de queuñani, en el centro poblado de Aymaña (Mana11)

499. Por otro lado, de acuerdo a la información de los representantes de las comunidades, algunos de los manantiales son utilizados como fuente de agua para consumo. Estos cuerpos de agua fueron también comparados con los ECA para agua categoría 1 - A1 de manera referencial. De la evaluación, el manantial Jahuecca (Mana 2) no cumplió en oxígeno disuelto y berilio, el manantial Iswarccota (Mana3) excedió en fósforo total y oxígeno disuelto; el manantial Mormontone (Mana10), no cumplió en oxígeno disuelto y en hierro total, el manantial Cumapata (Mana4) no cumplió en arsénico total y fósforo total; el manantial en la zona de queuñani, en el centro poblado de Aymaña (Mana11) no cumplió en fósforo total y el manantial de captación principal de agua del centro poblado de Aymaña (Mana12), no cumplió en pH. Adicionalmente, se evaluó a los manantiales de la zona II, con el ECA para agua, categoría 1 - A2<sup>62</sup> de manera referencial. De la evaluación, los puntos Mana4, no cumplió en arsénico total y fósforo total; Mana10 no cumplió en oxígeno disuelto y arsénico total y; Mana11, no cumplió en fósforo total, por lo que estarían incumpliendo con esta categoría.

500. Del diagrama Piper (Figura 10-35), de los cuerpos de agua de la zona II, la concentración de los aniones es mayormente de bicarbonatos (ver círculo celeste) y, solo una muestra de composición mayoritaria de sulfatos y una de cloruros. Con respecto a los cationes, no hay composiciones más definidas, aunque se inclina hacia el sodio y menos de calcio, y es notorio la pobre presencia de magnesio. A

<sup>62</sup> ECA para agua-2017, categoría 1, subcategoría A2: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional: Entiéndase como aquellas aguas destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano, sometidas a un tratamiento convencional, mediante dos o más de los siguientes procesos: Coagulación, floculación, decantación, sedimentación, y/o filtración o procesos equivalentes; incluyendo su desinfección, de conformidad con la normativa vigente.



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Organismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental - OEFA

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

causa de estas composiciones, en la zona II predomina las facies bicarbonatadas sódicas (círculo rojo) y las bicarbonatadas cálcicas.

501. Las quebradas de la zona II (QSiti1, QQuel1 y QAcana1) son de facies bicarbonatadas sódicas de acuerdo los diagramas de Piper (Figura 10-35), así como de los diagrama de Schöeller, (Figura 10-40). De los diagramas de Stiff, no se pueden definir con claridad, debido a la muy baja mineralización de los cuerpos de agua, aunque se nota una ligera inclinación hacia los bicarbonatos (Figura 10-36).
502. Los manantiales de la zona II son mayormente de facies bicarbonatadas sódicas y en menor cantidad de facies bicarbonatadas cálcicas (Figura 10-35). Es notorio el tipo de agua del manantial Cumapata (Mana4), de facies casi 100% bicarbonatada sódica. Esta ubicación se corrobora con las concentraciones en su mayoría de sulfatos y sodios. Así también, los diagramas de Stiff (Figura 10-36) y de Schöeller (Figura 10-42) confirman la predominancia de los iones mencionados. Por otro lado el manantial en la zona de queuña, en el centro poblado de Aymaña (Mana11), se ubica en la facie mixta entre clorurado sódico y clorurado cálcico (círculo celeste de la Figura 10-35). A pesar de contener poca mineralización, el diagrama de Stiff, muestra el modelo de las aguas cloruradas (Figura 10-36), así también, el diagrama de Schöeller (Figura 10-42), muestra claramente la dominancia de los iones cloruros. La preferencia de cloruros en el manantial no pudo ser atribuida a alguna fuente externa, por lo que, probablemente pueda deberse a aportes naturales.
503. Los ríos de la zona II, no presentan dominancia por alguna facie, así tenemos las facies bicarbonatadas cálcicas para el río Isivilla (RIsiv1) y bicarbonatadas sódicas para los ríos Quelcaya (RQuel2) y Corani (RCora1). Por otro lado, el comportamiento del río Quelcaya (RQuel1), que aguas arriba, es facie sulfatado sódico (límite con cálcico) y aguas abajo, después del ingreso de tres tributarios (quebradas) cambia a facie bicarbonatada cálcica. Este cambio tiene relación con el ingreso de tributarios que contienen iones bicarbonatos relativamente mayores que los sulfatos. Este cambio de facie también podemos verlo en los diagramas de Stiff (Figura 10-36), el polígono se amplía hacia los iones de bicarbonatos y calcio, adicionalmente se aprecia el aumento poco significativo de la mineralización en el río Quelcaya.

504. Para algunos cuerpos de agua de la zona II, la predominancia de los iones no está bien definido, y ello obedece a la muy baja concentración de los iones, sin embargo, los gráficos combinados de los diagramas Piper, Stiff y Schöeller, para los cuerpos de agua en estudio, fueron satisfactorios para lo observado, y acordes al comportamiento de algunos cuerpos de agua.

## 11.2. Calidad de sedimento

505. Los bofedales Minaspata (SED-BMina2 y SED-BMina3) se ubican próximos a las bocaminas abandonadas. Este último, contiene metales en concentraciones muy significativas, y se encuentra más cerca a las bocaminas abandonadas. Adicionalmente los bofedales Negrominas (SED-BNegr1) y Sornahuiña (SED-BSorn1) que se encuentran más alejados de las bocaminas, registran concentración de metales poco significativos como puede verse en Figuras 11-8 al 11-12, lo que se sugiere que las concentraciones de metales en sedimento en el punto SED-BMina3 esté relacionado con las bocaminas abandonadas.

506. Las quebradas Sin Nombre (SED-QSN2), Piruacarca (SED-QPiru1) y Minas Pata (SED-QMina1), se encuentran próximos a las bocaminas abandonadas. La



P  
D

4  
2  
H  
1



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Centro Nacional de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental - OEFA

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

quebrada Sin Nombre (SED-QSN2), contiene mayores concentraciones de metales, y se encuentra más próximo a las bocaminas abandonadas que las otras dos, lo que se sugiere que los valores registrados de metales en el sedimento de las quebradas, estén relacionados con su proximidad a las bocaminas abandonadas.

507. Algunos de los metales de significancia ambiental que presentaron este comportamiento: arsénico, cadmio, cromo, manganeso, plomo y; zinc. Con concentraciones significativas; cobre, con concentraciones moderadamente significativas. Estos comportamientos de los metales en el sedimento pueden ser comparados con los metales en los cuerpos de agua en el mismo punto de muestreo.
508. En esta sección, se realizará la comparación de los metales totales obtenidos para sedimento y los metales totales obtenidos para agua. Se considerará para la evaluación los metales más característicos y aquellos que hayan registrado concentración significativa. Para la comparación, se tomará en cuenta los mismos puntos de muestreo, tanto para agua como para sedimento.
509. A continuación, en las Figuras 11-8 al 11-12, tenemos los comportamientos de los metales en los dos componentes (agua y sedimento) para el mismo punto de muestreo. Debe anotarse que las escalas para cada componente son diferentes, así como las unidades de concentración están en mg/Kg para sedimento y mg/L para la concentración de las aguas.
510. Se observa en general, que tanto en los cuerpos de agua como en sedimento, los metales presentan comportamiento similar a lo largo de las quebradas de la microcuenca de Supayhuasi. En sedimento, a partir del bofedal Minaspata (BMin2), las concentraciones de metales pesados, como cadmio, cobre, manganeso, plomo y zinc aumentan significativamente. A diferencia de las muestras de agua (para los mismos puntos de sedimento), las concentraciones de los metales mencionados arriba, aumentan a partir de la quebrada Sin Nombre (QSN2).
511. En los puntos de sedimento de los bofedales Minaspata (BMin2 y BMin3), se observa altas concentraciones de cobre, cadmio, manganeso, plomo y zinc. A diferencia de las aguas, donde las concentraciones de los metales es menor a 1 mg/L y en algunos casos, inclusive menor al límite de cuantificación analítico. Mostacer (2008), manifiesta que los bofedales son un grupo especial de humedales, los cuales se encuentran en la zona alto andina a más de 3 500 msnm y se caracteriza por ser superficies cubiertas de agua y tener la capacidad depuradora<sup>63</sup>. Esta capacidad de depuración puede estar relacionada a la ausencia o disminución significativa de los metales en los cuerpos de agua y la acumulación de estos en el sedimento. Asimismo, debe señalarse que el desarrollo del monitoreo se ejecutó durante la época de estiaje y el movimiento mínimo de sus aguas le permite al bofedal la remoción de los metales pesados de sus aguas y estas a su vez probablemente en esta época del año, no tengan mayor influencia de las aguas de mina provenientes de las bocaminas próximas.
512. La calidad de agua y sedimento en la quebrada Sin Nombre (QSN2), contienen concentraciones significativamente altas de metales como: Cobre, manganeso y plomo (Figuras 11-8, 11-9 y 11-10), y están próximas a las bocaminas abandonadas. Aguas abajo de la quebrada Sin Nombre (QSN2) se ubican las quebradas Minaspata

<sup>63</sup> Mostacer J.; Ramirez R.; Mejía F (2008), Caracterización biológica, física y química de los Humedales altoandinos de la Libertad, Trujillo, Perú.



(QMina1 y QMina2), cuyo sedimento registra concentraciones bajas de metales pesados, comparadas con el punto QSN2. Este comportamiento es similar en las aguas para el punto QMina1, en los metales como cadmio, cobre y zinc. Aguas abajo de la quebrada Minaspatá, se ubica la quebrada Supayhuasi (QSupa2 y QSupa3), de las que se esperaba que las concentraciones de los metales en sedimento se mantengan o sean menores a los registrados en el sedimento de la quebradas de Minaspatá; sin embargo, las concentraciones de metales en el sedimento de la quebrada Supayhuasi, aumenta significativamente como se observa en las Figuras 11-8 a 11-11.

513. En los puntos de muestreo de la quebrada Minaspatá, el sedimento presentó textura areno gravoso (clasificación de Wentworth)<sup>64</sup>. Por otra parte, el tipo de sustrato es determinante en la fijación de los metales y depende del contenido arcilloso del sedimento, los cuales tienen capacidad de intercambio catiónico (CIC) alto, el tamaño de partícula fina tiene mayor superficie y ello implica un aumento de la CIC lo que ayuda a aumentar la superficie de carga, por lo que los sustratos arcillosos tienen la capacidad de retener a los metales pesados<sup>65</sup>, a diferencia de los sustratos con poco o nulo contenido de arcilla, los cuales no presentan esta capacidad, lo que se relaciona con la escasa concentración de metales en el sedimento de la quebrada Minaspatá (QMina1 y QMina1), como si se observa en los puntos aguas arriba y aguas abajo.

514. Por otro lado, se esperaba que las concentraciones de la calidad de agua en el punto QMina2 sea similar o menor que en el punto QMina1, tal como sucede en el sedimento; sin embargo, las concentraciones aumentan para la mayoría de los metales en el punto QMina2. Igual comportamiento se observa en la quebrada Supayhuasi (QSupa2), que a pesar de recibir las aguas de la quebrada Intisayana, que no registra valores para la mayoría de los metales, mantiene altas concentraciones de metales. Como se había visto en calidad de agua (Zona I), las aguas en los puntos QMina1 y QSupa2, tienen carácter ácido, y significativa concentración de sulfatos y sólidos. Estos comportamientos de pH y de los metales, asociados a las concentraciones de sulfatos en los puntos QMina1 y QSupa2, podría atribuirse a la presencia de drenajes ácidos próximos a estas áreas. Las altas concentraciones de metales pesados en las aguas de corrientes fluviales asociados a sulfuros tales como el As, Cd, Cu, Pb y Zn pueden atribuirse a la minería y son causa del fuerte impacto en el medio ambiente (Salomons, 1995). Lo que tendría relación con las altas concentraciones de metales en aguas de los puntos QMina2 y Qsupa2, y de las altas concentraciones de metales en sedimento en los puntos QSupa2 y Qsupa3.



P  
Q

K  
8  
H  
7

<sup>64</sup> N.P. Chotiros, Acoustics of the Seabed as a Poroelastic Medium, SpringerBriefs in Oceanography, DOI 10.1007/978-3-319-14277-7\_2

<sup>65</sup> Estudio sobre metales pesados en sedimentos en la cuenca del Jequetepeque, Perú, file:///C:/Users/Miguel%20Marcelo/Downloads/Estudio%20de%20metales%20pesados%20en%20sedimentos%20de%20la%20cuenca%20del%20Jequetepeque.pdf

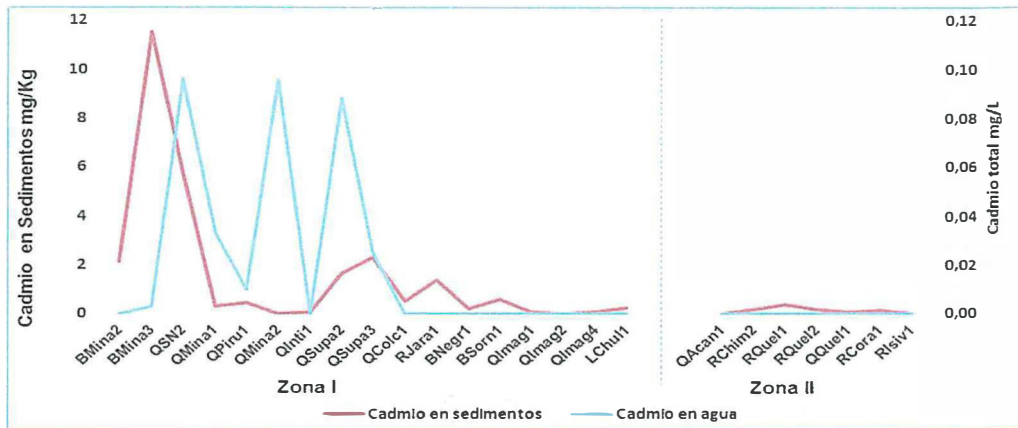


Figura 11-8. Cadmio en sedimento versus cadmio total en agua

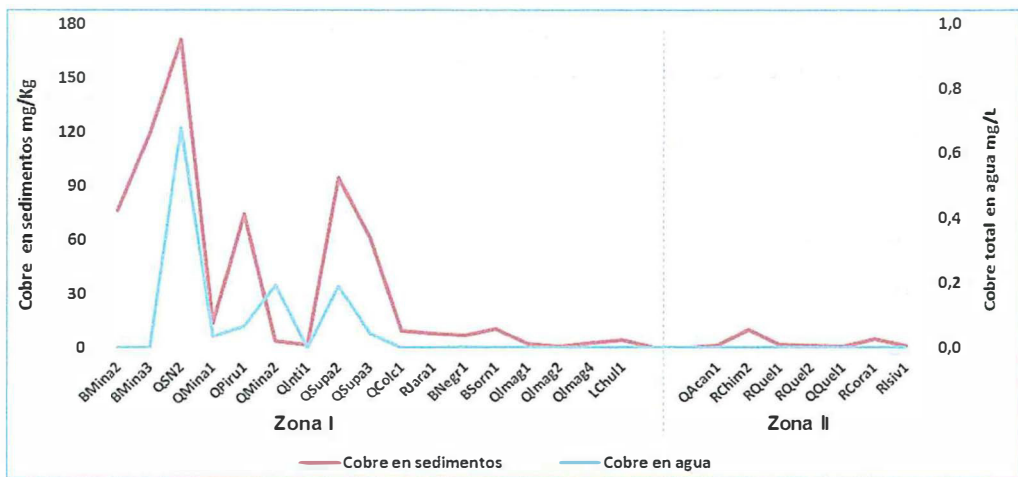


Figura 11-9. Cobre en sedimento versus cobre total en agua

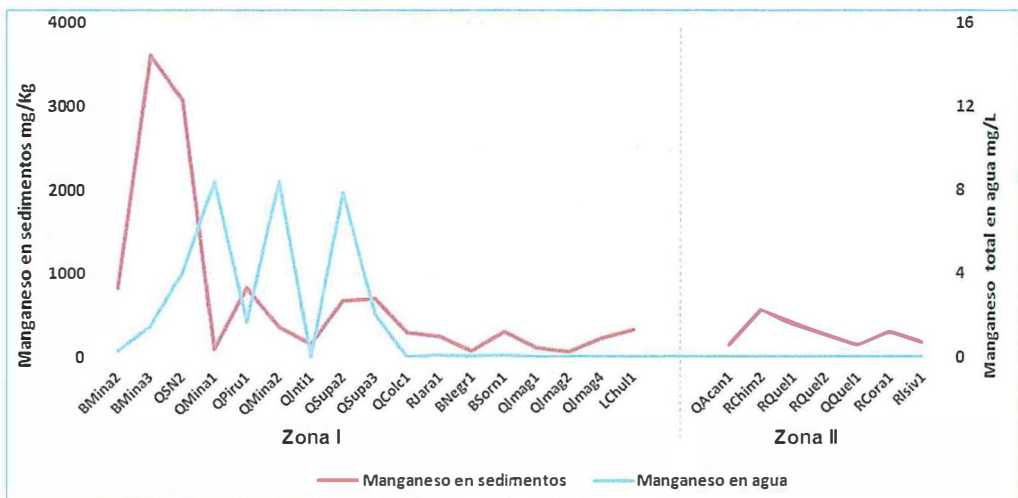


Figura 11-10. Manganeso en sedimento versus manganeso total en agua



*[Handwritten signatures and initials in blue ink]*

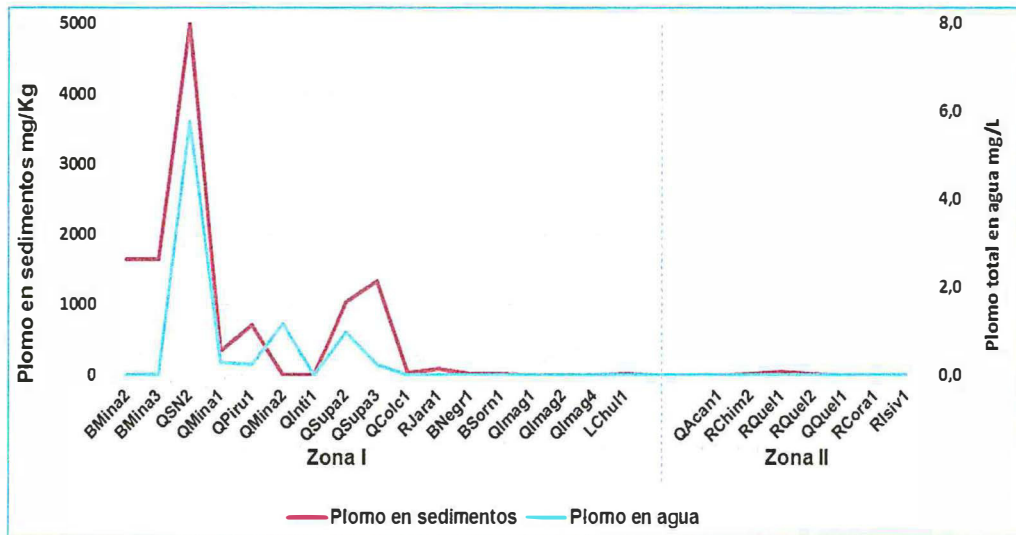


Figura 11-11. Plomo en sedimento versus plomo total en agua

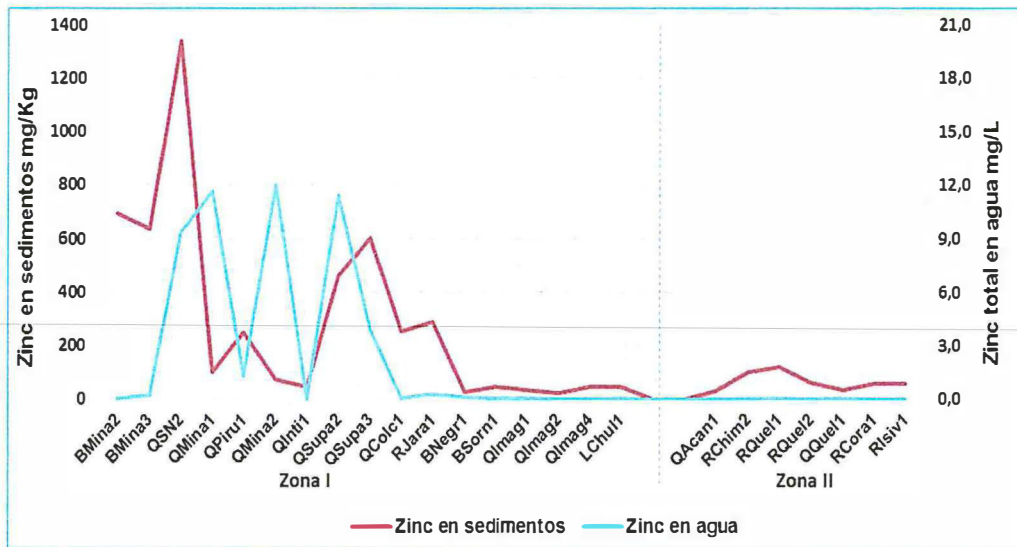


Figura 11-12. Zinc en sedimento versus zinc total en agua



Handwritten notes and signatures in blue ink, including a large 'P', a 'Q', and a vertical list of characters 'K', 'J', 'H', '1'.

### 11.3. Comunidades hidrobiológicas

515. Con respecto al perifiton, se ha encontrado que Bacillariophyta y Cyanobacteria fueron los phyla dominantes tanto en riqueza como en abundancia en todos los sistemas hidrológicos, lo cual es una condición muy común en los ríos tal como lo describe Jorgensen (2009). No obstante, también se encontraron taxa pertenecientes a los phyla Criptophyta, Ochrophyta, Chlorophyta y Charophyta, aunque en escaso número.

516. Las microalgas pertenecientes a la comunidad del perifiton están compuestas por un gran número de especies con diversas preferencias ecológicas (Van Dam *et al.* 1994), y esto es debido a su corto ciclo de vida y a la posición que ocupan en la cadena trófica, siendo consideradas poderosos indicadores biológicos. De acuerdo al análisis de las microalgas, el phylum Bacillariophyta (diatomeas) fue dominante en la zona I: Microcuenca del río Jarapampa, así como en la zona II: Microcuencas de los ríos Corani e Isivilla, seguido del phylum Cyanobacteria. La importancia de

estudios del grupo de diatomeas radica en que permiten integrar cambios de la calidad del agua durante un periodo de hasta dos meses, tiempo en el que la comunidad de diatomeas es considerada madura, reflejando así la calidad del agua de los dos meses anteriores a la fecha del muestreo (Confederación Hidrográfica del Ebro, 2005). Con ello, a través del análisis de esta comunidad se evidenció una disminución de la riqueza y abundancia en los puntos de muestreo de códigos HID-SN2, HID-QSupa2 e HID-QSupa3, probablemente debido a los valores del pH del agua registrados en dichos puntos, cuyos valores son 3,16, 3,59 y 5,22 respectivamente.

517. Dentro de los macroinvertebrados bentónicos destacó el orden Diptera y la familia Chironomidae en la microcuenca Jarapampa, esto puede estar atribuido a la actividad antropogénica cercana a los puntos de muestreo; sin embargo, en la zona aledaña se encontró que los ordenes dominantes fueron Diptera, Coleoptera y Ephemeroptera, los cuales son indicadores de buena calidad de agua, sobre todo los Ephemeroptera.
518. Al comparar la diversidad y abundancia de las dos zonas de estudio, se puede apreciar que en la zona I: Microcuenca del río Jarapampa presenta menos abundancia y diversidad de taxa, en comparación con las zonas aledañas a esta microcuenca, ocasionado probablemente a las características de los sustratos que fueron mayormente rocas y a la acidez de las aguas, que no permitieron el adecuado desarrollo de estos organismos en esta zona.

#### 11.4. Calidad de suelo

519. El Perú en la actualidad cuenta con estándares de calidad ambiental de suelo para uso residencial, agrícola y extractivo, para los siguiente metales arsénico, bario, cadmio, mercurio y plomo, y debido que todos los puntos de monitoreo de suelos fueron establecido en suelos de uso agrícola, se realizó una comparación de los valores encontradas con los ECA.
520. En la Tabla 11-1, se muestra las concentraciones establecidos para arsénico, cadmio, bario y mercurio en el ECA de suelos (DS 011-2017) para uso agrícola.

**Tabla 11-1.** Valores establecidos en el ECA para suelo de uso agrícola

Metales totales	ECA Suelos de uso agrícola (mg/kg PS)
Arsénico	50
Bario	750
Cadmio	1,4
Mercurio	6,6
Plomo	70

521. A continuación se mencionan algunas concentraciones geoquímicas normales y anómalas de elementos en el suelo.



*[Handwritten signature and initials]*

**Tabla 11-2.** Concentraciones geoquímicas normales y anómalas de algunos elementos traza en suelos

Elemento	Rango normal(mg/kg)	Concentraciones anómalas (mg/kg)
Arsénico	<5 – 40	Hasta 2 500
Cadmio	<1 – 2	Hasta 30
Cobre	<60	Hasta 2 000
Molibdeno	<1 -5	10 – 100
Níquel	2 – 100	Hasta 8 000
Plomo	10 – 150	10 000 o mas
Selenio	<1 - 2	Hasta 500
Zinc	25 - 200	10 000 o mas

Fuente: Bowie & Thornton, 1985

522. A continuación se presentan las gráficas de los elementos metálicos que superaron el ECA para suelos de uso agrícola en al menos un punto de control.



**Figura 11-13.** Concentración de cadmio en los puntos de muestreo de suelos en la comunidad campesina Quelcaya

523. De los once puntos de monitoreo de calidad de suelos solo se observó que la concentración de cadmio en los puntos SUE-QUE-3 (1,55 mg/kg PS) y SUE-QUE-4 (1,75 mg/kg PS) excedieron el valor de los ECA para suelo de uso agrícola (1,4 mg/kg PS), también se observa que las mayores concentraciones se encuentran en la zona geológica formación Quenamari miembro Chacaconiza (Nm-ch).



*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*



**Figura 11-14.** Concentración de plomo en los puntos de muestreo de suelos en la comunidad campesina Quelcaya

524. De los once puntos de monitoreo de calidad de suelos solo se observa que las concentración de cadmio en el punto SUE-QUE-3 (76,10 mg/kg PS) excedió el ECA para suelo de uso agrícola (70 mg/kg PS); asimismo, las mayores concentraciones de este metal se encuentran en la zona geológica formación Quenamari miembro Chacaconiza (Nm-ch).

525. Del análisis de las figuras 11-13 y 11-14, se infiere que el plomo y cadmio tienen una relación directa en la formación Quenamari miembro Chacaconiza, esta formación es la misma en la cual se encuentra establecida parte de los componentes mineros del proyecto minero Corani, el cual tendrá como principal actividad la extracción de plata y plomo a atajo abierto. Por lo general el oro y plata en forma diseminada se encuentra relacionado a yacimientos polimetálicos de plomo y zinc. En cuanto al cadmio, este metal está presente en minerales con contenido de zinc como la blenda.

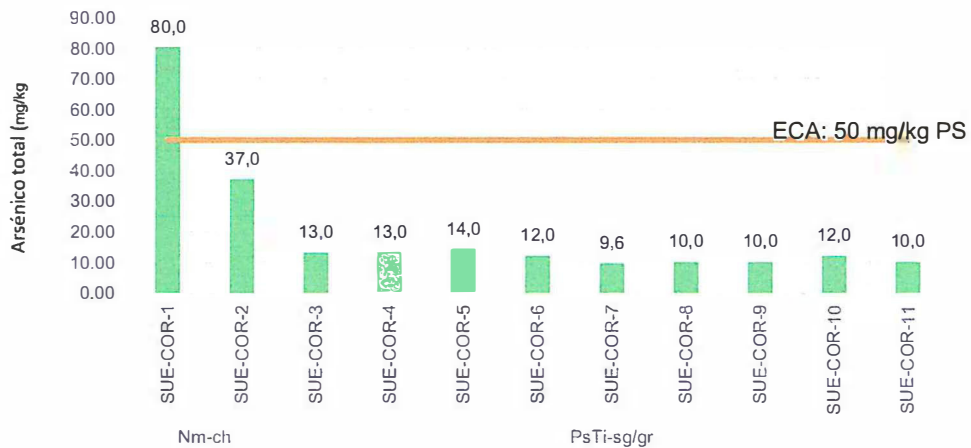
526. Por lo antes expuesto y al no haber actividades antropogénicas en la zona que utilicen el plomo o cadmio, se puede atribuir que las concentraciones de cadmio y plomo en la zona tienen un origen natural.

527. De los once puntos de monitoreo de calidad de suelos solo se observa que las concentración de arsénico en el punto SUE-COR-1 (80 mg/kg PS) excedió el ECA para suelo de uso agrícola (50 mg/kg PS), también se observa que las mayores concentraciones de este metaloide se encuentran en la zona geológica formación Quenamari miembro Chacaconiza (Nm-ch).

528. Los puntos de muestreo SUE-COR 1 y SUE-COR 2, se encuentran en tierras de cultivo y pastoreo, estos suelos no presentan alteración por actividades antropogénicas y dado que, los pobladores no usan ninguna sustancia como agroquímicos, pesticidas para la agricultura, por lo que se puede deducir que la concentración de arsénico en esta zona tiene un origen natural.



*[Handwritten signatures and initials in blue ink]*

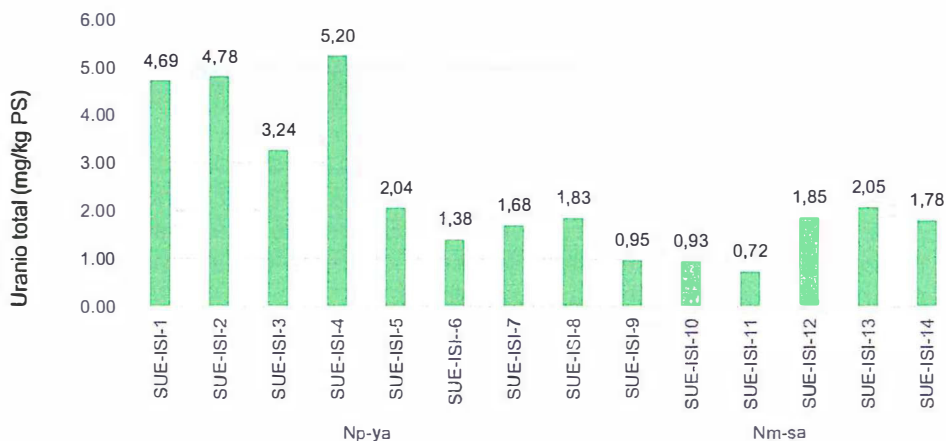


**Figura 11-15.** Concentración de arsénico en los puntos de muestreo de suelos en la comunidad campesina Corani - Aconsaya

529. Debido que, la zona de estudio se ha desarrollado diversos proyectos de exploración minera de uranio, en el presente capítulo se discutirá el contenido de uranio encontrado durante el estudio en las áreas de pastoreo de las comunidades campesinas y centro poblado.

530. La concentración promedio de uranio en la corteza terrestre es 2,7 mg/kg, y la elevada concentración de uranio, puede deberse a la presencia de minerales con contenido de uranio como la pitchblenda, uranita y autinita los cuales tienen concentraciones entre 0,5 y 4,7 mg/kg (Langmuir, D., 1997).

531. Estudios realizados por el Ingemmet indican que el área de Macusani es una zona con presencia de uranio, en sus formaciones geológicas de origen volcánico. El Boletín N° 23 Serie B del Ingemmet menciona que los resultados geoquímicos superan los 1 000 mg/kg de concentración de uranio en zonas mineralizadas, mientras que zonas consideradas frescas (poco mineralizadas) las concentraciones de uranio se encuentran entre los 5 y 50 mg/kg.



**Figura 11-16.** Concentración de uranio en los puntos de muestreo de suelos en la comunidad campesina Isivilla

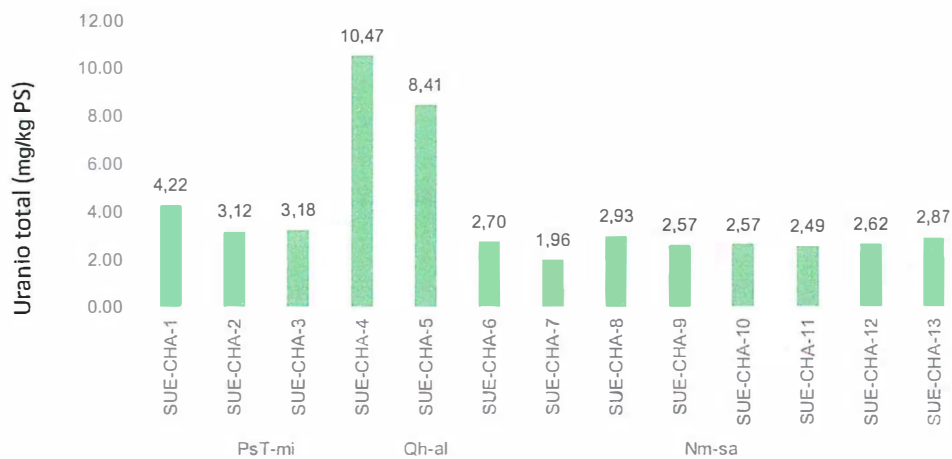


P

O

K  
J  
E  
1

532. Las mayores concentraciones de uranio en la comunidad campesina Isivilla se encuentran en la zona geología formación Quenamari miembro Yapamayo, zona donde la empresa Macusani Yellowcake Inc, realizo trabajo de exploración minera para uranio
533. Como se ha mencionado arriba, el uranio en la corteza terrestre presenta un valor promedio de 2,7 mg/kg, este valor promedio en el monitoreo de la zona de pastoreo de la comunidad campesina Isivilla, fue superado en cuatro puntos de monitoreo SUE-ISI-01, SUE-ISI-02, SUE-ISI-03 y SUE-ISI-04.



**Figura 11-17.** Concentración de uranio en los puntos de muestreo de suelos en la comunidad campesina Chacaconiza

534. En la Figura 11-17 se observa que la concentración de uranio excedió al valor promedio (2,7 mg/kg) de la concentración en la corteza terrestre en 8 puntos evaluados en la comunidad campesina de Chacaconiza. Donde las mayores concentraciones fueron registrados en los puntos SUE-CHA 4 (10,47 mg/kg PS) zona geológica Grupo Mitu y SUE-CHA 5 (8,41 mg/kg PS) zona geológica de depósitos aluviales, ambos puntos ubicados dentro del área de influencia ambiental directa del proyecto minero Corani.



P  
9  
K  
J  
H  
1

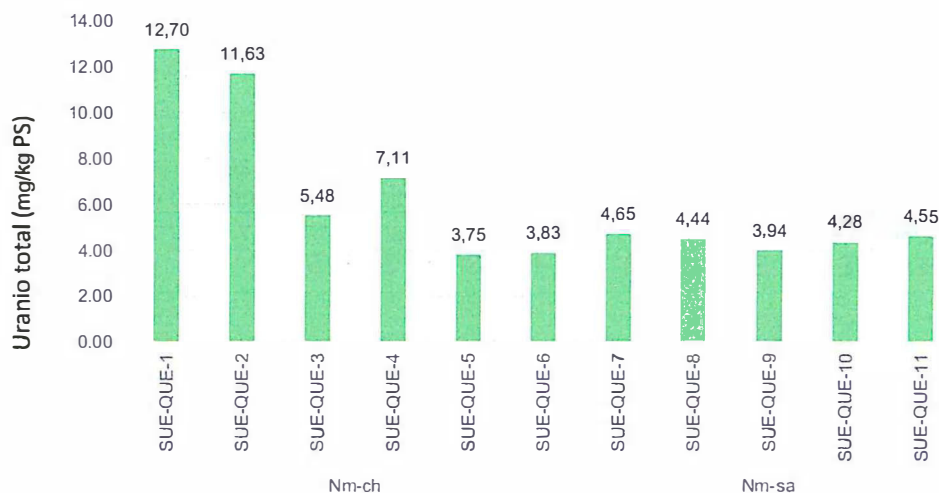


Figura 11-18. Concentración de uranio en los puntos de muestreo de suelos en la comunidad campesina Quelcaya

535. En la Figura 11-18 se observa que la concentración de uranio excedió al valor promedio (2,7 mg/kg) de la concentración en la corteza terrestre en 11 puntos evaluados. Donde los mayores valores fueron registrados en los puntos SUE-QUE 1 (12,7 mg/kg PS) y SUE-QUE 2 (11,63 mg/kg PS), ambos puntos ubicados dentro del área de influencia ambiental directa del proyecto minero Corani y en la zona geológica formación Quenamari miembro Chacaconiza.



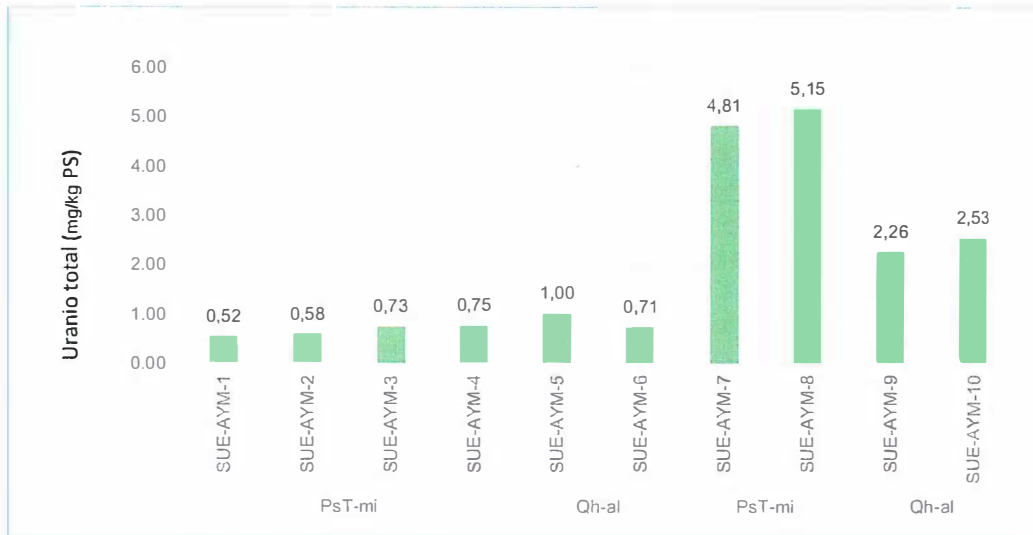
Figura 11-19. Concentración de uranio en los puntos de muestreo de suelos en la comunidad campesina Corani - Aconsaya

536. En la figura 11-19 se observa que la concentración de uranio excedió al valor promedio (2,7 mg/kg) de la concentración en la corteza terrestre en 11 puntos evaluados. Donde el mayor valor fue registrado en el punto SUE-COR 1 (6,7 mg/kg PS) en la geología formación Quenamari miembro Chacaconiza (Nm-ch), la zona geológica de rocas intrusivas también presentó valores de concentración de uranio altos.



*P*  
*G*

*R*  
*J*  
*H*  
*1*



**Figura 11-20.** Concentración de uranio en los puntos de muestreo de suelos en el centro poblado Aymaña.

537. En la figura 11-20 se observa que la concentración de uranio excedió al valor promedio (2,7 mg/kg) de la concentración en la corteza terrestre en 2 puntos evaluados. Donde la mayor concentración fue registrado en los puntos SUE-AYM 7 (4,81 mg/kg PS) y SUE-AYM 8 (5,15 mg/kg PS) en la zona geológica grupo Mitu.

538. De las figuras 11-16 al 11-20, se observa las concentraciones de uranio, que los puntos ubicados en la geología de formación Quenamari y grupo Mitu, presentan las mayores concentraciones de uranio, estas geologías están relacionadas a la ubicación de los componentes mineros del proyecto minero Corani (ver Anexo de mapas) y a los estudios realizados por el Ingemmet dentro de la zona de Macusani donde se menciona que los valores de uranio en lugares frescos (no mineralizados) está comprendida entre 5 a 50 mg/kg.



## 12. CONCLUSIONES

### 12.1. Calidad de agua

#### Zona I

- i. En la zona I, en la microcuenca Imagina Mayu, las concentraciones para todos los parámetros evaluados son menores a 0,5 meq/L y no se ha observado algún metal que tenga concentración significativa, y el pH para todas las quebradas muestran valores ligeramente alcalinos, lo que determina que las aguas de estas quebradas sean de muy baja mineralización. Adicionalmente, de acuerdo al diagrama Piper y Schöeller, estas aguas son de facies bicarbonatadas sódicas.
- ii. Los bofedales BMina1, BMina2, BSN1 y BMina3 se ubican próximos a las bocaminas abandonadas. Este último bofedal (BMina3) más cercano a las bocaminas y de pH ligeramente ácido y concentración de metales poco significativa estén relacionados a su proximidad a las bocaminas abandonadas. Asimismo las quebradas QSN2, QPiru1 y QMina1, próximos a las bocaminas abandonadas, mostraron valores de pH más ácido y concentraciones de metales conforme se



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

ubicar más próximos a las bocaminas abandonadas, lo que sugiere que los valores registrados de pH y los contenidos de metales en las quebradas, estén relacionados con su proximidad a las bocaminas abandonadas. La quebrada QSN2 registró los valores más significativos de metales en comparación de las otras quebradas, y se encuentra más próxima a la bocamina abandonada. Los bofedales B Mina1, B Mina2, BSN1 y B Mina3 se ubican próximos a las bocaminas abandonadas, al igual que las quebradas QSN2, QPiru1 y QMina1, sin embargo registraron concentraciones poco significativas de metales en comparación con los encontrados en las quebradas.

- iii. Conforme se avanza aguas abajo a través de la microcuenca de Supayhuasi, el pH aumenta, y la concentración de los metales disminuye, por el ingreso de quebradas con característica ligeramente básicas y de cantidades de metales muy bajas o no detectables, sin embargo, aguas abajo de QMina1, la quebrada Minaspata recibe las aguas de la quebrada Piruacarca de cantidades similares de metales al registrado en QMina1, por lo que se esperaría que en QMina2, la concentración sea similar o menor que QMina1, sin embargo, las concentraciones aumentan para la mayoría de los metales. Igual comportamiento se observa en QSupa2, que a pesar de recibir las aguas de la quebrada Intisayana, de pH básico y no registrar valores para la mayoría de los metales, QSupa2 mantiene concentraciones altos de metales y pH ácido, lo que podría atribuirse a la presencia de drenajes ácidos próximos a estas áreas.
- iv. Los cuerpos de agua de la microcuenca de Jarapampa mayormente son de muy baja conductividad y de baja mineralización, sin embargo por la presencia de analitos específicos (como fósforo total, cobre, plomo, zinc, talio y cadmio disuelto) de concentraciones significativas, los cuerpos de agua como las quebradas denominadas QSN2, Qmina1, Qpiru1, QMina2, QInti1, QSupa2, QEsca1, QSupa3 y QImag4; los ríos denominados RJara1 y RJara2 y; los manantiales denominados Mana7 y Mana8, no cumple con los ECA-2017 para agua Cat 4, E2<sup>66</sup>. De igual manera, los bofedales denominados BNegr1, BSN1, B Mina1, B Mina2 y B Mina3, y la laguna LChul1, no cumple con los ECA-2017 para agua Cat 4, E1<sup>67</sup>.
- v. Los manantiales Mana7 y Mana8 son usados por los pobladores como fuente de agua para consumo, los cuales son usados directamente sin tratamiento convencional adicional. Por lo que fueron comparados con los ECA para agua categoría 1, A1<sup>68</sup>. De la evaluación, el manantial denominado Mana7 no cumple en oxígeno disuelto y fósforo total y el manantial denominado Mana8 no cumple en pH, arsénico total y fósforo total, en consecuencia los manantiales Mana7 y Mana8 no cumplen con la categoría 1, subcategoría A1: Aguas que pueden ser potabilizados con desinfección. Adicionalmente se evaluó a los dos manantiales con el ECA para agua, categoría 1, A2<sup>69</sup>. De esta evaluación, el manantial denominado Mana7



P

G

K  
J  
H  
1

<sup>66</sup> Decreto Supremo 004-2017-MINAM, ECA para agua. Categoría 4 "Conservación del ambiente acuático", subcategoría E2: Ríos, "Entiéndase como aquellos cuerpos naturales de agua lóticos, que se mueven continuamente en una misma dirección."

<sup>67</sup> Decreto Supremo 004-2017-MINAM, ECA para agua. Categoría 4 "Conservación del ambiente acuático", subcategoría E1: Lagunas y lagos, "Entiéndase como aquellos cuerpos naturales de agua lénticos, que no presentan corriente conituna, incluyendo humedales."

<sup>68</sup> Decreto Supremo 004-2017-MINAM, ECA para agua. Categoría 1, subcategoría A1: Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección: Entiéndase como aquellas aguas que, por sus características de calidad, reúnen las condiciones para ser destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano con simple desinfección, de conformidad con la normativa vigente.

<sup>69</sup> Decreto Supremo 004-2017-MINAM, ECA para agua. Categoría 1, subcategoría A2: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional: Entiéndase como aquellas aguas destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano, sometidas a un tratamiento convencional, mediante dos o más de los siguientes procesos:

Av. Faustino Sánchez Carrión N° 603  
Jesús María - Lima, Perú  
Telf. (511) 204 9900

[www.oefta.oefta.pe](http://www.oefta.oefta.pe)



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Organismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental - OEFA

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

estaría cumpliendo con esta categoría; y el manantial denominado Mana8 no cumpliría con esta categoría para el parámetro arsénico.

- vi. Considerando una mayor cantidad de iones (mayoritarios y no mayoritarios) para la evaluación del error de balance iónico (E.B.I.), se pudo obtener un mejor acercamiento al valor real, sin embargo algunos valores de E.B.I. se mantuvieron por encima del ( $\pm 10\%$ ), por la falta de alguno iones no analizados y/o a la característica ácida de la muestra, asimismo debido a la cantidad poco mineralizada de la muestra, que en muchos la suma de iones fueron menores a 1,0 meq/L. Por otro lado, la correlación de aniones y cationes obtuvo un coeficiente de correlación de 0,97 y pendiente igual a 1,0099, lo que determinó que el balance iónico pueda considerarse aceptable.
- vii. En la zona I, de los diagramas de Piper, Stiff y Schöeller, y de las composiciones de los aniones y cationes, las aguas de la zona I son variables. Se determinó que predominan las facies bicarbonatadas sódicas, y en menor cantidad las facies bicarbonatadas cálcicas y las sulfatadas cálcicas. Así, la laguna Chullumpicocha y los bofedales a excepción del bofedal Negrominas (BNegr1) son del tipo Bicarbonatadas sódicas; los ríos son del tipo bicarbonatadas cálcicas, a excepción del río Jarapampa 2 (RJara2) que se encuentra en una zona mixta con la facie Sulfatada cálcica; las quebradas Supayhuasi 2 y 3 (QSupa2 y QSupa3) que contienen cerca del 100 % de aniones como sulfatos y más del 60 % de cationes entre sodio, son facies Sulfatadas cálcicas y magnésicas,
- viii. Las otras quebradas, las cuales se ubican lejos de estos pasivos ambientales, como Imagina Mayu, son del tipo Bicarbonatadas sódicas, o cálcica como Collpa Mayo. El manantial Mana7 es de facie bicarbonatada sódica y el manantial Mana8 es de facie bicarbonatada cálcica. Para algunos cuerpos de agua, el tipo de agua no está bien definido, y ello obedece a la muy baja concentración de iones, sin embargo, los resultados de los diagramas Piper y Schöeller, para los cuerpos de agua de la zona I fueron satisfactorios para lo observado en el área de estudio, sobre todo para las características de los cuerpos de agua próximos a las bocaminas abandonadas
- ix. El pH disminuye conforme aumenta la concentración del ion sulfato. Este comportamiento es notorio en las quebradas Qmina2, QSN2, QSupa2, QMina1, próximo a las bocaminas abandonadas, donde se registró concentraciones significativas de sulfatos y pH ácido. Los puntos aguas abajo registraron pH mayores y menores concentraciones de sulfatos, por lo tanto hay buena correspondencia entre el pH con los iones sulfato en las quebradas de la microcuenca de Supayhuasi.

#### Zona II

- x. En la zona II, las concentraciones para todos los parámetros evaluados son menores a 2 meq/L y no se ha observado algún metal que tenga concentración significativa, y el pH es cercano al valor neutral a excepción del manantial Mana12 de pH ligeramente ácido y del río Corani (RCora1) de pH básico. El carácter básico del río Corani, se atribuye a las concentraciones dominantes de bicarbonatos y a los cationes calcio, y de acuerdo al diagrama de Piper, es facie bicarbonatado cálcico.

Coagulación, floculación, decantación, sedimentación, y/o filtración o procesos equivalentes; incluyendo su desinfección, de conformidad con la normativa vigente.



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Organismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental - OEFA

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

- xi. Con respecto a los metales pesados de la zona II, no hay valores significativos de metales en las microcuencas: microcuenca del río Isivilla, microcuenca del río Quelcaya y la microcuenca del río Corani. Las concentraciones de los cuerpos de agua de estas microcuencas, no es mayor a 1,0 meq/L en la mayoría de los casos, y en otros como los ríos Chimboya (RChim1 y RChim2) y el manantial Mormontone (Mana10) registran concentraciones entre 1 y 2 meq/L, lo que determina que en la zona II mayormente contenga aguas de poca mineralización y, otro grupo pequeño con mineralización más avanzada, pero aun baja.
- xii. El fósforo total encontrado en varios cuerpos de agua, como el manantial del centro poblado de Aymaña, puede ser atribuido a las propias plantaciones naturales del lugar.
- xiii. Todas las quebradas muestran valores ligeramente alcalinos, lo que determina que las aguas de estas quebradas sean de muy baja mineralización. Adicionalmente, de acuerdo al diagrama Piper y Schöeller, estas aguas son de facies bicarbonatadas sódicas.
- xiv. A pesar que la zona II contiene cuerpos de agua de baja conductividad y de muy baja mineralización, algunos componentes, como los manantiales denominados Mana2 y Mana3, y el río Isivilla, pertenecientes a la microcuenca del río Isivilla; el manantial denominado Mana10 y el río Quelcaya (RQuel1) pertenecientes a la microcuenca del río Quelcaya; los manantiales denominados Mana4, Mana11 y Mana12, la quebrada denominada QQuel1 y el río denominado RCora1, pertenecientes a la microcuenca del río Corani, no cumplen con los ECA-2017 para agua Cat 4, E2<sup>70</sup>.
- xv. Los manantiales son usados por los pobladores como fuente de agua para consumo, los cuales son usados directamente sin tratamiento convencional adicional. Por lo que, los manantiales fueron comparados con los ECA para agua categoría 1, A1<sup>71</sup>. De la evaluación, los manantiales denominados Mana 2, Mana3, Mana4, Mana10, Mana11 y Mana12, no cumplen con la categoría 1, subcategoría A1: Aguas que pueden ser potabilizados con desinfección. Adicionalmente, los manantiales fueron comparados con los el ECA para agua, categoría 1, A2<sup>72</sup>. De esta evaluación, los manantiales Mana4, Mana10 y Mana11, no cumplen con la categoría 1, subcategoría A2: Aguas que pueden ser potabilizados con tratamiento convencional.
- xvi. En la zona II, de los diagramas de Piper, Stiff y Schöeller, y de las composiciones de los aniones y cationes, las aguas de la zona II son mayormente bicarbonatos y predominan las facies bicarbonatadas sódicas y las facies bicarbonatadas cálcicas. Así, las quebradas de la zona II (QSiti1, QQuel1 y QAcán1) son facies

<sup>70</sup> Decreto Supremo 004-2017-MINAM, ECA para agua. Categoría 4 "Conservación del ambiente acuático", subcategoría E2: Ríos, "Entiéndase como aquellos cuerpos naturales de agua lóticos, que se mueven continuamente en una misma dirección."

<sup>71</sup> Decreto Supremo 004-2017-MINAM, ECA para agua. Categoría 1, subcategoría A1: Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección: Entiéndase como aquellas aguas que, por sus características de calidad, reúnen las condiciones para ser destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano con simple desinfección, de conformidad con la normativa vigente.

<sup>72</sup> ECA para agua-2017, categoría 1, subcategoría A2. Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional: Entiéndase como aquellas aguas destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano, sometidas a un tratamiento convencional, mediante dos o más de los siguientes procesos: Coagulación, floculación, decantación, sedimentación, y/o filtración o procesos equivalentes; incluyendo su desinfección, de conformidad con la normativa vigente.



bicarbonatadas sódicas. Asimismo, los manantiales de la zona II son mayormente de facies bicarbonatadas sódicas y en menor cantidad de facies bicarbonatadas cálcicas. Los ríos de la zona II, no presentan dominancia por alguna facie, así, el río RIsiv1 es facie bicarbonatada cálcica y los ríos RQuel2 y RCora1 son bicarbonatadas sódicas. Por otro lado, el río Quelcaya, que aguas arriba, es facie sulfatado cálcico – sódico, aguas abajo es facie bicarbonatada cálcica.

- xvii. Para algunos cuerpos de agua de la zona II, la predominancia de los iones no está bien definido, y ello obedece a la muy baja concentración de los iones, sin embargo, los gráficos combinados de los diagramas Piper, Stiff y Schöeller, para los cuerpos de agua en estudio, fueron satisfactorios para lo observado, y acordes al comportamiento de algunos cuerpos de agua.

## 12.2. Calidad de sedimento

- xviii. Los bofedales SED-BMina2 y SED-BMina3 y las quebradas SED-QSN2, SED-QPiru1 y SED-QMina1 se ubican próximos a las bocaminas abandonadas. El bofedal SED-BMina3 y la quebrada SED-QSN2, contienen concentraciones muy significativas, y se encuentra más cerca a las bocaminas abandonadas, determinando que la concentración significativa de metales está relacionado con la proximidad a las bocaminas abandonadas.

- xix. Se encontraron algunos metales de significancia ambiental, como: arsénico, cadmio, cobre, cromo, manganeso, plomo y zinc.

- xx. Se observa en general, que tanto en los cuerpos de agua como en el sedimento, los metales presentan comportamiento similar a lo largo de las quebradas de la microcuenca de Supayhuasi.

- xxi. En el sedimento, en los puntos de muestreo de los bofedales Minaspatá (BMina2 y BMina3), se tiene altas concentraciones de cobre, cadmio, manganeso, plomo y zinc, a diferencia de las aguas, en los mismos puntos de monitoreo, donde las concentraciones de los metales es menor a 1 mg/L y en algunos casos, inclusive menor al límite de cuantificación.

- xxii. La concentración de metales a lo largo de las quebradas decae y el pH aumenta, conforme las aguas discurren a través de las quebradas y por el ingreso de tributarios de concentración de metales muy bajos y pH ligeramente básicos. Sin embargo, en QMina2 y las quebradas Supayhuasi (QSupa2 y QSupa3), la concentración de metales aumenta y el pH disminuye, tanto en el agua como en sedimento, lo que se atribuye al ingreso de drenaje ácido a este nivel.

## 12.3. Comunidades hidrobiológicas

- xxiii. Fueron encontrados un total de 101 taxa de ficoperifiton, de los 131 registrados para el área de evaluación. La riqueza y abundancia estuvo representada por los phyla Bacillariophyta y Cyanobacteria. Los índices de diversidad presentaron mayores valores en la quebradas Intisayana (HID-QInti1) y Colpa (HID-QColc1) y en el río Jarapampa (HID-RJara1). La presencia de zooperifiton estuvo restringida a 04 puntos de muestreo donde solo se registró un taxa en cada punto.

- xxiv. Fueron encontrados un total de 83 taxa de ficoperifiton, de los 131 registrados para el área de evaluación. La riqueza y abundancia estuvo representada por los phyla



*[Handwritten signature]*

*[Handwritten initials]*



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Organismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental - OEFA

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

Bacillariophyta y Cyanobacteria. Los índices de diversidad presentaron mayores valores en el río Chimboya ubicado en el centro poblado de Aymaña. La presencia de zooperifiton estuvo restringida a 02 puntos de muestreo donde solo se registró un taxa para cada punto.

- xxv. Fueron encontrados 68 taxa de macroinvertebrados bentónicos, destacando el orden Diptera y dentro de estos la familia Chironomidae. Además, se encontró que la abundancia está relacionada con los parámetros de campo (pH, conductividad eléctrica y oxígeno disuelto). Mientras que, en las zonas aledañas a Jarapampa se registró 29 taxa, destacando los órdenes Diptera, Coleoptera y Ephemeroptera.
- xxvi. El análisis de calidad ecológica reflejó las condiciones observadas en campo, encontrándose que los puntos que mostraron una mejor calidad ambiental presentaron un menor deterioro del hábitat físico y estuvieron menos influenciadas por actividades humanas.

#### 12.4. Calidad de suelo

- xxvii. La concentración de cadmio en los puntos de monitoreo SUE-QUE-3 (1,55 mg/kg PS) y SUE-QUE-4 (1,75 mg/kg PS) ubicados en la comunidad campesina Quelcaya, excedieron el ECA para suelos de uso agrícola para este metal (1,4 mg/kg PS).
- xxviii. La concentración de plomo en el punto de monitoreo SUE-QUE-3 (76,10 mg/kg PS) ubicado en la comunidad campesina Quelcaya, excedió el ECA para suelos de uso agrícola para este metal (70 mg/kg PS).
- xxix. La concentración de arsénico en el punto de monitoreo SUE-COR-1 (80 mg/kg PS) ubicado en la comunidad campesina Corani - Aconsaya, excedió el ECA para suelos de uso agrícola para este metal (70 mg/kg PS).
- xxx. Las mayores concentraciones de uranio que superan se encontraron en los puntos de monitoreo ubicados en la geología de formación Quenamari y grupo Mitu, en estos tipos de geología se encuentran establecidos los componentes mineros del proyecto Corani.

#### 13. RECOMENDACIONES

- i. Remitir copia del presente informe al Gobierno Regional de Puno y a la Municipalidad Provincial de Carabaya.
- ii. Remitir una copia del presente informe a la Oficina Desconcentrada de Puno
- iii. Remitir una copia del presente informe a la municipalidad distrital de Corani.
- iv. Remitir una copia del presente informe a la Autoridad Nacional del Agua.
- v. Remitir una copia del presente informe a la Dirección General de Asuntos Ambientales Agrarios (DGAAA) del Ministerio de Agricultura y Riego.



*[Handwritten signature]*

*[Handwritten initials]*



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Organismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental - OEFA

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

- vi. Remitir copia del presente informe al Ministerio de Energía y Minas, para conocimiento y fines de acuerdo a sus competencias, en relación a la bocaminas abandonadas en el punto QSN2, la misma que no se encuentra en el listado de pasivos ambientales (Resolución Ministerial N° 535-2016-MEM/DM).
- vii. Difundir los resultados del presente informe a los principales actores involucrados en la evaluación ambiental temprana, para ejecutar acciones conjuntas orientadas a la conservación de la calidad ambiental en el área de influencia del proyecto Corani, en el distrito de Corani, provincia de Carabaya, departamento de Puno.
- viii. Continuar con las acciones de vigilancia ambiental, programando una evaluación ambiental temprana en época de avenida (lluvias), a fin de complementar la información obtenida y evaluar el comportamiento de cada componente ambiental.
- ix. Remitir una copia del presente informe a la Dirección de Supervisión, para conocimiento y fines.

#### 14. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

##### Agua superficial

Albert, L. (2012). *Toxicología Ambiental: Contaminantes Inorgánicos*. México D.F. México. 2da Ed. Editorial LIMUSA, S.A. pp. 101-211.

Alfayate, J. (2008). *Contaminación Ambiental, una visión desde la Química: Características de las Aguas Naturales*. Madrid. España. PARANINFO. 41- 62 p.

APHA-AWWA- WEF (2012). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 22nd. Ed. Washington, DC.

Appelo, C.A.L. & Postma, D. (2005). *Geochemistry, Groundwater and Pollution* (2nd Ed.). Amsterdam, The Netherlands: Taylor & Francis Group.

Annalisa, P., Matranga V. & Roccheri M. (2012). *Manganese: A New Emerging Contaminant in the Environment, Environmental Contamination*, Dr. Jatin Srivastava (Ed.), ISBN: 978-953-51- 0120-8. Recuperado de <http://www.intechopen.com/books/environmental-contamination/manganeasa-new-emerging-contaminant-in-the-environment>

ANZECC (Australian and New Zealand Environment Conservation Council). (2000). An introduction to the Australian and New Zealand guidelines for fresh and marine water quality. *National Water Quality Management Strategy*, Canberra, Australia.

Arakeri, G. (2013). *Evaluation of the possible role of copper ions in drinking water in the pathogenesis of oral submucous fibrosis: A pilot study*. British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery. 52: 24-28.

CCME. (2009). Canadian water quality guidelines for the protection of aquatic life: Boron. *En Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME)*. Winnipeg.



P

g

x

j

h

1



PERÚ

Ministerio  
del AmbienteOrganismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental - OEFA

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

Cooper, P. F., Job, G. D., Green, M. B. & Shutes, R. B. E. (1996). *Reed Beds and Constructed Wetlands for Wastewater Treatment*; WRc Publications: Medmenham, Marlow, UK.

Fernández, J. L. (2005). Estado Actual del Conocimiento sobre el Arsénico en el agua de Argentina y Chile: Origen, Movilidad y Tratamiento. (J. L. Griselda Galindo, Ed.) *Taller II Seminario Hispano-Latinoamericano sobre temas actuales e hidrología subterránea - IV Congreso Hidrogeológico Argentino*, 22.

Gamonal P. *Tratamiento de drenajes de ácidos de minas en humedales construidos*. Recuperado de <http://biblioteca.unmsm.edu.pe/redlieds/Recursos/archivos/MineriaDesarrolloSostenible/MedioAmbiente/DAMhumedales.pdf>

Gasquez, L. D. (2005). Determinación de Arsénico en aguas: Diferentes Técnicas y Metodologías. (J. L. Griselda Galindo, Ed.) *Taller II Seminario Hispano-Latinoamericano sobre temas actuales e hidrología subterránea - IV Congreso Hidrogeológico Argentino*, 23-31.

Gómez, J. C. (2009). *Geología, Geofísica, Hidrogeoquímica e Isotopos, como herramienta para definir un modelo conceptual Hidrogeológico, Caso de Aplicación: Acuífero Costero del Municipio de Turbo*. Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia, Escuela de Geociencias y Medio - Facultad de Minas, Medellín. Recuperado el 01 de Agosto de 2017. Recuperado de <http://www.bdigital.unal.edu.co/2407/>

Hedges, J. I. (2002). Why Dissolved Organic Matter. En D. A. Carlson (Ed.), *Biogeochemistry of Marine Dissolved Organic Matter* (First Edition ed., pag. 3). Academic Press.

Howe, P. M. (2004). *Manganese and Its Compounds: Environmental Aspects*. World Health Organization, 63.

Jablonska-Czapla, M. (2015). Manganese and Its Speciation in Environmental Samples Using Hyphenated Techniques: A Review. *Journal of Elementology*, 20(4), 1061-1075. doi:10.5601/jelem.2014.19.4.787.

Jenkins, D. (2009). *Química del Agua: Reacciones de Oxidación-Reducción*. México D.F. México. Editorial LIMUSA, S.A. 351-466 p.

Kadlec, et al. (2000). Constructed Wetlands for Pollution Control. Processes, performance, Design and Operation. *IWA Specialist Group on the Use of Macrophytes in water pollution control, scientific and technical report No 8*, IWA publishing, London.

Laodong Guo, P. H. (1997). Composition and Cycling of Colloids in Marine in Environments. *Reviews of Geophysics*, 35(1), 17-40. doi:10.1029/96RG03195.

López, P. (2013). *Fontanería y Uso Racional del Agua: Tuberías de Plomo*. España. 103 p.

Mackenzie, L. (2005). *Ingeniería y Ciencias Ambientales.: Administración de la Calidad del Agua*. México D.F. México. McGraw-Hill. 279-338 p.



P

D

K

L

H

1



PERÚ

Ministerio  
del AmbienteOficina de Evaluación y  
Asesoría Ambiental - OEFA

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

Metcalf, & Eddy. 2014. Wastewater Engineering Treatment and Resource Recovery: Wastewater Characteristics. Nueva York. Estados Unidos de América. 5ta ed. McGraw-Hill. 57- 171 p.

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

Moreno, T. (1986). Lagunas altoandinas del sur del Perú: Características químicas, *Ciencia & Desarrollo*.

Nádaská G, L. J. (2010). *Environmental Aspect of Manganese Chemistry*. Hej; Env 100702-A.

Ngang B.U. (2015). A Seasonal Assessment of Groundwater Pollution due to Biochemical Oxygen Demand, Chemical Oxygen Demand and Elevated Temperatures in Eunugu Northern Senatorial District, South of Nigeria. *IOSR Journal of Applied Chemistry*, 9(7), 66-73. doi:10.9790/5736-0907016673

Nordstrom, K., Blaine, R., McCleskey, J. & Ball, W. (2008). Sulfur geochemistry of hydrothermal waters in Yellowstone National Park: IV Acid-Sulfate waters. *US Geological Survey* 24, 2: 191-207.

Potosí., R. O. (1996). *Glosario Geohidrológico*. San Luis Potosí, S.L.P. México.: Editorial Universitaria Potosina.

Rajagopal, S. (2002). Operational and Environmental Consequences of Large Industrial Cooling Water System: Metals. Nueva York. Estados Unidos de América. Springer. 249 p.

Salomons, W. (1995). Environmental impact of metals derived from mining activities: processes, predictions, prevention. *Journal Geochemical Exploration* 52, 5 -23.

Sancha, A. M. (2005). *Criterios de Calidad de Aguas o Efluentes Tratados Para Uso en Riego*. Universidad de Chile, División de Recursos Hídricos y Medio Ambiente. Recuperado de [http://biblioteca-digital.sag.gob.cl/documentos/medio\\_ambiente/criterios\\_calidad\\_suelos\\_aguas\\_agricolas/pdf\\_aguas/informe\\_final.pdf](http://biblioteca-digital.sag.gob.cl/documentos/medio_ambiente/criterios_calidad_suelos_aguas_agricolas/pdf_aguas/informe_final.pdf)

Shubrha Singh, N. J. (2015). Evaluation of Groundwater Quality and Its Suitability for Domestic and Irrigation Use in Parts of the Chandauli-Varanasi Region, Uttar Pradesh, India. *Journal of Water Resource and Protection*, 7, 572-587. doi:10.4236/jwarp.2015.77046

Simler, R. (2017). Diagrammes Software version 6.51. Laboratorio de Hidrología de Avignon. Recuperado de <http://www.la.univ-avignon.fr/LHA-Logiciels.htm>

Soto, P. (2013). Diplomado Virtual de Hidrología Subterránea del Centro de Capacitación Minera - CECAMIN. IX. *Tratamiento de Datos Químicos I*. Lima, Perú.

Srinivasamoorthy, M. G. (2014). Hydrochemical characterization and quality appraisal of groundwater from Pungar sub basin, Tamilnadu, India. *Journal of King Saud University - Science*, 26, 37-52. doi:10.1016/j.jksus.2013.08.001.





PERÚ

Ministerio  
del AmbienteOrganismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental - OEFA

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

State Water Resources Control Board. (2016). *Groundwater Ambient Monitoring and Assessment Program*. (C. E. Agency, Ed.). Recuperado de [http://www.waterboards.ca.gov/gama/docs/coc\\_boron.pdf](http://www.waterboards.ca.gov/gama/docs/coc_boron.pdf).

Upadhyayula, V. (2009). Application of Carbon Nanotube Technology for Removal of Contaminants in drinking water. *Science of Total Environment*. 408: 1-13.

Valencia C. (2011). *Química del Hierro y Manganeso en el agua, métodos de remoción* (Tesis de obtención al título). Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador

Vargas, L. 2004. Tratamiento de Agua para Consumo Humano Plantas de Filtración Rápida: Calidad del Agua. Lima. Perú. 1-47 p.

Villegas Y., P. P. (2011). Agua y SIG - *Los diagramas más usados para la interpretación de análisis hidroquímicos*. Recuperado de <http://www.aguaysig.com/2011/01/los-diagramas-mas-usados-para-la.html>

Volkman, K. (2002). Chemical and Biological Studies of Particulate Organic Matter in the Ocean. *Journal of Oceanography*, 58(2), 265 - 279. doi:10.1023/A:1015809708632

Webster, J. G., Swedlund, P. J. & Webster, K. S. (1998). *Environmental Science and Technology*, 32, 1361-1368.

Yun Whan Kang, M.-Y. C.-Y. (1999). Correction of Hydrogen Peroxide Interference on Standard Chemical Oxygen Demand Test. *Water Research*, 33(5), 1247-1251. doi:10.1016/S0043-1354(98)00315-7.

### Sedimento

Albrecht, T. (2007). *Using sequential hydrochemical analyses to characterize water quality variability at Mamm Creek gas field area, southeast Piceance basin, Colorado*. Memoria para optar al grado de Master of Science (Hidrología) Colorado School of Mines.

Ramis Ramos G., C. G.-C. (2001). *Quimiometría*. Madrid, España: Síntesis.

Škrbic', B., & Durišić'-Mladenović', N. (2010). Chemometric interpretation of heavy metal patterns in soils worldwide. *Chemosphere*, 80(1360-1369). doi:10.1016/j.chemosphere.2010.06.010

U.S. Environmental Protection Agency. (2001). *Methods for Collection Storage and Manipulation of Sediments for Chemical and Toxicological Analyses: Technical Manual*. Office of Science & Technology Office of Water. EPA-823-B-01-002. Washington, DC 20460.

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

Yidana, S., Ophoria, D. & Banoeng-Yakubob, B. (2008). A multivariate statistical analysis of surface water chemistry data – The Ankobra Basin, Ghana. *Journal of environmental management* 86: 80 – 87.



P

Q

K

J

H

1



PERÚ

Ministerio  
del AmbienteDirección de  
Evaluación Ambiental (DEA)

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

Thyne, G., Güler, C. & Poeter, E. (2004). *Sequential analysis of hydrochemical data for watershed characterization*. *Groundwater*, Vol. 42, N° 5.

EPA. (2006). *Data Quality Assessment: Statistical Methods for Practitioners*. Environmental Protection Agency (EPA), *Office of Environmental Information*, Whashington.

## Hidrobiología

APHA. (2012). *Standard methods for the examination of water and waste water*, 22nd edn. American Public Health Association, Washington, DC.

Bray, J. R., & Curtis, J. T. (1957). An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecological monographs*, 27(4), 325-349.

Confederación hidrográfica del Ebro (2005) *Red de Intercalibración, red de referencia y red básica de diatomeas en la cuenca del Ebro*. Ministerio del Ambiente. España

Crisci, J.V.; López Armengol, M.F. (1983). *Introducción a la teoría y práctica de la taxonomía numérica*. Washington, DC: Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos, OEA, Serie de Biología.

Chapman, D. (1996). *Water Quality Assessments: A Guide to the Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring* (2da. Edición). Gran Bretaña: University Press, Cambridge.

DOCE. (2000). *Directiva Marco en Política de Aguas de la Comunidad Europea* (2000/60/CE), Bruselas.

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

Hammer, Ø., Harper, D.A.T., Ryan, P.D. (2001). *PAST: Paleontological statistics Software* (Version 3.15) [Software]. Disponible desde: <http://folk.uio.no/ohammer/past/>

Hill, M. (1973). Diversity and evenness: a unifying notation and its consequences. *Ecology*, 54(2), 427-432.

Jorgensen, S.E. (2009). *Ecosystem ecology*: London: Elsevier Ltd, Oxford.

Jost, L. (2006). Entropy and diversity. *Oikos* 113, 363-375.

Karr, J.R. & Chu, W.E. (1999). *Restoring Life in Running Waters*. Better Biological Monitoring (2da edición). Washington, D. C.: Island Press.

Moreno, C. E. & Halffter, G. (2000). Assessing the completeness of bat biodiversity inventories using species accumulation curves. *Journal of Applied Ecology*, 37(1), 149-158. doi:10.1046/j.1365-2664.2000.00483.x

Ortega, H. M. Hidalgo, G. Trevejo, E. Correa, A. M. Cortijo, V. Meza y J. Espino. (2012). *Lista anotada de los peces de aguas continentales del Perú: Estado actual del conocimiento, distribución, usos y aspectos de conservación*. Pp 56.

Peralta, 2012. *Diversidad de la entomofauna acuática y su uso como indicadores biológicos en humedales de villa, lima, Perú*. Tesis para obtener título.



f

D

K  
J  
H  
I



PERÚ

Ministerio  
del AmbienteOrganismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental - OEFA

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

Pielou, E. C. (1975). Ecological diversity (No. 574.524018 P5).

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

Roldán, G. and Ramírez, J. 2008. *Fundamentos de Limnología Neotropical*. 2. ed. Medellín: Editorial Universidad de Antioquia. 439 p.

Sokal, R. R. & Michener, C. D. (1958). A statistical method for evaluating systematic relationships. *U. Kansas Sci. Bull.*, 38, 1409-1438.

Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM) - Museo de Historia Natural (MHN) y Ministerio del Ambiente (MINAM). 2014. Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú. LIMA, PERU. / Departamento de Limnología, Departamento de Ictiología, Lima: Ministerio del Ambiente. 75 p.

Van Dam H., Mertens A., Sinkeldan J. (1994) Lista codificada de verificación y valores de indicadores biológicos de diatomeas de agua dulce de los Países Bajos. *Países Bajos Ecol* 28: 117 – 133.

Warwick, R.M. & Clarke, K.R. (1995). New 'biodiversity' measures reveal a decrease in taxonomic distinctness with increasing stress. *Marine Ecology Progress Series*, 129(2), 301-305.

Wetzel, R.G. 2001. *Limnology; lake and River Ecosystem* 3rd ed. Academic Press New York 1006 pp.

## Suelos

Chen, M., Ma, L.Q., and Hanis, W.G. 1999. Background concentrations of 15 trace metals in Florida Soils. *Journal of Environmental Quality* 28, p.1173-1181.

De Miguel, E., A. Callaba, J.C. Arranz, V. Cala, E. Chacón, E. Gallego, E. Alberruche, C. Alonso, P. Fdez-Canteli, I. Iribarren, and H. Palacios. 2002. Determinación de niveles de fondo y niveles de referencia de metales pesados y otros elementos traza en suelos de la Comunidad de Madrid. *Serie Medio Ambiente. Terrenos contaminados nº 2*. Instituto Geológico y Minero de España. 167 p., Madrid.

Diamond D., Baskin D., Brown D., Lund L., Najita J., and Javandel I. 2009. Analysis of Background Distributions of Metals in the Soil at Lawrence Berkeley National Laboratory. University of California. Environmental Restoration Program. LBNL – 1782E. p. 1-15.

Dixon, W.J. 1953. Processing Data for Outliers. *Biometrics* 9: p.74-89.

Efron, B. 1981. Censored Data and Bootstrap. *Journal of American Statistical Association*, Vol. 76, pp.312-319.

EN ISO 19258, 2005. Soil quality- Guidance on the determination of background values. International Standar Organization.

Helsel, D.R. 2012. *Statistics for Censored Environmental Data Using Minitab and R*. Second Edition. John Wiley and Sons, NY.

P  
Gd  
f  
H  
1



Kaplan, E.L. and Meier, O. 1958. Nonparametric Estimation from Incomplete Observations. Journal of the American Statistical Association, Vol. 53. 457-481.

Klee, R. 2014. Guidance for Calculating the 95% Upper Confidence Level for Demonstrating Compliance with the Remediation Standar Regulations. State of Connecticut Department of Energy and Environmental Protection, p. 12.

Land, C. E. 1975. Tables of Confidence Limits for Linear Functions of the Normal Mean and Variance. In Selected Tables in Mathematical Statistics, Vol. III, American Mathematical Society, Providence, R.I., p. 385-419.

Langmuir, D. 1997. "Aqueous Environmental Geochemistry", Prentice-Hall, New Jersey.

Lawrence Berkely National Laboratory (LBNL). 2009. Analysis of Background Distributions of Metals in the Soil at Lawrence Berkeley National Laboratory. LBNL-1782E. University of California.

Ramos, J. 2002. Estudio de la Contaminación por Metales Pesados y Otros Procesos de Degradación Química en los Suelos de Invernadero del Poniente Almeriense. Universidad de Almería. Facultad de Ciencias Experimentales, Departamento de Edafología y Química Agrícola, p. 154.

Rivera, R.; Condori, N. & Valencia, J. (2011) – Metalogenia del uranio en las regiones de Cusco y Puno. *INGEMMET, Boletín Serie B: Geología Económica*.

Rosner, B. 1975. On the detection of many outliers. *Technometrics*, 17, p 221 -227.

U.S. Environmental Protection Agency (EPA). 2006. Data Quality Assessment: Statistical Methods for Practitioners, EPA QA/G-9S. EPA/240/B-06/003. Office of Environmental Information, Washington, DC.

U.S. Environmental Protection Agency (EPA). 2013. ProUCL Version 5.0 Technical Guide. EPA /600/R-07/041, 2013.

SCALONE. 2015. Propiedades Físicas de loa Suelos. Instituto de Agrimensura de Uruguay. Uruguay. 43 p.



P

15. ANEXOS

J

- Anexo A : Actores involucrados
- Anexo A1 : Ficha Social, Listado de participantes del MAP y registro fotográfico – Visita de reconocimiento
- Anexo A2 : Actas, Listado de participantes del MAP y registro fotográfico – Etapa de coordinación previa con los actores involucrados.
- Anexo A3 : Actas, Listado de participantes del MAP y registro fotográfico – Etapa de taller de inducción y presentación de la propuesta del plan de monitoreo
- Anexo A4 : Actas, Listado de participantes del MAP y registro fotográfico – Etapa de ejecución del monitoreo

K  
J  
H  
I



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Organismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental - OEFA

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

- Anexo B : Calidad de agua
  - Anexo B1 : Tabla de resultados
  - Anexo B2 : Gráficos
  - Anexo B3 : Mapa de puntos de muestreo
  - Anexo B4 : Hojas de campo
  - Anexo B5 : Registros de ajuste y verificación
  - Anexo B6 : Registro fotográfico
  - Anexo B7 : Cadenas de custodia e informes de ensayo
  - Anexo B8 : Certificados de calibración de equipos
  - Anexo B9 : Certificados de acreditación de laboratorio por el INACAL
  
- Anexo C : Calidad de sedimento
  - Anexo C1 : Tabla de resultados
  - Anexo C2 : Gráficos
  - Anexo C3 : Mapa de puntos de muestreo.
  - Anexo C4 : Hojas de campo
  - Anexo C5 : Registro fotográfico
  - Anexo C6 : Cadenas de custodia e informes de ensayo
  
- Anexo D : Comunidades hidrobiológicas
  - Anexo D1 : Mapa de puntos de muestreo
  - Anexo D2 : Hojas de campo
  - Anexo D3 : Registro fotográfico
  - Anexo D4 : Cadenas de custodia e informes de ensayo
  - Anexo D5 : Clasificación taxonómica de macroinvertebrados
  - Anexo D6 : Criterios de la calidad hidromorfológica
  
- Anexo E : Calidad de suelo
  - Anexo E1 : Tabla de resultados
  - Anexo E2 : Mapa de puntos de muestreo
  - Anexo E3 : Hojas de campo
  - Anexo E4 : Registro fotográfico
  - Anexo E5 : Cadenas de custodia e informes de ensayo



*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*