



PERÚ

Ministerio  
del AmbienteOrganismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

**INFORME N° 091 -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

**VÍCTOR MANUEL OLIVARES ALCÁNTARA**  
Especialista en Monitoreo y Vigilancia Ambiental

**MANUEL RAMÓN DE LA CRUZ DÍAZ**  
Tercero Evaluador

**ROSSAN LÓPEZ TARAZONA**  
Tercero Evaluador

**DARWIN RONAL VALCÁRCEL ROJAS**  
Especialista en Monitoreo y Vigilancia Ambiental

**OSCAR CORTEZ NAVARRO**  
Tercero Evaluador

**SAUL ALDAVE AGÜERO**  
Tercero Evaluador



**ASUNTO :** Informe de la evaluación ambiental temprana en el área de influencia del proyecto minero Quellaveco, en el distrito de Torata, provincia de Mariscal Nieto, departamento de Moquegua.

**REFERENCIA:** Planefa 2017

**FECHA :** 21 DIC. 2017

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	Microcuenca del río Asana en el distrito de Torata, provincia de Mariscal Nieto, departamento de Moquegua.
b.	Ámbito de influencia	Área de influencia del proyecto minero Quellaveco, determinadas principalmente por la ubicación proyectada de los componentes mineros, los cuales involucran a la microcuenca del Tumulaca (ríos Asana, Coscori y Tumulaca).
c.	Problemática	El proyecto minero Quellaveco, tiene proyectado la apertura del tajo a cielo abierto en el mismo cauce del río Asana, lo que ha causado la preocupación y desconfianza de la población ante el temor de la probable contaminación de las

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

		aguas superficiales y subterráneas, con la posible generación de conflictos socioambientales.
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> <span style="float: right;">[X]</span>
		<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 14/06/2017 al 18/06/2017.</li> <li>• Coordinación previa: del 14/06/2017 al 18/06/2017</li> <li>• Convocatoria e Inscripción en el programa de inducción: del 14/06/2017 al 18/06/2017.</li> <li>• Taller de inducción y presentación de la propuesta del plan de evaluación ambiental temprana: del 13/07/2017 al 16/07/2017.</li> <li>• Ejecución de la evaluación ambiental temprana: del 04/09/2017 al 15/09/2017.</li> </ul>

**2. Equipo profesional:**
**Tabla 2-1. Profesionales encargados de la evaluación ambiental temprana**

Ítem	Evaluador	Profesión	Actividad	Colegiatura
1	Oivares Alcántara, Víctor Manuel (*)	Ing. Mecánico y de fluidos	Evaluación de agua	CIP 66373
2	López Tarazona, Rossan	Bach. Ing. Ambiental		---
3	Valcárcel Rojas, Darwin Ronal	Biólogo	Evaluación de comunidades hidrobiológicas	CBP 9065
4	Oscar Cortez Navarro	Ing. Pesquero	Evaluación de calidad de aire	CIP 180700
5	De La Cruz Díaz, Manuel Ramón	Lic. Biólogo	Evaluación de calidad de Sedimento	CBP 4336
6	Saúl Aldave Agüero	Lic. Biólogo		---

(\*) 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?
		Si	X	No		
Agua	34	Si	X	No	pH	<b>Zona I:</b> Área de operaciones <ul style="list-style-type: none"> <li>• QMillu-1<sup>(a)</sup> y <sup>(b)</sup></li> <li>• RAsan-3<sup>(a)</sup> y <sup>(b)</sup></li> <li>• R Huan-2<sup>(a)</sup> y <sup>(b)</sup></li> </ul>
						<b>Zona III:</b> Área de abastecimiento de agua para el proyecto. <ul style="list-style-type: none"> <li>• RTiti-1<sup>(a)</sup> y <sup>(b)</sup></li> <li>• RVizc-1<sup>(a)</sup> y <sup>(b)</sup></li> <li>• CAPGra<sup>(a)</sup> y <sup>(b)</sup></li> <li>• RChil-2<sup>(a)</sup> y <sup>(b)</sup></li> </ul>
					Oxígeno disuelto	<b>Zona II:</b> Área de Operaciones <ul style="list-style-type: none"> <li>• QYari-1<sup>(c)</sup></li> </ul>
					Conductividad	<b>Zona I:</b> Área de operaciones



"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

Componentes evaluados	N° de puntos	¿Incumplió los ECA u otras normas de referencia?	¿Qué parámetros?	¿En qué puntos?
			Eléctrica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• RHuan-2<sup>(a)</sup></li> </ul> <p><b>Zona III:</b> Área de abastecimiento de agua para el proyecto.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• RTiti-1<sup>(a)</sup> y <sup>(b)</sup></li> </ul>
			Cloruros	<p><b>Zona I:</b> Área de operaciones</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• RHuan-2<sup>(a)</sup></li> </ul> <p><b>Zona III:</b> Área de abastecimiento de agua para el proyecto.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• RTiti-1<sup>(a)</sup></li> </ul>
			Aluminio	<p><b>Zona I:</b> Área de operaciones</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• QMillu-1<sup>(a)</sup> y <sup>(b)</sup></li> </ul> <p><b>Zona III:</b> Área de abastecimiento de agua para el proyecto.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• RTiti-1<sup>(a)</sup> y <sup>(b)</sup></li> <li>• CAPGra<sup>(a)</sup> y <sup>(b)</sup></li> </ul>
			Arsénico	<p><b>Zona III:</b> Área de abastecimiento de agua para el proyecto.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• RTiti-1<sup>(a)</sup> y <sup>(b)</sup></li> <li>• RChil-2<sup>(a)</sup></li> </ul>
			Boro	<p><b>Zona I:</b> Área de operaciones</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• RHuan-1<sup>(a)</sup> y <sup>(b)</sup></li> <li>• RHuan-2<sup>(a)</sup> y <sup>(b)</sup></li> <li>• QPapu-2<sup>(a)</sup></li> <li>• RCapi-1<sup>(a)</sup></li> </ul> <p><b>Zona III:</b> Área de abastecimiento de agua para el proyecto.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• RTiti-1<sup>(a)</sup> y <sup>(b)</sup></li> <li>• CAPGra<sup>(a)</sup></li> <li>• RVizc-1<sup>(a)</sup></li> </ul>
			Cadmio	<p><b>Zona III:</b> Área de abastecimiento de agua para el proyecto.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• RTiti-1<sup>(a)</sup></li> </ul>
			Cobre	<p><b>Zona III:</b> Área de abastecimiento de agua para el proyecto.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• RTiti-1<sup>(a)</sup> y <sup>(b)</sup></li> </ul>
			Litio	<p><b>Zona III:</b> Área de abastecimiento de agua para el proyecto.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• RTiti-1<sup>(a)</sup> y <sup>(b)</sup></li> </ul>
			Manganeso	<p><b>Zona I:</b> Área de operaciones</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• QMillu-1<sup>(a)</sup> y <sup>(b)</sup></li> </ul> <p><b>Zona III:</b> Área de abastecimiento de agua para el proyecto.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• RTiti-1<sup>(a)</sup> y <sup>(b)</sup></li> <li>• CAPGra<sup>(a)</sup> y <sup>(b)</sup></li> <li>• RVizc-1<sup>(a)</sup> y <sup>(b)</sup></li> </ul>
			Cobalto	<p><b>Zona III:</b> Área de abastecimiento</p>

Componentes evaluados	N° de puntos	¿Incumplió los ECA u otras normas de referencia?				¿Qué parámetros?	¿En qué puntos?
							de agua para el proyecto. • RTiti-1 <sup>(a)</sup>
						Hierro	<b>Zona III:</b> Área de abastecimiento de agua para el proyecto. • RTiti-1 <sup>(a)</sup>
Sedimento	11	Sí	-	No	-		
Comunidades hidrobiológicas	23	Si	-	No	-	-	-
Aire <sup>(d)(e)</sup>	3	Sí		No	X	----	-----

- (a) Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, Categoría 3 "Riego de vegetales y bebidas animales", D1: riego de vegetales, aprobado mediante Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM
- (b) Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, Categoría 3 "Riego de vegetales y bebidas animales", D2: bebida de animales, aprobado mediante Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM
- (c) Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, Categoría 1-A2 "Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional", aprobado mediante Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM
- (d) Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para aire, aprobado mediante Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM.
- (e) Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para aire, en caso de PM<sub>10</sub> aprobado mediante Decreto Supremo N° 074-2001-PCM y en caso de PM<sub>2,5</sub> aprobado mediante Decreto Supremo N° 003-2008-MINAM
- (-) No aplica.

## II. OBJETIVO

4. Presentar los resultados de la evaluación ambiental temprana con participación ciudadana en el área de influencia del proyecto minero Quellaveco, ubicado en el distrito de Torata, provincia de Mariscal Nieto, departamento de Moquegua, durante el año 2017.

## III. ANTECEDENTES

5. 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 las caracterización 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.
6. 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 Quellaveco, ubicado en el distrito de Torata, provincia de Mariscal Nieto, departamento de Moquegua, durante el año 2017.
7. 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, hidrobiología, aire y sedimentos) a través una evaluación ambiental en el que el OEFA fomenta la participación ciudadana.

8. 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.
9. 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 Quellaveco, ubicado en el distrito de Torata, provincia de Mariscal Nieto, departamento de Moquegua, del 14 al 18 de junio de 2017, generándose el plan de trabajo con registro CUC N° 003-09-2017-22, para la ejecución de la evaluación ambiental temprana en el área de influencia del proyecto minero Quellaveco.
10. Finalmente, el presente informe corresponde al desarrollo de la evaluación ambiental temprana en el área de influencia del proyecto minero Quellaveco, ubicado en el distrito de Torata, provincia de Mariscal Nieto, departamento de Moquegua, durante el año 2017.

#### 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 Quellaveco, ubicado en el distrito de Torata, provincia de Mariscal Nieto, departamento de Moquegua, durante el año 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 Quellaveco, de titularidad de la empresa Anglo American Quellaveco S.A. ubicado en el distrito de Torata, provincia de Mariscal Nieto, departamento de Moquegua, 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 Quellaveco, ubicado en el distrito de Torata, provincia de Mariscal Nieto, departamento de Moquegua, durante el año 2017.





PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Organismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

Atentamente,

**VÍCTOR MANUEL OLIVARES ALCÁNTARA**  
Especialista en Monitoreo y Vigilancia Ambiental  
Dirección de Evaluación  
Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental

**MANUEL RAMÓN DE LA CRUZ DÍAZ**  
Tercero Evaluador  
Dirección de Evaluación  
Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental

**ROSSAN LÓPEZ TARAZONA**  
Tercero Evaluador  
Dirección de Evaluación  
Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental

**DARWIN RONAL VALCÁRCEL ROJAS**  
Especialista en Monitoreo y Vigilancia Ambiental  
Dirección de Evaluación  
Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental

**OSCAR CORTEZ NAVARRO**  
Tercero Evaluador  
Dirección de Evaluación  
Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental

**SAUL ALDAVE AGÜERO**  
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

Dirección de Evaluación

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

Lima, 21 DIC. 2017

Visto el Informe N° 091 -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 ARANÍBAR TAPIA**

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

Visto el Informe N° 091 -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



Organismo  
de Evaluación  
y Fiscalización  
Ambiental

---

INFORME N° 091 - 2017-OEFA/DE-SDCA-CMVA

**EVALUACIÓN AMBIENTAL TEMPRANA EN EL  
ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO MINERO  
QUELLAVECO, EN EL DISTRITO DE TORATA,  
PROVINCIA DE MARISCAL NIETO,  
DEPARTAMENTO DE MOQUEGUA, DURANTE EL  
AÑO 2017**

---



COORDINACIÓN DE MONITOREO Y VIGILANCIA AMBIENTAL

**DIRECCIÓN DE EVALUACIÓN**

**Diciembre de 2017**

*[Handwritten signature and scribbles]*



## ÍNDICE DEL CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
2.	MARCO LEGAL.....	3
3.	ANTECEDENTES .....	4
4.	JUSTIFICACIÓN .....	6
5.	OBJETIVOS .....	7
5.1	Objetivo general.....	7
5.2	Objetivos específicos .....	7
6.	UBICACIÓN GEOGRÁFICA.....	7
7.	ÁREA DE ESTUDIO.....	7
7.1	Características del área de estudio.....	8
7.2	Área de estudio para la evaluación de las aguas superficiales, sedimentos y comunidades hidrobiológicas.....	9
7.3	Área de estudio para calidad de aire.....	13
8.	CONTEXTO SOCIAL.....	13
8.1.	Etapas de la EAT .....	14
8.1.1.	Descripción de las etapas del Reglamento de Participación Ciudadana.....	14
8.1.2.	Planteamiento y desarrollo de la EAT.....	14
9.	MARCO CONCEPTUAL.....	17
9.1.	Agua superficial .....	17
9.1.1.	Parámetros fisicoquímicos .....	18
9.1.2.	Metales, metaloides y metales pesados .....	23
9.1.3.	Hidrometría .....	30
9.2.	Sedimentos.....	31
9.2.1.	Principales metales pesados.....	32
9.2.2.	Métodos estadísticos aplicados al componente agua y sedimento.....	33
9.3.	Comunidades hidrobiológicas .....	35
9.4.	Aire.....	37
10.	METODOLOGÍA.....	39
10.1.	Etapa de planificación.....	39
10.2.	Etapa de campo.....	41
10.2.1.	Calidad de agua.....	41
10.2.1.1.	Ubicación de los puntos de muestreo.....	42
10.2.1.2.	Protocolos, equipos y técnicas de análisis .....	48
10.2.1.3.	Estándares de comparación.....	51
10.2.2.	Calidad de sedimentos.....	54
10.2.2.1.	Ubicación de los puntos de muestreo.....	55
10.2.2.2.	Protocolos, equipos y técnicas de análisis .....	56
10.2.2.3.	Estándares de comparación.....	57
10.2.2.4.	Análisis de datos .....	57
10.2.3.	Comunidades hidrobiológicas .....	57
10.2.3.1.	Ubicación de los puntos de muestreo.....	57
10.2.3.2.	Protocolos, equipos y técnicas de análisis .....	60
10.2.3.3.	Estándares de comparación.....	62



4  
1  
1  
D  
Ely  
1



"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

- 10.2.3.4 Análisis de datos ..... 62
- 10.2.4. Calidad de aire ..... 65
  - 10.2.4.1. Ubicación de los puntos de muestreo ..... 66
  - 10.2.4.2. Protocolos, equipos y técnicas de análisis ..... 66
  - 10.2.4.3. Estándares de comparación ..... 68
  - 10.2.4.4. Análisis de datos ..... 69
- 10.3. Etapa de elaboración del informe ..... 69
- 11. RESULTADOS Y ANÁLISIS ..... 70
  - 11.1. Calidad de agua ..... 70
    - 11.1.1. Estado de la calidad de las aguas superficiales en el marco normativo ambiental nacional (ECA para agua) ..... 71
    - 11.1.2. Comportamiento de los metales disueltos y suspendidos ..... 123
    - 11.1.3. Hidrometría ..... 135
  - 11.2. Calidad de sedimentos ..... 136
    - 11.2.1. Concentraciones de los principales metales pesados ..... 136
  - 11.3. Comunidades hidrobiológicas ..... 140
    - 11.3.1. Perifiton ..... 142
    - 11.3.2. Macroinvertebrados bentónicos ..... 155
  - 11.4. Calidad de aire ..... 167
    - 11.4.1. Parámetros meteorológicos ..... 167
    - 11.4.2. Material particulado, aplicación del ECA según el IGA aprobado ..... 169
    - 11.4.3. Material particulado, aplicación según el ECA vigente ..... 170
    - 11.4.4. Metales en PM<sub>10</sub> ..... 172
- 12. DISCUSIONES ..... 175
  - 12.1. Calidad de agua ..... 175
  - 12.2. Calidad de sedimentos ..... 185
  - 12.3. Comunidades hidrobiológicas ..... 189
  - 12.4. Calidad de aire ..... 190
- 13. CONCLUSIONES ..... 191
  - 13.1. Calidad de agua ..... 191
  - 13.2. Calidad de sedimentos ..... 192
  - 13.3. Comunidades hidrobiológicas ..... 192
  - 13.4. Calidad de aire ..... 193
- 14. RECOMENDACIONES ..... 193
- 15. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS ..... 194
- ANEXOS: ..... 200



Handwritten blue ink marks and signatures on the left margin.



### ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3-1. Instrumentos de Gestión Ambiental aprobados para el proyecto minero Quellaveco ..... 4

Tabla 8-1. Área de influencia social en el proyecto minero Quellaveco ..... 14

Tabla 8-2. Actores sociales que participaron en la etapa de coordinación de la EAT . 15

Tabla 9-1. Profundidades de medición de la velocidad según R.J. N°010-2016-ANA. 30

Tabla 10-1. Informes de Monitoreo Ambiental realizados por AA.Q. S.A. .... 39

Tabla 10-2. Informes Ambientales del Sub Comité de Monitoreo Ambiental en el marco de la mesa de diálogo..... 40

Tabla 10-3. Ubicación de los puntos de muestreo de calidad de agua superficial..... 46

Tabla 10-4. Controles de calidad establecidos para el muestreo de agua superficial . 48

Tabla 10-5. Métodos de ensayo utilizados por los laboratorios para el análisis de calidad de agua ..... 49

Tabla 10-6. Equipos utilizados en el muestreo del agua superficial ..... 50

Tabla 10-7. Parámetros evaluados en el agua superficial..... 51

Tabla 10-8. Estándares de comparación de la calidad de agua superficial ..... 52

Tabla 10-9. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua (ECA) - Categoría 3 ..... 52

Tabla 10-10. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua (ECA) - Categoría 1 - Sub Categoría A2 ..... 53

Tabla 10-11. Ubicación de los puntos de muestreo de calidad de sedimentos ..... 55

Tabla 10-12. Equipos utilizados para el muestreo de calidad de sedimentos ..... 56

Tabla 10-13. Parámetros evaluados en sedimentos ..... 57

Tabla 10-14. Ubicación de los puntos de muestreo para comunidades hidrobiológicas ..... 58

Tabla 10-15. Equipos utilizados para el muestreo hidrobiológico..... 60

Tabla 10-16. Comunidades hidrobiológicas evaluadas ..... 61

Tabla 10-17. Calidad hidromorfológica del río, según Encalada et al., 2011 ..... 64

Tabla 10-18. Valoración de la calidad biológica con el índice ABI según Ríos-Touma et al., 2014..... 64

Tabla 10-19. Escala de calidad ecológica de un río según Encalada et al., 2011 ..... 65

Tabla 10-20. Ubicación de los puntos de muestreo de calidad de aire ..... 66

Tabla 10-21. Equipos utilizados en el muestreo de calidad de aire..... 67

Tabla 10-22. Parámetros evaluados en aire ..... 67

Tabla 10-23. Estándares de comparación de la calidad del aire según IGAs..... 68

Tabla 10-24. Estándares de comparación de la calidad del aire ..... 68



Handwritten signatures and initials in blue ink on the left margin.



"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

Tabla 11- 1. Proporción en porcentajes de los metales disueltos y suspendidos en la Zona I ..... 125

Tabla 11- 2. Proporción en porcentajes de los metales disueltos y suspendidos en la Zona II ..... 127

Tabla 11- 3. Proporción en porcentajes de los metales disueltos y suspendidos en la Zona III ..... 128

Tabla 11-4. Comunidades hidrobiológicas evaluadas por punto de muestreo ..... 140

Tabla 11-5. Valores propios y porcentajes de variancia por ejes del ACC. .... 150

Tabla 11-6. Correlaciones de los parámetros de calidad de agua con los primeros ejes extraídos ..... 150

Tabla 11-7. Valores propios y porcentajes de variancia por ejes del ACC. .... 164

Tabla 11-8. Correlaciones de los parámetros de calidad de agua con los primeros ejes extraídos ..... 164

Tabla 11-9. Calidad ecológica de acuerdo al protocolo CERA-S. .... 166

Tabla 11-10. Parámetros meteorológicos ..... 167

Tabla 11-11. Concentraciones de 24 horas de metales en CA-TALA ..... 172

Tabla 11-12. Concentraciones de 24 horas de metales en CA-QUIM ..... 173



*[Handwritten signatures and initials in blue ink]*



### ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 6-1. Mapa de ubicación del proyecto minero Quellaveco en la provincia de Moquegua ..... 8

Figura 7-1. Mapa del área de estudio para las Zonas I, II y III ..... 12

Figura 10-1. Diagrama de ubicación de los puntos de muestreo en la Zona I ..... 43

Figura 10-2. Diagrama de ubicación de los puntos de muestreo en la Zona II ..... 44

Figura 10-3. Diagrama de ubicación de los puntos de muestreo en la Zona III ..... 45

Figura 11-1. Resultados de pH en agua superficial de los cuerpos de agua evaluados en la EAT ..... 74

Figura 11-2. Resultados de conductividad eléctrica en agua superficial de los cuerpos de agua evaluados en la EAT ..... 75

Figura 11-3. Resultados de oxígeno disuelto en agua superficial de los cuerpos de agua evaluados en la EAT ..... 76

Figura 11-4. Resultados de carbonatos en agua superficial de los cuerpos de agua evaluados de la EAT ..... 82

Figura 11-5. Resultados de bicarbonatos en agua superficial de los cuerpos de agua evaluados de la EAT ..... 83

Figura 11-6. Resultados de cloruros en agua superficial de los cuerpos de agua evaluados de la EAT ..... 84

Figura 11-7. Resultados de DQO en agua superficial de los cuerpos de agua evaluados de la EAT ..... 85

Figura 11-8. Resultados de nitratos en agua superficial de los cuerpos de agua evaluados de la EAT ..... 86

Figura 11-9. Resultados de N-Amoniacal en agua superficial de los cuerpos de agua evaluados de la EAT ..... 87

Figura 11-10. Resultados de STD en agua superficial de los cuerpos de agua evaluados de la EAT ..... 88

Figura 11-11. Resultados de STS en agua superficial de los cuerpos de agua evaluados de la EAT ..... 89

Figura 11-12. Resultados de sulfatos en agua superficial de los cuerpos de agua evaluados de la EAT ..... 90

Figura 11-13. Resultados de aluminio en agua superficial de los cuerpos de agua evaluadas de la EAT ..... 101

Figura 11-14. Resultados de arsénico en agua superficial de los cuerpos de agua evaluados de la EAT ..... 102

Figura 11-15. Resultados de bario en agua superficial de los cuerpos de agua evaluados de la EAT ..... 103

Figura 11-16. Resultados de boro en agua superficial de los cuerpos de agua evaluados de la EAT ..... 104



Handwritten blue ink marks and signatures on the left margin.



Figura 11-17. Resultados de cadmio en agua superficial de los cuerpos de agua evaluados de la EAT..... 105

Figura 11-18. Resultados de calcio en agua superficial de los cuerpos de agua evaluados de la EAT..... 106

Figura 11-19. Resultados de cobre en agua superficial de los cuerpos de agua evaluadas de la EAT..... 107

Figura 11-20. Resultados de cobalto en agua superficial de los cuerpos de agua evaluados de la EAT..... 108

Figura 11-21. Resultados de estaño en agua superficial de los cuerpos de agua evaluadas de la EAT..... 109

Figura 11-22. Resultados de estroncio en agua superficial de los cuerpos de agua evaluadas de la EAT..... 110

Figura 11-23. Resultados de fósforo en agua superficial de los cuerpos de agua evaluadas de la EAT..... 111

Figura 11-24. Resultados de hierro en agua superficial de los cuerpos de agua evaluados de la EAT..... 112

Figura 11-25. Resultados de litio en agua superficial de los cuerpos de agua evaluadas de la EAT..... 113

Figura 11-26. Resultados de magnesio en agua superficial de los cuerpos de agua evaluados de la EAT..... 114

Figura 11-27. Resultados de manganeso en agua superficial de los cuerpos de agua evaluados de la EAT..... 115

Figura 11-28. Resultados de molibdeno en agua superficial de los cuerpos de agua evaluados de la EAT..... 116

Figura 11-29. Resultados de níquel en agua superficial de los cuerpos de agua evaluados de la EAT..... 117

Figura 11-30. Resultados de plomo en agua superficial de los cuerpos de agua evaluados de la EAT..... 118

Figura 11-31. Resultados de potasio en agua superficial de los cuerpos de agua evaluados de la EAT..... 119

Figura 11-32. Resultados de silicio en agua superficial de los cuerpos de agua evaluados de la EAT..... 120

Figura 11-33. Resultados de sodio en agua superficial de los cuerpos de agua evaluadas de la EAT..... 121

Figura 11-34. Resultados de zinc en agua superficial de los cuerpos de agua evaluados de la EAT..... 122

Figura 11-35. Correlación entre conductividad eléctrica y sólidos disueltos totales .. 130

Figura 11-36. Correlación entre entre arsénico disuelto y sólidos disueltos totales... 131

Figura 11-37. Correlación entre boro disuelto y sólidos disueltos totales..... 131

Figura 11-38. Correlación entre estroncio disuelto y sólidos disueltos totales..... 132

Figura 11-39. Correlación entre litio disuelto y sólidos disueltos totales..... 132



Handwritten blue ink marks: a vertical line with a checkmark, a vertical line, a circle with a checkmark, and a vertical line.



Figura 11-40. Correlación entre magnesio disuelto y sólidos disueltos totales..... 133

Figura 11-41. Correlación entre molibdeno disuelto y sólidos disueltos totales..... 133

Figura 11-42. Correlación entre níquel disuelto y sólidos disueltos totales ..... 134

Figura 11-43. Correlación entre sodio disuelto y sólidos disueltos totales..... 134

Figura 11-44. Correlación entre zinc disuelto y sólidos disueltos totales..... 135

Figura 11-45. Concentraciones de arsénico total en las tres zonas evaluadas ..... 136

Figura 11-46. Concentraciones de cadmio total en las tres zonas evaluadas ..... 137

Figura 11-47. Concentraciones de cobre total en las cuatro zonas evaluadas..... 138

Figura 11-48. Concentraciones de plomo total en las cuatro zonas evaluadas..... 139

Figura 11-49. Concentraciones de zinc total en las tres zonas evaluadas ..... 140

Figura 11-50. Composición y riqueza de ficoperifiton en el área de influencia del proyecto minero Quellaveco ..... 143

Figura 11-51. Abundancia de ficoperifiton en el área de influencia del proyecto minero Quellaveco ..... 145

Figura 11-52. Índices de diversidad alfa del ficoperifiton en el área de influencia del proyecto minero Quellaveco ..... 147

Figura 11-53. Dendrograma de similitud del ficoperifiton en el área de influencia del proyecto minero Quellaveco ..... 149

Figura 11-54. Representación de los resultados del ACC mostrando la ubicación de los puntos de muestreo con respecto a los parámetros de calidad de agua..... 151

Figura 11-55. Composición y riqueza de zooperifiton en el área de influencia del proyecto minero Quellaveco ..... 152

Figura 11-56. Abundancia de zooperifiton en el área de influencia del proyecto minero Quellaveco ..... 153

Figura 11-57. Índices de diversidad alfa del zooperifiton en el área de influencia del proyecto minero Quellaveco ..... 154

Figura 11-58. Dendrograma de similitud del zooperifiton en el área de influencia del proyecto minero Quellaveco ..... 155

Figura 11-59. Composición y riqueza de macroinvertebrados bentónicos en el área de influencia del proyecto minero Quellaveco..... 157

Figura 11-60. Abundancia de macroinvertebrados bentónicos en el área de influencia del proyecto minero Quellaveco ..... 159

Figura 11-61. Índices de diversidad alfa de macroinvertebrados bentónicos en el área de influencia del proyecto minero Quellaveco..... 161

Figura 11-62. Dendrograma de similitud del macroinvertebrados bentónicos en el área de influencia del proyecto minero Quellaveco..... 163

Figura 11-63. Representación de los resultados del ACC mostrando la ubicación de los puntos de muestreo con respecto a los parámetros de calidad de agua en el área de influencia del proyecto minero Quellaveco..... 165

Figura 11-64. Rosas de viento de las estaciones de muestreo ..... 168



M  
1  
1  
D  
M  
1



Figura 11-65. Ubicación de las estaciones de monitoreo CA-TALA, CA-QUIM y CA-CORT, y sus Rosas de vientos..... 169

Figura 11-66. Concentraciones promedio diarias de PM<sub>10</sub> (Según el IGA)..... 169

Figura 11-67. Concentraciones promedio diarias de PM<sub>2,5</sub> (Según el IGA) ..... 170

Figura 11-68. Concentraciones promedio diarias del parámetro PM<sub>10</sub> (Según el ECA vigente) .....171

Figura 11-69. Concentraciones promedio diarias del parámetro PM<sub>2,5</sub> (Según el ECA vigente)..... 172

Figura 12-1. Comportamiento del pH en el cuerpo principal por efecto de los tributarios (Zona I)..... 176

Figura 12-2. Comportamiento de los bicarbonatos en el cuerpo principal por efecto de los tributarios (Zona I)..... 177

Figura 12-3. Comportamiento de los sulfatos en el cuerpo principal por efecto de los tributarios (Zona I) ..... 177

Figura 12-4. Comportamiento de sodio en el cuerpo principal por efecto de los tributarios (Zona I) ..... 177

Figura 12-5. Comportamiento del calcio en el cuerpo principal por efecto de los tributarios (Zona I) ..... 178

Figura 12-6. Comportamiento de potasio en el cuerpo principal por efecto de los tributarios (Zona I) ..... 178

Figura 12-7. Comportamiento de TDS en el cuerpo principal por efecto de los tributarios (Zona I) ..... 178

Figura 12-8. Comportamiento de la DQO en el cuerpo principal por efecto de los tributarios (Zona I) ..... 179

Figura 12-9. Comportamiento del aluminio en el cuerpo principal por efecto de los tributarios (Zona I) ..... 180

Figura 12-10. Comportamiento del bario en el cuerpo principal por efecto de los tributarios (Zona I) ..... 180

Figura 12-11. Comportamiento del magnesio en el cuerpo principal por efecto de los tributarios (Zona I) ..... 180

Figura 12-12. Comportamiento del hierro en el cuerpo principal por efecto de los tributarios (Zona I) ..... 181

Figura 12-13. Comportamiento del zinc en el cuerpo principal por efecto de los tributarios (Zona I) ..... 181

Figura 12-14. Comportamiento del boro en el cuerpo principal por efecto de los tributarios (Zona I) ..... 182

Figura 12-15. Comportamiento del hierro en el cuerpo principal por efecto de los tributarios (Zona III) ..... 184

Figura 12-16. Comportamiento del pH en el cuerpo principal por efecto de los tributarios (Zona III) ..... 184

Figura 12-17. Comportamiento de la conductividad eléctrica (C.E.) en el cuerpo principal por efecto de los tributarios (Zona III) ..... 185



Handwritten blue marks: 4, 1, 1, D, 4, 1





"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

Figura 12-18. Porcentajes de arsénico suspendido en la columna de agua vs concentraciones de arsénico en sedimentos ..... 186

Figura 12-19. Porcentajes de zinc suspendido en la columna de agua vs concentraciones de zinc en sedimentos ..... 186

Figura 12-20. Porcentajes de cadmio suspendido en la columna de agua vs concentraciones de cadmio en sedimentos ..... 187

Figura 12-21. Porcentajes de cobre suspendido en la columna de agua vs concentraciones de cobre en sedimentos ..... 187

Figura 12-22. Porcentajes de hierro suspendido en la columna de agua vs concentraciones de hierro en sedimentos ..... 188



Handwritten signatures and initials in blue ink, including a vertical line and several stylized signatures.

## 1. INTRODUCCIÓN

1. El presente informe expone un diagnóstico ambiental integral, como consecuencia de la Evaluación Ambiental Temprana (en adelante, EAT) desarrollada en el área de influencia del proyecto minero Quellaveco de la empresa Anglo American Quellaveco S.A. (en adelante, AAQ. S.A.) en el distrito de Torata, provincia de Mariscal Nieto, departamento de Moquegua, en el mes de setiembre de 2017. Asimismo, contiene los resultados, análisis y conclusiones producto de la EAT, realizada por la Dirección de Evaluación del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (en adelante, OEFA), como parte del Plan Anual de Evaluación y Fiscalización Ambiental – Planefa del OEFA correspondiente al año 2017, aprobado el 30 de enero de 2017, mediante Resolución de Consejo Directivo N°004-2017-OEFA/CD
2. El proyecto minero Quellaveco, tiene por finalidad la explotación de una mina de cobre y molibdeno a tajo abierto, ubicado en el distrito de Torata, provincia de Mariscal Nieto, departamento de Moquegua. Las diferentes instalaciones e infraestructuras requeridas para el desarrollo del proyecto se encuentran distribuidas en una amplia área geográfica, comprendiendo varios ambientes socio económicos y ecológicos.
3. La distribución de las instalaciones del proyecto Quellaveco abarcan un área de 39 279,42 ha (según Cuarta Modificación del EIA-d) y se extienden desde los 4500 m.s.n.m. (área de abastecimiento de agua) hasta el nivel del mar (instalaciones de embarque del concentrado) y abarca linealmente una longitud de aproximadamente 110 km; adicionalmente hará uso de 260 km de carretera para transportar los concentrados desde el área de operaciones de Quellaveco hasta las instalaciones del puerto de embarque.
4. El área de operaciones mineras del proyecto minero Quellaveco se encuentra ubicada entre los 3100 a 4300 m s.n.m., en el flanco sur andino de la cordillera occidental de los andes peruanos. Políticamente, se ubica en el distrito de Torata, provincia de Mariscal Nieto, departamento de Moquegua<sup>1</sup>. Es importante mencionar que su área no involucra alguna Área Natural Protegida (ANP) o su Zona de Amortiguamiento.
5. Debido al amplio alcance geográfico del proyecto Quellaveco y a la diversidad de ambientes ecológicos identificados en el área de desarrollo del proyecto, la empresa AAQ. S.A. con el propósito de generar la caracterización de la línea de base, las ha agrupado por áreas; i) área de abastecimiento de agua, ii) área de operaciones y iii) área del corredor de embarque y acceso. Las actividades para el proyecto Quellaveco se centran principalmente en el área de operaciones mineras; sin embargo también se involucra, en menor proporción y no de menor importancia, al área de abastecimiento de agua.
6. Hidrográficamente, el **área de operaciones** del proyecto minero Quellaveco se emplaza por un lado en la cuenca que forma el río Asana y tributarios, y por el

<sup>1</sup> Informe técnico sustentatorio para la reubicación de la planta concentradora y optimización del proyecto Quellaveco aprobado el 22 de mayo del 2014 con Resolución Directoral N° 244 - 2014 - MEM - DGAAM.

otro, en las quebradas Cortadera y tributarios. En el primer caso, el río Asana llega a formar parte de la cuenca Ilo-Moquegua con código 13 172; por otro lado, la quebrada Cortadera llega a formar parte de la cuenca del Locumba con código 1316. Respecto al **área de abastecimiento de agua** del proyecto, se emplaza en la cuenca que forma los ríos Vizcacha y Titire, llegando a formar el río Coralque y por lo tanto pertenecer a la cuenca del Tambo con código 1318. Ambas áreas pertenecen a la región hidrográfica de la Vertiente del Pacífico<sup>2</sup>.

7. La explotación de los recursos minerales como lo plantea AAQ S.A., involucra el uso de métodos diversos para su extracción, lo cual, generará potencial riesgo de impacto ambiental que afectaría enormemente a la población. La coyuntura social ante el proyecto minero Quellaveco se vino desarrollando desde el año 2000, generando manifestaciones de la población respecto a la microcuenca donde se emplazará el proyecto, argumentando la experiencia pasada con otras microcuencas del distrito de Torata, como la de Cuajone, que ya habían sufrido problemas ambientales, y además considerando que el 80% de las aguas del río Asana son utilizadas para consumo humano de la población de la ciudad de Moquegua, por lo que presumen la existencia del riesgo de contaminarse por el drenaje de aguas ácidas, producto de la explotación minera<sup>3</sup>.
8. En atención a la problemática socioambiental de la población de Moquegua y considerando que la participación ciudadana en el proceso de la fiscalización ambiental es de vital importancia, la Dirección de Evaluación del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (en adelante, OEFA) en el marco del Plan Anual de Evaluación y Fiscalización Ambiental (en adelante Planefa) aprobado el 30 de enero de 2017 mediante Resolución de Consejo Directivo N°004-2017-OEFA/CD, programó la realización de la Evaluación Ambiental Temprana (en adelante EAT) que permita determinar e identificar factores extrínsecos que alteren los diferentes componentes ambientales en el área de influencia de las actividades económicas fiscalizables por el OEFA.
9. El OEFA ejecutó la EAT en el área de influencia del proyecto minero Quellaveco, y zonas aledañas al distrito de Torata, provincia de Mariscal Nieto, departamento de Moquegua, del 4 al 15 de setiembre de 2017 (época de estiaje), mediante el plan de trabajo con CUC N° 0003-9-2017-22, evaluándose los componentes ambientales como agua superficial, sedimentos, comunidades hidrobiológicas y aire.
10. El presente informe expone las metodologías, resultados, análisis y conclusiones de la EAT realizada en el proyecto minero Quellaveco, en época de estiaje, por la Dirección de Evaluación del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental, como parte del Planefa del OEFA correspondiente al año 2017. La información contenida en el presente informe, constituirá una fuente informativa, completa y confiable para las acciones posteriores de fiscalización y supervisión ambiental, así como para las distintas instituciones públicas del Estado y para los actores sociales involucrados con el proyecto minero Quellaveco.

<sup>2</sup> Delimitación y Codificación de Unidades Hidrográficas del Perú de la Autoridad Nacional del Agua - Ministerio de Agricultura.

<sup>3</sup> Observatorio de conflictos mineros de América Latina.  
[http://basedatos.conflictosmineros.net/ocmal\\_db/?page=conflicto&id=106](http://basedatos.conflictosmineros.net/ocmal_db/?page=conflicto&id=106)

4  
1  
1  
D  
4  
1

## 2. MARCO LEGAL

11. Ley N° 28611, Ley General del Ambiente y sus modificatorias.
12. Ley N° 29325, Ley del Sistema Nacional de Evaluación y Fiscalización Ambiental y sus modificatorias.
13. 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.
14. 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.
15. Decreto Legislativo N° 1013, que aprueba la Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente.
16. Decreto Supremo N° 074-2001-PCM, que aprueba el Reglamento de estándares nacionales de calidad ambiental del aire.
17. Decreto Supremo N° 033-2007-PCM, que aprueba el Procedimiento para la aprobación de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP) de Contaminación Ambiental.
18. Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM, que deroga el Decreto Supremo N° 003-2008-MINAM de los Estándares de Calidad Ambiental para aire.
19. Decreto Supremo N° 022-2009-MINAM, que aprueba el Reglamento de Organización y Funciones del OEFA.
20. Decreto Supremo N° 012-2009-MINAM, que aprueba la Política Nacional del Ambiente.
21. Resolución Ministerial N° 247-2013-MINAM, que aprueba el Régimen Común de Fiscalización Ambiental.
22. Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, que aprueba los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua y establecen disposiciones complementarias.
23. Resolución de Consejo Directivo N° 032-2014-OEFA/CD, "Reglamento de participación ciudadana en las acciones de monitoreo ambiental a cargo del OEFA" y su modificatoria aprobada mediante la Resolución de Consejo Directivo N° 003-2016-OEFA/CD.
24. Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA. "Protocolo Nacional para el Monitoreo de Calidad de Recursos Hídricos Superficiales". Publicado el 11 de enero de 2016.
25. Resolución de Consejo Directivo N° 004-2017-OEFA/CD, que aprueba el Planefa del OEFA, correspondiente al año 2017.



26. Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM, Decreto Supremo que aprueba los Estándares de Calidad Ambiental para aire.

### 3. ANTECEDENTES

27. En febrero de 1993, se constituyó la minera Quellaveco S.A. transfiriendo a su favor los derechos mineros de Quellaveco, incluyendo sus instalaciones adjuntas. En junio de 1993, el International Finance Corporation (IFC) adquirió el 20% de las acciones de Minera Quellaveco S.A., desde entonces se han realizado regularmente Juntas de Accionistas para mantener informados a los accionistas respecto a los progresos del proyecto en todos sus aspectos
28. La empresa minera AAQ. S.A. para obtener aprobación del proyecto minero Quellaveco ejecutó instrumentos ambientales desde el año 2000. Posteriores estudios, modificatorias y absoluciones de observaciones fueron dadas hasta el año 2015, tal como son detallados en la Tabla 3-1.
29. Mediante Resolución de Consejo Directivo N° 004-2017-OEFA/CD, publicada el 1 de febrero de 2017 en el Diario Oficial el Peruano, se aprobó el Planefa 2017, donde se contempla evaluaciones ambientales que permitan identificar los factores extrínsecos que puedan afectar los componentes ambientales en el área de influencia de las actividades económicas fiscalizables de competencia del OEFA.
30. El Reglamento de Participación Ciudadana en las Acciones de Monitoreo Ambiental a cargo del OEFA, aprobado en el 2014<sup>4</sup> y modificado en el 2016<sup>5</sup>, establece un procedimiento especial de siete etapas, por las cuales se regula la participación ciudadana en las actividades de monitoreo ambiental realizadas por el OEFA, con la finalidad de evaluar la calidad del ambiente. Este procedimiento se sustenta en la Ley General del Ambiente, cuyo texto legal establece que la participación ciudadana en la fiscalización ambiental puede llevarse a cabo en las actividades de control (esto es, en las actividades de medición, muestreo y monitoreo ambiental).

**Tabla 3-1.** Instrumentos de Gestión Ambiental aprobados para el proyecto minero Quellaveco

INSTRUMENTO DE GESTIÓN AMBIENTAL (IGA)			
Título del IGA	Número de resolución aprobada por el MINEM	Fecha de aprobación	Planteamiento y modificaciones
Estudio de Impacto Ambiental (EIA) del Proyecto Quellaveco.	Resolución Directoral N° 266-2000-EM/DGAA	19 de diciembre de 2000	Mina a tajo abierto de 64 000 TPD, con una posible expansión a 120 000 TPD, durante la vida útil de la mina (44 años), con una planta concentradora ubicada en la quebrada Quellaveco. Embarque de concentrados por el puerto de Matarani. Abastecimiento mediante uso de agua subterránea.

<sup>4</sup> Resolución de Consejo Directivo N° 032-2014-OEFA-CD.

<sup>5</sup> Resolución de Consejo Directivo N° 003-2016-OEFA-CD.

INSTRUMENTO DE GESTIÓN AMBIENTAL (IGA)			
Título del IGA	Número de resolución aprobada por el MINEM	Fecha de aprobación	Planteamiento y modificaciones
Primera Modificación del Estudio de Impacto Ambiental (EIA) del proyecto Quellaveco: Cambio en la ubicación de la planta concentradora	Resolución Directoral N° 140-2010-MEM/AAM	23 de abril de 2010	Cambio de ubicación de la planta concentradora (a la quebrada Papujune) e incremento de la capacidad a 85 000 TPD, disminuyendo de 44 a 32 años la vida útil de la mina. Nuevo camino de acceso principal a la planta concentradora por la ruta Moquegua - Chilca - Papujune. Embarque de concentrados por los puertos de Matarani e Ilo. Abastecimiento de agua superficial desde una estructura de captación de agua en el río Titire, un embalse de 28,2 m <sup>3</sup> en el río Vizcacha, un tanque de regulación en el cerro Pelluta y una tubería para el transporte de agua hasta la mina (por gravedad).
Segunda Modificación del Estudio de Impacto Ambiental (EIA) del proyecto Quellaveco.	Resolución Directoral N° 319-2010-MEM/AAM	05 de octubre de 2010	Transporte de concentrados desde Moquegua hacia Ilo (puerto de ENERSUR) y habilitación de infraestructura de almacenamiento y embarque de concentrados. Línea de transmisión eléctrica de 220 kv de 37 km de longitud, para suministrar de energía a la mina desde la subestación Montalvo en Moquegua.
Tercera Modificación del Estudio de Impacto Ambiental (EIA) del proyecto Quellaveco.	Resolución Directoral N° 377-2012-MEM/AAM	14 de noviembre de 2012	Cambios en el diseño y operación de la presa Vizcacha (recrecimiento a 50,0 m <sup>3</sup> ) para poder abastecer de agua al proyecto y a la cuenca del río Tambo durante la temporada de caudales bajos.
Informe Técnico Sustentatorio para la Modificación del Estudio de Impacto Ambiental (EIA) del proyecto Quellaveco.	Resolución Directoral N° 244-2014-MEM/AAM	22 de mayo de 2014	Modificaciones no significativas (reubicación de componentes principales y auxiliares, adición de planta de concreto, modificación de componentes auxiliares y reemplazo y adición de canteras).
Cuarta Modificación del Estudio de Impacto Ambiental (EIA) del proyecto Quellaveco.	Resolución Directoral N° 339-2015-MEM/DGAAM	28 de agosto de 2015	Ampliación de la capacidad de la planta concentradora de 85 000 a 127 500 TPD.



H  
1  
1  
D  
C  
1

31. Como parte de las actividades previas a la EAT en el área de influencia del proyecto minero Quellaveco, los especialistas de la Dirección de Evaluación del OEFA realizaron del 14 al 18 de junio de 2017, la visita de reconocimiento junto con las tres primeras etapas del reglamento como son: coordinación previa con los actores involucrados, convocatoria e inscripción en el programa de inducción.
32. Las etapas de inducción y presentación de la propuesta de la EAT del proyecto minero Quellaveco se desarrolló del 13 al 16 de julio de 2017, en el auditorio de la Gerencia Regional de Agricultura de Moquegua, con la participación de autoridades locales del distrito de Torata y Moquegua, así como representantes de juntas vecinales, frentes de defensa y público en general.



33. Del 4 al 15 de setiembre de 2017 se ejecutó la EAT, que comprendió la evaluación de los siguientes componentes ambientales: agua superficial (34 puntos), sedimentos (11 puntos), comunidades hidrobiológicas (23 puntos) y aire (3 puntos).
34. El presente informe, expone los resultados de los muestreos y la discusión de las determinaciones analíticas producto de la ejecución de la EAT.

#### 4. JUSTIFICACIÓN

35. De la revisión y priorización de unidades mineras en la fase de exploración, se identificó al proyecto minero Quellaveco de la empresa AAQ. S.A., con fines próximos de explotación de los yacimientos cupríferos y de molibdeno ubicados en su área de operaciones y del uso de recursos hídricos ubicados en su área de abastecimiento de agua. Ambas, abarcan un área extensa, cuyas altitudes varían desde los 3100 a los 4300 m s.n.m. (operaciones) y desde los 4300 a 4500 m s.n.m. (abastecimiento de agua).
36. Al encontrarse aprobada su Cuarta Modificación del EIA mediante Resolución Directoral N° 339-2015-MEM/DGAAM, el proyecto minero Quellaveco ha iniciado trabajos de construcción hasta el 2016, en infraestructura de obras hidráulicas y carreteras de acceso, sin embargo, actualmente, está paralizado por temas referentes a revisión de sus costos, así como por los acuerdos por cumplir suscritos en mesa de diálogo, en los cuales los actores sociales manifestaron su incertidumbre y desconfianza respecto a potenciales impactos ambientales y sociales.
37. Ante esta situación y estando el proyecto próximo a pasar a la etapa de explotación, cumple con los criterios requeridos de priorización de proyectos para el desarrollo de una EAT, cuyo fin es el de recopilar información ambiental que sirva como niveles de referencia iniciales del proyecto para la posterior vigilancia ambiental. La EAT Incluye principalmente a la población como participante en la evaluación de los componentes ambientales en el área de influencia del proyecto.
38. El numeral 134.2 del Artículo 134° de la Ley N° 28611 – Ley General del Ambiente, dispone que la participación ciudadana en la fiscalización ambiental puede llevarse a cabo en las actividades de control que se realizan por medio de mediciones, muestreo o monitoreo ambiental.
39. En ese sentido, la Dirección de Evaluación del OEFA ha realizado la EAT de los componentes ambientales incorporando la participación ciudadana, contribuyendo a mantener informada a la población acerca de las condiciones en las que se encuentran los recursos naturales, con el fin de evitar o minimizar los conflictos socioambientales producto de la desinformación.



4  
1  
1  
D  
cu  
1

## 5. OBJETIVOS

### 5.1 Objetivo general

40. Realizar una evaluación ambiental temprana con participación ciudadana en el área de influencia del proyecto minero Quellaveco, ubicado en el distrito de Torata, provincia de Mariscal Nieto, departamento de Moquegua, durante el año 2017.

### 5.2 Objetivos específicos

41. Evaluar la calidad ambiental del agua superficial.
42. Evaluar la calidad ambiental de sedimentos.
43. Evaluar las condiciones de las comunidades hidrobiológicas.
44. Evaluar la calidad ambiental del aire.

## 6. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

45. El proyecto minero Quellaveco se ubica en la zona sur del Perú, en la vertiente occidental de la cordillera, a aproximadamente a unos 37 km al noreste de la ciudad de Moquegua, en el distrito de Torata, provincia de Mariscal Nieto departamento de Moquegua. Las instalaciones del proyecto Quellaveco se encuentran distribuidas en un amplio espacio geográfico del departamento de Moquegua que además involucra al distrito de Carumas.

## 7. ÁREA DE ESTUDIO

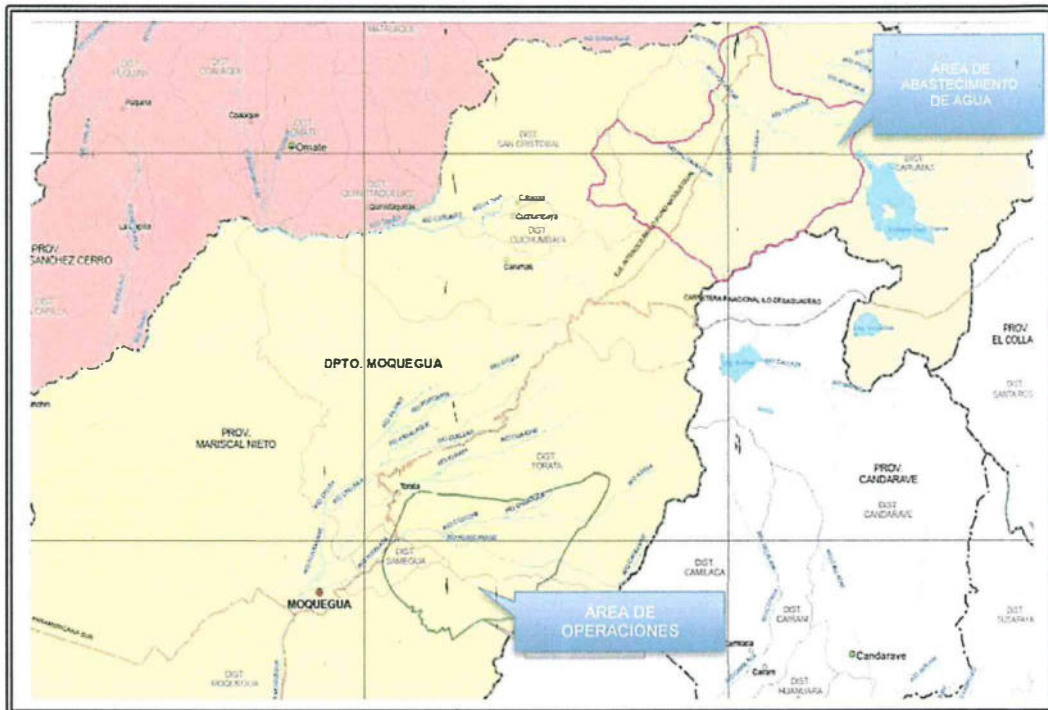
46. Para determinar el área de estudio en el desarrollo de la presente EAT en el área de influencia del proyecto minero Quellaveco, se ha tomado en cuenta la ubicación de las instalaciones y los cuerpos de agua involucrados. Son dos áreas involucradas en el estudio: **El área de operaciones del proyecto**, se encuentra asentada en el valle del río Asana, Huancanane, Coscori, Tumilaca, y abarca los distritos de Torata, Moquegua y Samegua, provincia de Mariscal Nieto, departamento de Moquegua. En cambio, **el área de abastecimiento de agua** se ubica aproximadamente a 66 km en línea recta al noreste de la zona donde se ubicará la mina, e involucra a los ríos Titire, Vizcacha y Chilota, perteneciendo al distrito de Carumas y San Cristóbal, provincia de Mariscal Nieto, departamento de Moquegua (Ver Figura 6-1).
47. Es importante mencionar que ubicados dentro del proyecto, se consideran la **instalaciones de procesamiento**: a) Pilas de lixiviación, b) Depósito de lixiviación, c) Chancadora primaria, ubicada al límite del tajo; d) Planta industrial Papujune, que se ubica en el área del quebrada Papujune y considera la construcción de instalaciones de chancado primario, talleres de camiones, planta concentradora, bodegas, talleres de mantenimiento de planta, entre otros. Así mismo, también se considera las **instalaciones de manejo de residuos**, donde se ubican: a) Depósitos de relaves, localizados en el área de la quebrada Cortadera; b) Depósito de material estéril con una extensión de 2100 m.



4  
1  
1  
D  
C  
1



Además, el proyecto incluye el área de **instalaciones de manejo de agua**, como son: a) Embalse Vizcacha, que contempla la construcción de concreto en el río Vizcacha; b) Línea de suministro de agua, que incluye la línea de captación Titire - embalse Vizcacha y la línea de embalse Vizcacha - mina; c) Línea de conducción de relaves y línea de recuperación de agua; d) Túnel de derivación del río Asana y e) Sistema de manejo de aguas pluviales. Por último, se contempla un área de **materiales de préstamo**, que contenga los materiales apropiados para los trabajos de cierre de mina.



**Figura 6-1.** Mapa de ubicación del proyecto minero Quellaveco en la provincia de Moquegua

48. En la EAT se definieron para su estudio, áreas principales del total del proyecto minero Quellaveco. En el presente acápite se detalla las características importantes de dichas áreas, que involucran componentes ambientales, que ayuden a comprender la importancia de la EAT.

### 7.1 Características del área de estudio

49. Como ya fue mencionado, el área del presente estudio se enfocó principalmente al área de operaciones y al área de abastecimiento de agua del proyecto. Sus descripciones se mencionan a continuación:
50. Según su fisiografía del proyecto, en el **área de operaciones** se han identificado 6 unidades geomorfológicas principales: a) Montañas (entre los 4000 y 4500 m s.n.m.); b) Escarpas de laderas (la de mayor exposición en toda el área, reconocida como parte del relieve del Flanco Andino, caracterizado por rocas volcánicas y macizos intrusivos, topografía abrupta, semiárida y disectada); c)

Pampa sobre Roca (presente en algunas zonas altas de la unidad geomorfológica Escarpas de ladera, y se caracteriza por presentar erosión antigua, labrada en las rocas volcánicas); d) Depósito de Desmonte (formado por unidades geomorfológicas de depósitos coluviales, de compacidad suelta, y depósitos deluviales, constituidos por materiales que fueron transportados por grandes corrientes de agua de diluvios del Cuaternario); e) Depósito Aluvial Antiguo (formado por materiales clásticos que han sido depositados por las quebradas y efluentes de los ríos más importantes); y f) Depósitos Aluviales Recientes (formado por gravas, arenas y arcillas que están en proceso de transporte por los ríos actuales). En cambio en el **área de abastecimiento de agua del proyecto**, se han identificado 3 unidades geomorfológicas: a) Montañosa (de considerable extensión con farallones verticales expuestos entre los 4500 y 5000 m s.n.m.); b) Laderas Montañas (laderas planas a onduladas, donde sobresalen algunas formas tipo colinas de pequeña altura conformada por rocas volcánicas); y c) Pampas Altoandinas (se extienden en casi toda el área y se caracterizan por una topografía llana y levemente ondulada)(ITS Quellaveco,2014).

51. Según su geología del proyecto, el **área de operaciones** se caracteriza por presentar rocas sedimentarias, volcánicas e intrusivas; el yacimiento de Quellaveco es un gran sistema pórfido de cobre de rocas volcánicas e intrusivas desarrollado en el periodo Cretáceo y Terciario; su área de 4 km<sup>2</sup> de alteración hidrotérmica corresponde a una zona de intersección de las fallas con tendencia nordeste de Incapuquio y Micalaco, con un conjunto de fracturas ortogonales subordinadas, controlando la ubicación de cinco pulsaciones principales compuestas de granodiorita a monzonita (EIA Quellaveco, 2000). Por otro lado, el **área de abastecimiento de agua** está constituida por la formación Huaylillas (mioceno medio), la formación Maure (mioceno - pleistoceno), el Volcánico Sencca (plioceno), la formación Capillune (pioceno superior) y el Volcánico Barroso (pleistoceno); también presenta depósitos cuaternarios de origen glaciar, coluvial, fluvial, aluvial y fluvio-glaciar, que generalmente ocupan las partes bajas (fondos) de las quebradas (ITS Quellaveco ,2014).

52. Respecto a la actividad volcánica en el proyecto minero Quellaveco, entre el área de operaciones y de abastecimiento de agua del proyecto, atraviesa de forma casi perpendicular el arco volcánico moderno. Específicamente, el proyecto se encuentra entre 30 a 40 km del volcán Tutupaca, a 50 km del volcán Yucamane y entre 40 a 50 km del volcán Ticsani, todos considerados activos (ITS Quellaveco ,2014)

## 7.2 Área de estudio para la evaluación de las aguas superficiales, sedimentos y comunidades hidrobiológicas

53. Identificados los componentes mineros del proyecto Quellaveco, se observó la cercanía a los principales cuerpos de agua, así tenemos:
54. Para el área de operaciones se encuentran proyectados: a) Tajo abierto, ubicado en el valle del río Asana; b) Depósito de desmonte, ubicado en el cauce del río Asana, aguas abajo del tajo abierto; c) Planta concentradora, sala de control, taller de mantenimiento, almacén de la planta, sala de cambio, edificio de

administración y campamento, ubicados cerca a la quebrada Papujune; d) Depósito de relaves, ubicado cerca a la quebrada Cortadera.

55. Para el área de abastecimiento de agua se encuentra proyectado un sistema compartido, en el cual la captación en todo el año provendrá del río Titire, mediante una bocatoma ubicada aguas abajo del puente Bello; durante los meses de menor disponibilidad, la captación será compartida desde el embalse de Vizcacha, donde se almacenará agua del río Vizcacha durante el año, para abastecer al proyecto y para compensar lo requerido hacia la cuenca del río Tambo. En el caso del embalse Pasto Grande, ubicado aguas arriba, es importante mencionar que su descarga se dejará pasar a través del embalse Vizcacha.
56. Los ríos principales y tributarios fueron organizados y agrupados por el tipo de actividad de los componentes mineros del proyecto, y dentro de ellos, en tres zonas que tributan a cuencas diferentes, así tenemos:
57. **Área de operaciones del proyecto**, abarca las zonas I y II y su detalle se muestra a continuación:
58. **La Zona I**, corresponde a la red hídrica que comprende a los ríos Asana, Charaque, Coscori y Tumilaca, además de sus tributarios menores como son el río Altarani y las quebradas Millune, Sarallenque y Quimsuta. Por otro lado, confluye a esta zona (a nivel del río Coscori), la red hídrica del río Huancanane, con sus tributarios menores como son el río Capillune y las quebradas Salviani y Papujune. La red hídrica de esta zona descarga sus aguas en la cuenca del río Ilo - Moquegua (Ver Figura 7-1).
59. El río **Coscori** nace a 3114 m s.n.m., en la confluencia del río Asana y el río Charaque y sigue una orientación hacia el oeste. Tiene un área de drenaje de 287,8 km<sup>2</sup> desde la naciente del río Asana hasta su confluencia con el río Charaque. El río **Asana** tiene una extensión de 201,3 km<sup>2</sup>, formada por laderas de pendiente muy fuerte en la parte baja (>36%) y alta de la cuenca, en tanto, en la parte media presenta pendientes medianamente onduladas. El río **Charaque** tiene un área de 55,6 km<sup>2</sup>, formada por laderas de pendiente muy fuerte en su parte baja, mientras que la parte media presenta laderas de pendiente medianamente onduladas.
60. La red hídrica del río **Huancanane** presenta forma alargada, casi rectangular, con una extensión de 152,2 km<sup>2</sup> y a una altitud máxima de 4800 m s.n.m. Su curso principal tiene una longitud de 35,1 km y discurre en dirección noroeste con una pendiente de 6,9% hasta la confluencia con el río Coscori. En su recorrido recibe el aporte de numerosos tributarios, siendo los más importantes las quebradas Papujune y Capillune. El río **Capillune** tiene una extensión de 89,9 km<sup>2</sup>, siendo su parte de baja y media formada por laderas de pendiente muy fuerte. La **quebrada Papujune** atraviesa el sector de la planta concentradora proyectada, y tiene forma alargada, drenando un área de 6,05 km<sup>2</sup> hasta el límite de influencia de la quebrada en el sector de la planta, tiene una altura máxima de 4136 m s.n.m.



*[Handwritten signature]*



61. El río **Tumilaca** nace a los 2400 m s.n.m de altitud en la confluencia del río Coscori y Huancanane y se orienta al suroeste, tiene un área de drenaje de 631,1 km<sup>2</sup> desde su nacimiento con el río Coscori hasta la confluencia con río Torata. El curso principal del río Tumilaca tiene una longitud de 70,7 km hasta tomar el nombre el río Osmore.
62. **La Zona II**, corresponde a la red hídrica que comprende a las quebradas Cortadera y Yarito. La descarga de sus aguas alimentan la cuenca del río Locumba (Ver Figura 7-1).
63. La **quebrada Cortadera** tiene una forma alargada y drena un área de 51,5 km<sup>2</sup> hasta la ubicación del eje del depósito de relaves proyectado, con una altitud máxima de 4050 m s.n.m.; fluye en dirección suroeste a lo largo de 17,6 km y está formada por pendientes fuertes (28%) y ligeras (6,4%). La **quebrada Yarito**, al igual que la quebrada Cortadera, esta formada por pendientes que varían de ligeramente inclinadas a muy empinadas; con un paisaje pluvial con depósitos de origen fluvial y aluvial y principalmente depósitos de desmonte deluvio - coluvial; de laderas con tonalidad rojiza característica de la zona. Ambas quebradas son consideradas afloramientos volcánicos con farallones verticales abruptos a los 3250 m s.n.m.



67. El **embalse de Pašto Grande** tiene un volumen total de 200 Mm<sup>3</sup> y con una superficie de 40 km<sup>2</sup> cuando se encuentra en su máxima capacidad, y en periodos de muy alto caudal, rebosa al río Vizcacha.
68. La cabecera del río **Calasaya** está formada por una línea de manantiales a los largo de la base de la esquina suroeste de las cuencas cerca de la pampa Condoriqueña y la pampa Huanchunta. La ladera oriental de esta cuenca, es drenada por el río **Chilota** con 282,4 km<sup>2</sup>, y que fluye en dirección norte - noreste hacia la confluencia con el río Vizcacha.
69. El río **Titire** es también uno de los principales tributarios del río Tambo y su altitud varía desde los 4400 m s.n.m. (en el sitio propuesto para la bocatoma) hasta aproximadamente los 5350 m s.n.m. Su área de drenaje total es de 590 km<sup>2</sup>, con dimensiones aproximadas de 5 km de norte a sur y de 10 km de este a oeste. Cabe mencionar que fluye a un gran sistema de bofedales en la confluencia del río Aruntaya; así como que en la parte baja del río, entre el río Coralaque y Puente Bello, existe un gran manantial termal (géiser) que descarga directamente al río, denotando características especiales con observaciones de depósitos mineralizados visibles en su ribera.

### 7.3 Área de estudio para calidad de aire

70. Basados en la distribución de los componentes del proyecto minero y dirección predominante del viento, se determinó estratégicamente el área de estudio, de tal modo que permitan generar información actual en calidad del aire y realizar comparaciones a futuro durante la vigilancia de las operaciones de la empresa minera.
71. El área de estudio para calidad de aire se circunscribe al área de operaciones del proyecto minero Quellaveco, es decir, abarcó zonas correspondientes al barlovento y sotavento del tajo proyectado, así como al sotavento del depósito de relaves proyectado. Cabe mencionar que dentro de las zonas mencionadas se encuentra el anexo de la comunidad campesina Tala.

## 8. CONTEXTO SOCIAL

72. El contexto social se refiere a todas aquellas circunstancias que enmarcan la situación donde se desarrolló la EAT, en el cual, están incluidos todos los individuos que forman parte de la población residente en esa área.
73. El proyecto minero Quellaveco se encuentra rodeado principalmente por centros poblados o distritos involucrados, atentos al desarrollo del proyecto. Dentro de ellos, el distrito con mayor área de influencia dentro del proyecto es Torata. En la Tabla 8-1 se detallaron las comunidades enmarcadas dentro del área de influencia tanto de las operaciones mineras como las de abastecimiento de agua del proyecto (EIA Quellaveco, 2000)

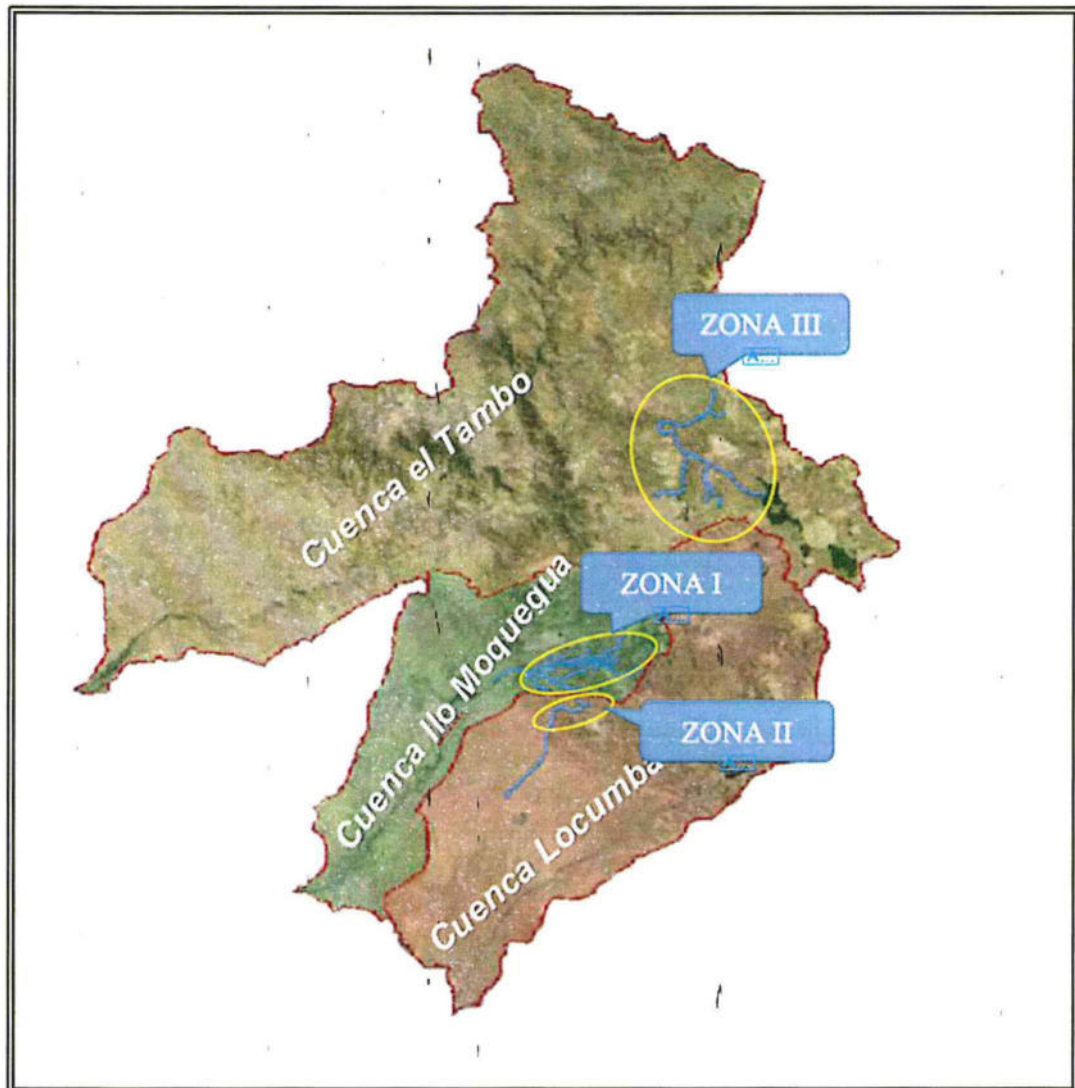


Figura 7-1. Mapa del área de estudio para las Zonas I, II y III

- 4  
1  
1  
D  
4  
1
64. **Área de abastecimiento de agua del proyecto**, abarca la zona III y su detalle se muestra a continuación:
  65. **La zona III** corresponde a la red hídrica que comprende desde el embalse de Pasto Grande hasta los ríos Vizcacha, Chilota y Calasaya con sus tributarios, como son las quebradas Vilaje y Sin Nombre; por otro lado, también dentro de esta zona, se encuentra el río Titire. La red hídrica de esta zona descarga sus aguas en la cuenca del Bajo Tambo (Ver Figura 7-1).
  66. Gran parte de estos cuerpos de agua son sostenidos a través de los meses invernales más secos, por el caudal de los manantiales y el caudal base. El río **Vizcacha** es uno de los principales tributarios del río Tambo, con una altitud que va desde 4335 m s.n.m. (en la ubicación del sitio propuesto para la presa Vizcacha) hasta los 5350 m s.n.m., drena un área total de 234,4 km<sup>2</sup>. Los ríos Chilota y Calasaya desembocan en el río Vizcacha.

**Tabla 8-1.** Área de influencia social en el proyecto minero Quellaveco

ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA			
Área de operaciones de la planta	Poblaciones	Área de abastecimiento de agua	Poblaciones
Instalaciones de la planta	Anexos de la Comunidad Campesina Tumilaca: Pocata, Coscori, Tala, Calientes y Quebrada, Honda.	Área de abastecimiento de agua: ríos Chilota, Vizcacha y Titire.	Anexo Huachunta, Chilota. Centro Poblado Titire. Comunidad Campesina de Aruntaya.
ÁREA DE INFLUENCIA INDIRECTA			
Región : Moquegua Provincia : Mariscal Nieto Distritos : Torata, Samegua y Moquegua Ciudades : Ilo y Moquegua		Región : Moquegua y Arequipa Provincia : Mariscal Nieto Distritos : Carumas, Cuchumbaya y San Cristóbal Ciudades : Ilo y Moquegua	

74. La visita de reconocimiento, previa al desarrollo de las etapas reglamentadas de participación ciudadana, constituye una etapa adicional antes de la etapa de coordinación previa con los actores involucrados. Su objetivo es establecer un primer contacto con las poblaciones y autoridades de la zona a evaluar, proporcionando información que contribuya al mejor desarrollo de la EAT.

### 8.1. Etapas de la EAT

75. A continuación, en forma breve se describen las etapas establecidas en el Reglamento de Participación Ciudadana y se consigna la manera en que fueron desarrolladas.

#### 8.1.1. Descripción de las etapas del Reglamento de Participación Ciudadana

76. Las etapas del Reglamento de Participación Ciudadana en las Acciones de Monitoreo Ambiental a cargo del OEFA son las siguientes:

- a) Coordinación previa con los actores involucrados
- b) Convocatoria
- c) Inscripción en los programas de inducción
- d) Realización de la inducción
- e) Taller para la presentación de la propuesta de la EAT
- f) Ejecución de la EAT
- g) Taller para la presentación de los resultados del monitoreo realizado

#### 8.1.2. Planteamiento y desarrollo de la EAT

77. A continuación se presenta el desarrollo de cada una de las etapas consignadas anteriormente y que tuvieron lugar en el área de estudio del proyecto minero



"Quellaveco", incluyendo el reconocimiento previo. Para cada una de las etapas se indica la fecha de desarrollo y las actividades principales que se realizaron durante las mismas.

### Visita de reconocimiento

78. Para la presente EAT, la actividad de reconocimiento se realizó de manera conjunta y dentro del periodo comprendido en la etapa de coordinación previa (del 14 al 18 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 de la EAT, y reconocer técnica y logísticamente el área de intervención. El conocimiento generado ha reflejado la situación social y ambiental del área de evaluación, así como la existencia de conflictos, y las principales actividades económicas.
79. Esta visita fue útil para la definición del área de estudio e identificar los componentes ambientales a ser evaluados, determinar la red de puntos de muestreo y los parámetros a evaluar, así como, establecer las herramientas de análisis que ayudarían a diagnosticar las condiciones ambientales de la zona. Cabe resaltar que durante esta etapa, no se identificaron fuentes de agua residual o de vertimientos, lo cual es muy importante para realizar un análisis de los resultados analíticos.

### a) Coordinación previa con los actores involucrados, b) Convocatoria y c) Inscripción a los programas de inducción.

80. Estas etapas también fueron desarrolladas del 14 al 18 de junio de 2017, periodo durante el cual se realizaron reuniones de coordinación previa con la Gerencia regional de agricultura de Moquegua, Juntas vecinales y Frentes de defensa, así mismo, se coordinó la difusión de la invitación a los talleres de inducción a través de dos medios radiales locales: radio Americana (95,7 FM) y radio Municipal de Totorá.
81. La información brindada a todos los actores sociales, fue basada en todos los aspectos de la realización de la EAT en el área de influencia del proyecto minero "Quellaveco". Es decir, en territorio correspondiente al distrito de Torata en la provincia de Mariscal Nieto, departamento de Moquegua. Además se concretaron las fechas y lugares de la convocatoria para la realización de los talleres de inducción y la presentación de la propuesta de la EAT. Las actas generadas, relación de participantes y registro fotográfico en la presente etapa son registradas en el Anexo A1.
82. Participaron de la etapa de convocatoria, los mencionados en la Tabla 8-2.

**Tabla 8-2.** Actores sociales que participaron en la etapa de coordinación de la EAT

Actores	Representante de los actores
Municipalidad provincial de Mariscal Nieto	Gerente de Medio Ambiente



Actores	Representante de los actores
Empresa minera Anglo American Quellaveco	Gerente de Medio Ambiente
Gerencia Regional de Agricultura de Moquegua	Gerente Regional de Agricultura
Municipalidad Distrital de Torata	Gerente de Medio Ambiente
Junta vecinal de agricultores parte baja El Molino	Presidente
Junta vecinal del anexo Arandaya	Presidente
Junta vecinal Buena Vista Pulpitoyo	Presidente
Junta de usuarios de Torata	Presidente
Frente de defensa de Torata	Presidente
Junta vecinal de Torata	Presidente
Junta vecinal de Tala - Torata	Presidente

83. La difusión de la actividad fue realizada mediante comunicaciones formales y emisión radial, convocándose a los principales actores sociales involucrados en el desarrollo de la EAT, tales como instituciones del estado, juntas vecinales, frentes de defensa y pobladores del distrito involucrado.
84. Los lugares de inscripción para participar en los talleres de inducción fueron difundidos mediante avisos, siendo la Oficina Desconcentrada del OEFA en Moquegua, la Gerencia de medio ambiente de la municipalidad distrital de Torata y la Gerencia regional de agricultura de Moquegua.
85. Finalmente, se realizó el reconocimiento de los puntos de muestreo propuestos, con el fin de evaluar los accesos al punto, la viabilidad de su evaluación ambiental y consideraciones logísticas.

**d) Realización de la inducción y e) Taller para la presentación de la propuesta del plan de la EAT.**

86. Las etapas de inducción y realización del taller para la presentación de la propuesta del plan de la EAT se realizó el 14 de julio del 2017, en el auditorio de la gerencia regional de agricultura de Moquegua, ubicado en la ciudad de Moquegua.
87. El taller de inducción, tuvo por objetivo informar sobre las competencias del OEFA relacionadas la 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, los lineamientos y procedimientos para la toma de muestras. Al finalizar el taller, el OEFA se comprometió a entregar un certificado de participación a los asistentes que se inscribieron y participaron en la inducción.

88. Después de la inducción, se presentó la propuesta de la EAT, que contiene la explicación de los objetivos, las acciones que se realizarían en campo, los criterios para la determinación de los puntos de muestreo, la metodología para la recolección de muestras y mediciones en campo, la metodología para la evaluación de los resultados y los alcances de la participación ciudadana durante la EAT con participación ciudadana.
89. Los acuerdos tomados en el taller, estuvieron relacionados principalmente con las fechas de ejecución de la EAT y los participantes que acompañarían al OEFA durante la ejecución de la misma. Asimismo, se validaron los puntos de muestreo propuestos e incluyó el análisis de material particulado  $PM_{2,5}$  para calidad de aire. Las actas y listas de participantes presentes en el Anexo A2.

#### f) Ejecución de la EAT

90. Se desarrolló del 4 al 15 de setiembre del 2017. Las actividades incluyeron la toma de muestras de los componentes ambientales como son: aguas superficiales, sedimentos, comunidades hidrobiológicas y aire.
91. Las personas que acompañaron durante la ejecución de la EAT fueron seleccionadas en la etapa de inducción y su participación fue muy positiva en el proceso. Las actas generadas, listado de participantes y registro fotográfico se encuentran en el Anexo A3.

### 9. MARCO CONCEPTUAL

92. En este apartado se describen los conceptos y fundamentos de cada uno de los componentes ambientales evaluados en la EAT, llevada a cabo en el área de influencia del proyecto minero "Quellaveco", correspondiente al distrito de Torata.

#### 9.1. Agua superficial

93. Aunque el agua superficial disponible en Perú es relativamente abundante, su calidad es crítica en algunas regiones del país, y se constituye como uno de los problemas más graves existentes, puesto que constituye un impedimento para lograr el uso de dicho recurso de manera eficiente<sup>6</sup>.
94. De manera general, se puede afirmar que el deterioro de la calidad de agua se debe principalmente a la expansión y el desarrollo de las actividades antropogénicas, entre otras causas. Su calidad puede verse afectada por vertimientos procedentes de industrias extractivas, principalmente no formalizadas, y de la población, siendo su causa principal, la falta de tratamiento adecuado de aguas residuales, el uso de pesticidas, la ausencia de vegetación de ribera en los cursos de agua, etc. Toda esta problemática, también tiene un gran impacto sobre el resto de componentes ambientales que son analizados en el presente informe.

<sup>6</sup> Autoridad Nacional del Agua (ANA).



Handwritten notes and signatures in blue ink, including a large '4' and several illegible signatures.

95. A continuación se mencionan conceptos y metodologías a tener en cuenta, para realizar el análisis de resultados referentes a calidad de agua.

### 9.1.1. Parámetros fisicoquímicos

#### Potencial de hidrógeno

96. El pH del agua es una característica muy importante, por ser un factor importante que afecta el equilibrio entre la mayoría de las especies químicas, por su potencial corrosivo del agua y por su conveniencia para mantener los organismos vivos. En general, se usa para expresar la intensidad de la condición ácida o alcalina existente en un cuerpo de agua. Habitualmente, el pH en medios hidrosféricos varía entre 6,5 y 8,5 debido a la presencia de especies químicas que amortiguan el pH; sin embargo, en situaciones extremas, el pH puede estar fuera de dichos límites (García, 2011).
97. Aplicada al agua natural y residual, la acidez es la capacidad del agua de neutralizar iones  $\text{OH}^-$ , es un concepto análogo al de alcalinidad, que es la capacidad de neutralizar  $\text{H}^+$ . Aunque virtualmente todas las aguas tienen alguna alcalinidad, no es frecuente encontrar aguas ácidas, y es el resultado de la presencia de ácidos débiles, particularmente  $\text{CO}_2$ , pero a veces incluye otros como  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ , proteínas y ácidos grasos. Los iones metálicos ácidos, particularmente el  $\text{Fe}^{3+}$ , también pueden contribuir a la acidez. El ácido débil más importante en el agua es el dióxido de carbono, debido a su presencia en el aire y su producción a partir de  $\text{CO}_2$  disuelto (García, 2011).

#### Oxígeno disuelto

98. El oxígeno molecular disuelto ( $\text{O}_2$ ) es el más importante agente oxidante presente en las aguas naturales. Su determinación es vital por ser el factor que define la existencia de condiciones aerobias o anaerobias, además del grado de contaminación que pueda existir en estas aguas. La mayoría de oxígeno proviene de la atmósfera y, en menor cantidad, de la acción fotosintética de las algas. Su solubilidad en el agua depende de la temperatura de ésta, la presión parcial de oxígeno en la atmósfera y el contenido de sales en el agua. La concentración de oxígeno en el agua a 25 °C, en equilibrio con el aire, es alrededor de 8,7 mg/L (García, 2011).

#### Conductividad eléctrica

99. La conductividad eléctrica del agua depende de la concentración total de sustancias disueltas ionizadas en el agua y de la temperatura a la cual se haga la determinación; por ello, cualquier cambio en la cantidad de sustancias disueltas, en la movilidad de los iones disueltos y en su valencia, implica un cambio en la conductividad (García, 2011).
100. La conductividad es una medida de la capacidad del agua de conducir una 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 (Chapman, 1996). La conductividad en la mayoría de las aguas dulces naturales



se encuentra entre los 10  $\mu\text{S}/\text{cm}$  a los 350  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ; aunque, por supuesto depende del tipo de geología.

### Temperatura

101. La determinación de la temperatura es un dato importante en estudios de contaminación de los ríos, por estar relacionado con el grado de saturación de oxígeno disuelto, con la solubilidad de sales y con la actividad biológica (García, 2011).

### **Parámetros físico químicos**

#### Sólidos totales disueltos (STD)

102. Los sólidos disueltos totales son la suma de los minerales, sales, metales, cationes o aniones disueltos en el agua, presentan una variedad de tamaños, formas y composición química, la determinación de sólidos disueltos totales mide específicamente el total de residuos sólidos filtrables (sales y residuos orgánicos) a través de una membrana con poros de 1,2  $\mu\text{m}$  o de diámetro menor, por lo general estos sólidos se encuentran entre el rango de 0,01  $\mu\text{m}$  a 1,0  $\mu\text{m}$  (Metcalf y Eddy, 2014). Los sólidos disueltos pueden afectar adversamente la calidad de un cuerpo de agua o un efluente de varias formas.

#### Sólidos totales suspendidos (STS)

103. Los sólidos totales suspendidos son productos de la erosión de los suelos, detritus orgánico y plancton. Los STS, tales como limo, arena y virus, son generalmente responsables de impurezas visibles. La materia suspendida consiste en partículas muy pequeñas, que no se pueden quitar por medio de deposición. Pueden ser identificadas con la descripción de características visibles del agua, incluyendo turbidez y claridad, gusto, color y olor del agua (GESTA, DIGESA)

### **Aniones y cationes principales**

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

104. El cloruro presente en las aguas naturales, se debe principalmente a la interacción del elemento con sales como el calcio, magnesio y sodio, las cuales provienen de la erosión de las rocas evaporíticas (González, 2011). Las concentraciones de cloruros por lo general no son lo suficientemente altas para modificar el sabor y el olor del agua y su rango promedio en aguas superficiales es desde 1 a 100 mg/L (Sandí, 2010).
105. Puede proceder también de la meteorización de rocas, aunque su aporte es pequeño, ya que es un elemento escaso en la corteza terrestre. Puede tener interés el aporte del ion cloruro por rocas evaporíticas<sup>7</sup> y por el ataque de ciertos

<sup>7</sup> Son las principales rocas químicas, formadas por precipitación química directa de los componentes minerales. Suelen formarse a partir del agua de mar, si bien también existen evaporitas continentales, formadas en lagos salados, o en regiones desérticas que se inundan esporádicamente. Disponible en:



Handwritten blue ink marks and signatures on the left margin.

minerales asociados a rocas ígneas<sup>8</sup> y metamórficas. Raramente puede provenir de gases y líquidos asociados a emanaciones volcánicas. No forma sales de baja solubilidad, 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 ideal. La concentración de cloruros en aguas subterráneas es muy variable, desde menos de 10 mg/L a más de 2000 o 3000 mg/L (Gómez, 2009).

### Sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ )

106. Los sulfatos son compuestos que se encuentran diluidos en las aguas superficiales por la acción erosiva que tiene el líquido sobre rocas sedimentarias como la lutita, y por las interacciones bioquímicas de las bacterias sulfato-reductoras que están presentes en el medio, quienes modifican las propiedades químicas creando estos compuestos.
107. Procede del lavado de terrenos formados por la oxidación de sulfuros que se encuentran ampliamente distribuidos en rocas ígneas y sedimentarias, y de la descomposición de sustancias orgánicas. Sin embargo, la disolución de yeso ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) y la anhidrita ( $\text{CaSO}_4$ ) y otros tipos de sulfatos dispersos en el terreno, representan el aporte más significativo de este ion a las aguas subterráneas. En aguas dulces la concentración normal de  $\text{SO}_4^{2-}$  puede variar entre 2 y 150 mg/L. La mayoría de las aguas subterráneas, sulfurosas, presentan contenidos apreciables de  $\text{HS}^-$  o  $\text{H}_2\text{S}$ , que incluso, a concentraciones muy bajas, dan al agua el típico olor a huevos podridos (Gómez, 2009).
108. Los sulfatos son compuestos que se encuentran diluidos en las aguas superficiales por la acción erosiva que tiene el líquido sobre rocas sedimentarias como la lutita, y por las interacciones bioquímica de las bacterias sulfato-reductoras que están presentes en el medio, quienes modifican las propiedades químicas creando estos compuestos; para garantizar que el sulfato no vaya ocasionar cambios en la calidad del agua es pertinente que las concentraciones no sobrepasen el rango comprendido entre 10 mg  $\text{SO}_4/\text{L}$  y 80 mg  $\text{SO}_4/\text{L}$  (Weiner, 2013).

### Bicarbonato y carbonato ( $\text{HCO}_3^-$ y $\text{CO}_3^{2-}$ )

109. Proceden de la disolución de anhídrido carbónico ( $\text{CO}_2$ ) atmosférico o del suelo en la zona edáfica, por la respiración y descomposición de la materia orgánica, o de la disolución de calizas y dolomías ayudado por el  $\text{CO}_2$  y/o ácidos orgánicos e inorgánicos. En aguas subterráneas con pH inferior a 8,3 la especie carbonatada dominante es el ion bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ).
110. La presencia de carbonatos o bicarbonatos en el agua está condicionada por el valor del pH. El ion  $\text{HCO}_3^-$  está presente en un pH comprendido entre 4,5 y 8,3 unidades de pH y el ion  $\text{CO}_3^{2-}$  está presente en las aguas con pH superiores a 8,3 unidades de pH (Gómez, 2009).

<http://www.medellin.unal.edu.co/~rrodriguez/yacimientos-higueras/ymquimicos.htm>, revisado el 19 de diciembre de 2017.

<sup>8</sup> Las rocas ígneas (latín ignis, "fuego") se forman cuando el Magma (roca fundida) se enfría y se solidifica. Disponible en: [https://www.ecured.cu/Roca\\_%C3%ADgnea](https://www.ecured.cu/Roca_%C3%ADgnea), revisado el 19 de diciembre de 2017.

### Sodio (Na<sup>+</sup>)

111. Las sales de sodio son muy solubles y tienden a permanecer en solución, ya que no se producen reacciones de precipitación entre ellas, como ocurre en el caso del calcio. Sin embargo, el sodio puede ser adsorbido en arcillas de elevada capacidad de intercambio catiónico (CIC) y puede ser intercambiado por calcio, provocando una disminución de la dureza de las aguas (ablandamiento natural). Algunas aguas superficiales, incluyendo aquellas que reciben descargas de aguas residuales tienen valores de concentración menores a los 50 mg/L. La presencia de sodio en cantidades elevadas es muy perjudicial para la agricultura, ya que tiende a permeabilizar los suelos, especialmente en zonas de drenaje deficiente, la presencia de calcio y magnesio atenúa este efecto. La concentración de sodio en aguas naturales es muy variable, pudiendo alcanzar hasta 120 000 mg/L en zonas evaporíticas, sin embargo, raramente sobrepasa 100 o 150 mg/L en aguas dulces normales (Gómez, 2009).

### Fósforo (P)

112. El fósforo es normalmente el nutriente limitante en los ecosistemas, no hay formas gaseosas estables comunes del fósforo, por lo que el ciclo del fósforo es endógeno. En la geosfera, el fósforo es retenido principalmente en minerales pocos solubles, como la hidroxiapatita, una sal de calcio, cuyos depósitos constituyen la mayor reserva del fosfato ambiental. El fósforo soluble de los minerales de fosfato y otras fuentes, como los fertilizantes, es asimilado por las plantas e incorporado en los ácidos nucleicos, que constituyen el material genético de las plantas (Stanley, 2007).

### Calcio (Ca<sup>2+</sup>)

113. El calcio suele ser el catión principal en la mayoría de las aguas naturales, debido a su presencia en rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas, es un metal alcalino térreo y uno de los cationes más abundantes en aguas subterráneas y superficiales. Es fácilmente disuelto de las rocas por las escorrentías y lluvias, en minerales que lo contienen como calcita y dolomita. Las sales de calcio, junto con las de magnesio, provocan la dureza del agua. La concentración de calcio varía ampliamente en las aguas subterráneas; concentraciones entre 10 y 250 mg/L son frecuentes en aguas dulces, mientras que en terrenos con yeso pueden llegar a 600 mg/L (Gómez, 2009).
114. Las aguas residuales contribuyen de manera importante en las concentraciones de calcio de las aguas superficiales. La lluvia ácida puede incrementar el lixiviado de los iones de calcio del suelo, por ende a los cuerpos de agua. El calcio es esencial para la nutrición humana, también ayuda a mantener la estructura de las células de las plantas y es deseable en aguas de riego por que mejora la estructura del suelo (Beita, 2008).

### Potasio (K<sup>+</sup>)

115. 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 del agua de lluvia. Forma sales de



solubilidad muy elevada que son difíciles de precipitar. 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 sodio (Gómez, 2009).

116. En aguas naturales las concentraciones de potasio son menores a 10 mg/L, aunque puede aumentar por deposición atmosférica, escorrentías en terrenos agrícolas e influencia de los drenajes de irrigación. Dado que son elementos esenciales para la nutrición de las plantas, su presencia en el agua es beneficiosa (Beita, 2008).

#### Litio (Li)

117. Las concentraciones de litio en la superficie y las aguas subterráneas pueden ser más altas que en el entorno general en lugares donde se producen salmueras y minerales ricos en litio, y en lugares donde se eliminan las baterías de litio. En el Informe de Ecotoxicología y seguridad ambiental (Aral, 2008), mencionan que no se espera que el litio se bioacumule y que su toxicidad humana y ambiental es baja. Además mencionan que el litio no es un mineral dietético para las plantas, pero sí estimula el crecimiento de las plantas. En el caso del daño a los humanos, concentraciones de litio en 10 mg/L en la sangre, se considera que una persona está levemente envenenada con litio; a 15 mg/L experimentan confusión y deterioro del habla, y con 20 mg/L de Li existe riesgo de muerte.

#### Magnesio (Mg<sup>2+</sup>)

118. El magnesio es menos abundante que el calcio en las aguas naturales y procede de la disolución de rocas carbonatadas (dolomías y calizas magnesianas), evaporitas y de la alteración de silicatos ferromagnesianos, así como de la contaminación industrial y minera. Una de las cualidades del magnesio, es que es más soluble y más difícil de precipitar que el calcio. Los procesos de intercambio iónico influyen también en las concentraciones de magnesio en aguas subterráneas, donde es retenido con preferencia al calcio, en suelos y rocas. En aguas dulces, el contenido en ion magnesio no suele sobrepasar los 40 mg/L; sin embargo, en terrenos cálcicos pueden rebasarse a veces los 100 mg/L y en terrenos evaporíticos puede alcanzar valores de 1000 mg/L (Gómez, 2009).

#### Cianuro (CN<sup>-</sup>)

119. El carbono y el nitrógeno, los dos elementos que componen el cianuro, están presentes a nuestro alrededor y juntos constituyen casi el 80% del aire que respiramos, y ambos están presentes en las moléculas orgánicas que son la base de todas las formas de vida. El cianuro se forma naturalmente, es producido y utilizado por las plantas y los animales como un mecanismo de protección que los convierte en una fuente de alimento poco atractivo. Muchos organismos pueden adaptarse a la presencia de cianuro o desintoxicarlo (Logsdon, M. et. al, 2001).



Handwritten notes and signatures in blue ink, including the number '1' and a signature.

120. El ion cianuro puede enlazarse al ion metálico hierro para formar complejos o "complejación", denominándose ligando, es decir en este caso, el ion cianuro es un ligando monodentado, lo que significa que posee un solo sitio por el que se une al ion metálico. En aguas naturales, los complejos de ligandos monodentados en solución son relativamente poco importantes. De mucha más importancia son los complejos con agentes "quelantes", que tienen más de un átomo que puede estar unido a un ion metálico central y a la vez formar una estructura de anillo, con propiedades de mayor estabilidad y de múltiples capacidades de vinculación de los agentes quelantes (Stanley, 2007).

#### Nitratos, nitritos y amonio

121. Los mayores componentes del ciclo del nitrógeno son: nitrógeno ( $N_2$ ), nitrógeno orgánico, amonio, nitrito y nitrato. En aguas naturales, la cinética de la transformación del nitrógeno orgánico a amonio, nitritos y nitratos es dependientes de la temperatura. Durante la respiración de las algas y su posterior muerte, una fracción del nitrógeno celular vuelve al ciclo del nitrógeno en forma de amonio, la fracción remanente se recicla en forma de nitrógeno orgánico, que experimenta descomposición bacteriana y cuyo producto final es amonio (nitrificación). El nitrógeno es un elemento esencial para las plantas, siendo sus compuestos necesarios e integrales en los ecosistemas debido a que es nutriente esencial en producción fotosintética y bacteriana; sin embargo, un suministro excesivo puede producir importantes desequilibrios nutricionales en las plantas, lo que se traduce en crecimientos excesivos, aumento de la lixiviación de nitrato y la contaminación de las aguas subterráneas. Los efectos en organismos acuáticos de estos compuestos nitrogenados pueden ser no sólo por su toxicidad, sino también por la reducción de oxígeno disuelto. Las principales fuentes naturales localizadas de nitratos son las rocas ígneas y la actividad volcánica; sus niveles de concentración varían dependiendo de la productividad biológica; por otro lado, los cuerpos de agua con niveles sobre los 5 mg/L muestran una clara señal de contaminación (Beita, 2008).

122. Los nitratos, proceden de la descomposición de materia orgánica, contaminación de vertimientos urbanos, industriales, abonos agrícolas y ganadería y en pequeña proporción de agua de lluvia. Muy raramente del lavado de ciertos minerales nitrogenados, emanaciones volcánicas o lavado de paleo de suelos (Gómez, 2009).

#### 9.1.2. Metales, metaloides y metales pesados

##### Arsénico (As)

123. El arsénico se encuentra en la corteza terrestre en un nivel medio de 2 a 5 ppm. La combustión de combustibles fósiles, particularmente del carbón, introduce grandes cantidades de arsénico al medio ambiente, en gran parte alcanza las aguas naturales. Las condiciones geoquímicas que resultan en la contaminación del agua con arsénico, están a menudo asociadas con la presencia de hierro, azufre y materia orgánica en depósitos (aluviales) producidos por el agua. El hierro liberado de las rocas erosionadas por el agua de río, forma depósitos de óxido de hierro en las superficies de las partículas de roca. El óxido de hierro acumula arsénico y lo concentra a partir del agua de río. Estas partículas son



"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

enterradas junto con la materia orgánica biodegradable en los sedimentos, transformando el hierro (III) insoluble de los óxidos férricos a hierro (II) soluble por las condiciones reductoras anaerobias, liberando el arsénico enlazado, pudiendo entrar en el agua de los pozos (Stanley, 2007).

124. El contenido de arsénico de las aguas superficiales en áreas no contaminadas varía, pero los valores típicos son de algunos microgramos por litro o menos. Sin embargo, en los Estados Unidos, alrededor del 80% de las muestras contenían niveles menos de 0,01 mg/L. Valores más altos han sido registrados en algunas áreas incluida Antofagasta, Chile, donde el nivel promedio de arsénico en un suministro de agua potable (entre 1958 y 1970) fue de 0,8 mg/L. Además, se han encontrado altos niveles de arsénico en aguas de áreas de actividad térmica, como en las aguas termales de Nueva Zelanda con 8,5 mg/L. De este caso, se hicieron estudios en cuanto a la forma química del arsénico, y resultaron en que más del 90% del arsénico presentaba forma trivalente (EHC 18, 1981).

### Aluminio (Al)

125. Las concentraciones de aluminio en agua dulce pueden variar significativamente, siendo dependientes de los diversos factores fisicoquímicos y mineralógicos. El aluminio puede ocurrir en una serie de formas diferentes en agua dulce, pudiendo ser suspendido, ligado a compuestos orgánicos o inorgánicos, o como ion libre. La especiación del aluminio está determinada por el pH, el carbono orgánico disuelto y otros. Sus concentraciones como aluminio disuelto para el agua con un pH circunneutral suele ser bastante bajo, desde 1 a 50 µg/L y aumentar a 500 a 1000 µg/L en aguas más ácidas (EHC 194, 1997).
126. En embalses y lagos, las concentraciones de aluminio aumentan en profundidad durante el periodo de mezcla térmica debido a los aportes de aguas ricas en arcillas en suspensión al lago. Cuando las escorrentías cesan y durante la estratificación térmica, la cantidad de aluminio se reduce en toda la masa hídrica, salvo en aguas profundas de lagos que experimenten una situación grave de anoxia, que exhiben por contra, una importante acumulación de aluminio en profundidad.

127. Algunos de los fenómenos que provocan la acidificación de las aguas es la lixiviación del aluminio por ácidos fuertes que lo transportan hasta el agua, y ahí en caso de que sean aguas naturalmente ricas en materia orgánica (por ejemplo ácido húmico) se complejará con el aluminio y se liberará los iones de H<sup>+</sup>, lo que genera la reducción del pH del agua (Beita, 2008).

### Boro (B)

128. En la naturaleza, el boro no se encuentra como elemento puro, sino formando parte de minerales que incluyen a los boratos (bórax) y borosilicatos (turmalina) en rocas sedimentarias, suelos y agua (María Woñs, 2014; California State Water Resources Control Board, 2016).
129. Las concentraciones más altas de boro se encuentran en los sedimentos y rocas sedimentarias, particularmente en sedimentos marinos ricos en arcilla, siendo por lo tanto, mayores las concentraciones de boro en el agua de mar que en

agua continental (ríos, lagos y quebradas), excepto en regiones geotermales o borateras. El incremento de boro del agua continental está relacionado con la proximidad a regiones costeras marinas, tal como sucede en los estuarios (CCME, 2009), siendo los minerales de boro solubles y difícil de removerlos en agua.

130. Por otro lado, las altas concentraciones de boro características de las áreas geotermales con diferente tectónica, litología y régimen hidrológico, ponen de manifiesto la relación de este elemento con los procesos termales (Ignacio Morell, 2008). Estas altas concentraciones han sido ampliamente reportadas en reservorios en la Cordillera de los Andes y su respectivo impacto en los cuerpos de agua superficial que reciben dichas aguas, entre los cuales podemos citar el caso del río Maure, aguas abajo de las borateras Chillicolpa registraron concentraciones de boro que excedieron los ECA agua para Categoría 3 aprobado por el D.S N°002-2008-MINAM en la época de vaciante y creciente de los años 2011, 2012, 2013 y 2014 evaluados por la Autoridad Nacional del Agua (ANA).
131. Finalmente, la concentración de boro en el agua subterránea depende de las condiciones hidrogeológicas y la interacción con la roca a las que se asocia (Ignacio Morell, 2008).
132. Cabe resaltar que la movilidad del boro disminuye en los acuíferos cuando estos tienen un alto contenido de arcilla debido al proceso de adsorción afectados por diversos factores como: salinidad del agua, temperatura, pH, tipo de arcilla y su cristalinidad y la fuerza iónica (Ignacio Morell, 2008).

### Bario (Ba)

133. El bario se encuentra en la naturaleza en muchas formas diferentes formando compuestos. Tanto el sulfato de bario como el carbonato de bario, son las dos formas principales que se encuentran a menudo en la naturaleza formando depósitos de minerales subterráneos; dichas formas no se mezclan muy bien con el agua, en consecuencia la cantidad de bario presente en el agua, es generalmente baja; sin embargo, otros compuestos manufacturados a partir de sus formas principales, se disuelven más fácilmente. El tiempo en el que el bario permanece en el aire, agua, suelos o sedimentos, depende de la forma en la que es liberado. En algunas áreas que tienen manantiales de aguas subterráneas, el agua potable puede contener más bario que el límite establecido por la US EPA (Agencia de protección ambiental de los Estados Unidos). La cantidad más alta medida en los manantiales, ha sido 10 ppm. La contaminación del agua por bario debido a actividades antropogénicas puede provenir principalmente de los residuos de perforaciones (lodos de perforación), efluentes de refinerías metálicas y manufacturas de pinturas (Según Resumen Salud Pública - ATSDR).

### Cadmio (Cd)

134. El cadmio es un elemento raro y no se encuentra en estado puro en la naturaleza; se encuentra principalmente asociado con los sulfuros de zinc, plomo y cobre. El Cadmio es considerado comúnmente como un contaminante en todo el mundo, se distribuye ampliamente en la corteza terrestre a una concentración



4  
1  
1  
2  
4  
1



promedio de 0,1 mg/kg, sin embargo, los niveles más altos pueden acumularse en las rocas sedimentarias, y los fosfatos marinos a menudo contienen aproximadamente 15 mg/kg. Algunos yacimientos de lutita negra en partes del Reino Unido y los Estados Unidos contienen niveles elevados de cadmio, lo que conduce a un suelo con altas concentraciones en estas áreas. Altas concentraciones se encuentran mayormente en áreas que contienen yacimientos de zinc, plomo y minerales de cobre. La actividad volcánica es una fuente natural importante de liberación de cadmio, teniendo lugar durante emisiones episódicas y de actividad continua de bajo nivel (EHC 134, 1992).

### Cobalto (Co)

135. El cobalto no se produce de forma natural como un metal base, sino que es un componente de más de 70 minerales naturales, incluidos varios sulfuros, arseniuros, sulfoarsenidas, hidratos y óxidos. Los minerales de cobalto más comunes son el arseniuro  $\text{CoAs}_2$  (esmeltita), el arsenosulfuro  $\text{CoAsS}$  (cobaltina) y el sulfuro  $\text{Co}_3\text{S}_4$  (linneita). Las fuentes naturales incluyen la erosión (polvo continental arrastrado por el viento), la erosión de las rocas y el suelo, los volcanes, los incendios forestales, la extracción por plantas y las emisiones biogénicas continentales y marinas. La estimación mundial de emisiones de cobalto atmosférico es de 5350 - 6170 t/año. Se ha encontrado que los compuestos de cobalto ocurren naturalmente en el agua de mar, agua superficial, agua de manantial y agua subterránea. El coeficiente de distribución del cobalto en el agua varía debido al pH, las condiciones redox, la fuerza iónica y las concentraciones de materia orgánica disuelta (Mahara y Kudo, 1981). Por ejemplo, a medida que aumenta el pH de 5 a 7,5, la absorción de cobalto del agua al sedimento aumenta rápidamente (WHO, 2006).

### Cobre (Cu)

136. Óxidos metálicos, silicatos y otros materiales son parte de estructuras de bloques de rocas que forman la corteza terrestre y es la meteorización de estas rocas que crean suelos y sedimentos. Óxidos de cobre, sulfuros de cobre y otros minerales se encuentran entre estos componentes. Actividades volcánicas inyectan polvo y partículas de cobre en la atmósfera, para luego asentarse en la superficie del suelo y del agua. El cobre es un metal que se libera a la atmósfera en asociación con material particulado. Se elimina por sedimentación gravitacional, deposición seca o por el lavado de lluvia. En el agua, se libera como resultado de la intemperie natural de suelo, así como de las descargas industriales de plantas de tratamiento de aguas residuales. En exceso, sus concentraciones pueden causar daño a algas. Varios procesos influyen en el destino del cobre en el ambiente acuático, es decir incluye la formación de complejos, óxidos metálicos, arcillas y materiales orgánicos. En el ambiente acuático, la concentración de cobre y su biodisponibilidad depende de factores tales como la dureza del agua y de la alcalinidad, pH y potencial redox, material particulado suspendido y la interacción entre los sedimentos y el agua (EHC 200, 1998).
137. 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 de 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).

### Estaño (Sn)

138. En general, la contaminación del medio ambiente por el estaño es solo leve. Los niveles de contaminación derivados de gases y humos, residuos, escoria, y los desechos líquidos del procesamiento de estaño son bajos debido al alto grado de recuperación y reprocesamiento utilizado en esta industria. El estaño se ha detectado solo ocasionalmente en ríos y aguas municipales. Los valores que exceden a 1  $\mu\text{g/L}$  son excepcionales, aunque altos valores como 30  $\mu\text{g/L}$  se han encontrado en el agua potable (EHC 15, 1980).

### Manganeso (Mn)

139. 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 Pinsino, 2012). El manganeso no se encuentra como metal libre, sino que está en más de 100 minerales que incluye los sulfuros, óxidos, carbonatos, silicatos, fosfatos y boratos (Howe, 2004).
140. 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 G, 2010).
141. La movilidad y biodisponibilidad biológica del manganeso no depende de su concentración total sino también de las formas fisicoquímicas en el que está presente (Jablonska-Czapla, 2015), estando dichas formas regidas por el potencial redox y pH.
142. 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 Pinsino, 2012).
143. En los sedimentos, 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 bajo, con un incremento de la formas coloidales por encima de pH 5,5 en aguas no distróficas<sup>9</sup> y precipitando en mayor concentración en forma de hidróxidos a mayores valores de pH (Jablonska-Czapla, 2015; Howe, 2004).



4  
1  
1  
14

<sup>9</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.

144. Generalmente, la concentración de manganeso es baja en condiciones aeróbicas como los acuíferos poco profundos y las aguas superficiales, debido a que se encuentra en su forma oxidada estable, normalmente como  $MnO_2$  (Mn IV) insoluble (Nádaská G, 2010), generando una tendencia de los compuestos de manganeso a sujetarse a partículas o establecerse como sedimentos (Annalisa Pinsino, 2012), los cuales puede ser removidos en mayor fuerza por el incremento de los caudales en las épocas de mayores lluvias.
145. Cabe resaltar que la composición de nódulos de manganeso en los fondos oceánicos se relaciona con factores tales como la composición del agua, tasas de sedimentación, influencias volcánicas y productividad orgánica (EHC 17, 1981).

### Mercurio (Hg)

146. El mercurio ocurre naturalmente en el ambiente y existe en varias formas. Estas formas se pueden clasificar en tres tipos: mercurio metálico (llamado también mercurio elemental), mercurio inorgánico y mercurio orgánico. El mercurio entra al ambiente, como resultado de la degradación normal de minerales en rocas; al suelo como consecuencia de la exposición al viento; y al agua, por la actividad volcánica. Las liberaciones de mercurio desde fuentes naturales han permanecido relativamente constantes en tiempos recientes, lo que ha producido un aumento constante de mercurio en el ambiente (Según Resumen Salud Pública - ATSDR).

### Hierro (Fe)

147. La concentración de este elemento en el agua está controlada por procesos de equilibrio químico como óxido-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. Valores de concentración de hierro entre 1 y 10 mg/L pueden ser comunes, aunque aguas con pH entre 6 y 8 pueden presentar concentraciones de hasta 50 mg/L (Gómez, 2009).
148. El comportamiento químico del hierro en las aguas naturales es originado principalmente por la reacción oxidación-reducción que se da por medio de la interacción con compuestos orgánicos e inorgánicos del medio; así también es gracias a este tipo de reacciones que se reduce el contenido de este elemento en las aguas naturales (Jenkins, 2009). Es la especie  $Fe^{+2}$ , el ión que se encuentra mayoritariamente dentro de los caudales y su concentración promedio es de 700  $\mu g/L$ , sin embargo, una acumulación excesiva de este metal puede llegar a ocasionar cambios en la coloración y sabor del agua, haciendo que no sea gusto del consumidor (Postawa, 2013).
149. Para lograr una remoción del Hierro de las aguas que van a ser consumidas, simplemente se deben seguir, el mismo tratamiento de eliminación de la turbiedad, logrando así reducciones en las concentraciones de 0,3 a 10 mg/L (Vargas, 2004).

### Níquel (Ni)

150. El níquel es un elemento ubicuo y se ha detectado en diferentes medios en todas las partes de la biósfera, es el quinto elemento más abundante en peso, después del hierro; sin embargo, la concentración promedio de níquel en la corteza terrestre es aproximadamente 0,008%. El níquel se presenta en sistemas acuáticos como sales solubles adsorbidas en partícula de arcilla o materia orgánica (detritus, algas, bacterias) o asociado con partículas orgánicas como ácidos húmicos y fúlvicos. El níquel puede ingresar a aguas superficiales, desde tres fuentes naturales, es decir, como material particulado en el agua de lluvia, o a través de la disolución de minerales primarios de roca madre y de minerales secundarios de las capas del suelo. Concentraciones de níquel en los sistema de agua dulce son generalmente menores de 0,002 a 0,01 mg/L (EHC 108, 1991).

### Plomo (Pb)

151. El plomo es relativamente abundante en la corteza terrestre, sus principales fuentes naturales son las emisiones volcánicas, meteorización geoquímica. Se ha estimado que la tasa de emisión natural de plomo es del orden de 19 000 t/año, de las cuales las fuentes volcánicas representan 6 400 t/año. Se estima que la concentración natural de Pb en el agua superficial es de aproximadamente 0,00002 mg/L; en general el plomo no es encontrado en aguas subterráneas o superficiales a concentraciones superiores a 0,01 mg/L (EHC 165, 1995).
152. 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 de los 0,001 µgPb/ml hasta los 0,01 µgPb/ml, valores que están muy por debajo de la norma establecida por la Organización Mundial de la Salud, la cual equivale a 0,1 µgPb/ml (Albert, 2012). 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 10.000 µgPb/ml (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).

### Zinc (Zn)

153. El zinc al igual que el cobre y el plomo y demás constituyen la mayoría de las rocas; raramente ocurre en la naturaleza en su estado metálico, pero muchos minerales contienen zinc como su componente principal, de los cuales pueden ser económicamente recuperables. Sus niveles en suelos varían desde 10 a 30 mg/kg en arena, hasta 100 mg/kg en basalto. En aguas continentales, los compuestos de zinc se hidrolizan en solución para producir iones de zinc



g  
-  
-  
D  
cep  
1

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

hidratado, hidróxido de zinc y óxidos; estas reacciones disminuyen el pH del agua, aunque la capacidad de amortiguación natural del agua, generalmente evita cualquier cambio significativo. El pH de la mayoría de las aguas dulces o continentales, están en el rango que es crítico para la adsorción de metales pesados sobre la partículas; sin embargo, un cambio de 0,5 unidades de pH puede significar la diferencia entre la mayoría de zinc en forma adsorbida y desorbida. Existen registros donde se reportaron concentraciones elevadas de zinc en el agua muestreada en áreas ricas en minerales (EHC 221, 2001).

### 9.1.3. Hidrometría

154. Parte de la hidrología que se encarga de medir, registrar, calcular y analizar los volúmenes de agua que circula en una sección transversal de un curso de agua por unidad de tiempo. Su unidad de medida es el m<sup>3</sup>/s.
155. Es el volumen de agua por unidad de tiempo que pasa por una sección transversal de un curso de agua. Para la medición del caudal existen métodos de cálculo, de los cuales podemos mencionar los usados en el presente estudio.

#### Método del correntómetro

156. Método que estima el caudal del agua por medio de un instrumento llamado correntómetro que mide la velocidad en un punto dado de la masa de agua por área determinada. El caudal del agua se determina con la siguiente ecuación:

$$Q = \text{Suma} (A_x * V_{\text{media},x}) \quad (9,1)$$

Donde:

$V_{\text{media},x}$ : Velocidad media del flujo en el segmento x.

$A_x$ : Área de la sección del segmento x calculada con la siguiente ecuación:

$$A_x = b_x * h_x \quad (9,2)$$

Donde:

$b_x$ : Ancho del segmento x entre los puntos distanciados regularmente.

$h_x$ : Altura del segmento x (distancia del espejo del agua al fondo del cauce en el eje central del segmento).

157. Para obtener la velocidad media  $V_{\text{media},x}$  del segmento X se debe en ciertos casos, medir la velocidad a diversas profundidades a lo largo de una vertical o tirante del agua y a partir de la superficie del agua la cual está en función de la altura del tirante del agua (Ver Tabla 9-1).

**Tabla 9-1.** Profundidades de medición de la velocidad según R.J. N°010-2016-ANA

Tirante del agua	Profundidad de lectura del correntómetro
	cm
<15	h/2
15<d<45	0,6h
>45	0,2h y 0,8h 0,2h; 0,6h y 0,8h

(d) Altura del tirante del agua

Nota: el tirante de agua en los cauces evaluados no superaron los 45 cm

### Método volumétrico

158. El método consiste en medir el tiempo que demora en llenar con agua un recipiente de volumen conocido. Permite medir pequeños caudales, como los que escurren en surcos de riego, manantial y afloramientos. El caudal se estima mediante la siguiente ecuación:

$$Q \text{ (L/s)} = \frac{V}{T} \quad (9.3)$$

Donde:

Q : Caudal

V : Volumen (L)

T : Tiempo (s)

Nota: para calcular el tiempo de llenado del volumen del recipiente (volumen conocido) se calcula el promedio de los tiempos medidos en no menos a tres mediciones.

### 9.2. Sedimentos

159. El término sedimento se refiere a los depósitos de material acumulados en los fondos de los ecosistemas acuáticos, está compuesto de material de varios tamaños, formas y mineralogía, provenientes de diferentes fuentes (terrágenas, biogénicas y autigénicas), (Canadian Council, 1999).

160. La Agencia de Protección Ambiental (Environmental Protection Agency) considera a los sedimentos como los contaminantes más comunes en ríos, arroyos, lagos y embalses. Los sedimentos que se depositan en el lecho de los arroyos tienden a alterar la cadena alimenticia natural, al destruir el hábitat donde viven los organismos más pequeños y provocar disminuciones masivas de poblaciones de peces. Los depósitos de sedimentos en los ríos pueden alterar el caudal de agua y reducir la profundidad de la misma.

161. La contaminación de los sedimentos se caracterizan por prolongar el tiempo de residencia de los contaminantes en las cuencas de los ríos, retardando su transporte en la cuenca debido a su baja velocidad de biodegradación. La clave para entender los complejos procesos de transporte de metales en una cuenca, depende en gran medida de las condiciones climáticas a las que está expuesta la cuenca (precipitaciones, humedad, etc.). El continuo intercambio entre agua y sedimentos durante las fases de asentamiento y la re-suspensión de partículas contaminada durante el transporte, puede impactar en zonas menos contaminadas o libres de contaminación (Yacoub, 2010).

162. Los sedimentos actúan como sumidero de un gran número de sustancias indeseables, pero, si se dan las condiciones físicas, geoquímicas y biológicas necesarias, pueden convertirse en fuentes de contaminación y producir modificaciones en la diversidad de las comunidades bentónicas o incluso efectos acumulativos de los contaminantes a través de la cadena trófica. Por lo que ha despertado un gran interés ambiental debido a su capacidad destructora que



up  
/ / /  
P  
U  
/



puede tener en el medio receptor. Tres son las vías a través de las cuales estas sustancias (metales, metaloides, aceites y grasas, otros compuestos orgánicos y pesticidas) pueden causar efectos adversos en los organismos: 1) por interacción con la fase líquida, es decir, a través del agua intersticial o por contacto con las aguas de mezcla producidas en la resuspensión del sedimento, 2) por contacto directo con el sedimento, ya sea por ingestión o bien por el carácter bentónico de los organismos, y 3) a través de la cadena alimenticia; los efectos que van a producir dependen en gran medida de la especiación química del contaminante, tanto en el agua como en el sedimento, ya que va a modificar la capacidad de interacción con los tejidos y causar efectos en el organismo en sí y en sus consumidores, incluyendo el ser humano (Neff, 2002).

163. La importancia de los sedimentos radica en su capacidad de almacenar los metales que transportan las aguas, los cuales pueden existir en diferentes formas químicas, pudiendo ser transformados de una forma a otra o existir en diferentes formas simultáneamente. La forma en que se encuentran los metales, también conocida como especiación química, varía de forma muy amplia según las condiciones medioambientales. Estas diferencias en la especiación química, afectan al medioambiente y a la biodisponibilidad y el riesgo que suponen al ambiente los metales. Es por todo esto, que el conocimiento de la especiación de los metales puede ser útil para valorar la retención de metales en suelos o sedimento y con qué facilidad pueden ser liberados (Martínez-Sánchez, 2008).

### 9.2.1. Principales metales pesados

164. El agua es una solución /suspensión acuosa en la cual suceden una serie de reacciones químicas de importancia biológica, las cuales entre sus interacciones brindan esas características al agua (Jenkins, 2009).
165. Los metales pesados son componentes naturales de la corteza terrestre, rocas, suelos, sedimentos, erupciones volcánicas y agua. Sin embargo, cuando estos metales se encuentran como elementos traza, pueden elevar sus concentraciones en sedimentos superficiales de las zonas costeras alteradas por las actividades antropogénicas<sup>10</sup> y guardan una relación con las características sedimentológicas, cantidad de materia orgánica, que altera el equilibrio ecológico y biogeoquímico del ecosistema<sup>11</sup>. Algunos metales pesados como Pb, Ni, Hg, Cd y Cr destacan entre los contaminantes tóxicos persistentes, los metales pesados se incorporan al sedimento desde los cuerpos de agua produciendo un aumento progresivo de sus concentraciones en el tiempo y su posterior bioacumulación en los organismos presentes en el ecosistema<sup>3</sup>
166. Los metales pesados que afectan a los sedimentos, también lo hacen al agua, y su descripción se ha realizado en el ítem 9.1.

<sup>10</sup> Botello, V.A.; Villanueva, F.S y Rosales, H. L. (2004). Distribución y contaminación de metales en el Golfo de México. En: Diagnostico ambiental del Golfo de México.; Caso Margarita., Pisanty Irene y Ezcurra Exequiel (Compiladores). SEMARNAT, INE, Instituto de Ecología y Harte Research Institute for Gulf of Mexico Studies. Volumen (2), 683-710 p

<sup>11</sup> Sadiq, M. (1992). Heavy metals. En: Toxic metal chemistry in marine environments. Marcel Dekker, Inc., New York. Volumen (1), 390 p.

## 9.2.2. Métodos estadísticos aplicados al componente agua y sedimento

### a. Métodos estadísticos simples

167. 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.

### b. Análisis de correlación

168. Los test de correlación se basan en el análisis de la covarianza, que es la media del sumatorio de la combinación de las desviaciones. Más concretamente, estos test se basan en el análisis de correlaciones bivariadas, es decir, entre dos variables. De esta forma, el cálculo de la covarianza sirve para comprobar si dos variables están relacionadas entre sí. Una covarianza positiva indica que a medida que una variable se desvía de la media, la otra variable se desvía en la misma dirección. Los índices de correlación utilizados fueron los test de Pearson y de Kendall's Tau, en función de la normalidad de los datos. La correlación de Pearson es la más ampliamente utilizada, pero requiere que la distribución de la muestra sea normal. Por otro lado, la correlación de Kendall's Tau es otro test estadístico de correlación, pero no paramétrico. Por tanto, puede ser utilizado cuando los valores de la muestra han violado los supuestos paramétricos, tales como la distribución no normal de los valores. Con los test de correlaciones se produce una estandarización de la varianza que da como resultado un valor que se sitúa entre -1 y +1. Un coeficiente de +1 indica que las dos variables están perfectamente correlacionadas positivamente. Cuando una variable aumenta, la otra aumenta en su parte proporcional. Por otro lado, un coeficiente de -1 indica una relación negativa completa, es decir, si una variable aumenta, la otra disminuye en su parte proporcional. Un coeficiente de cero indica que no hay relación lineal en absoluto (Field, 2009).

### c. Métodos estadísticos multivariados

169. 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 aquellos con valores menores o iguales al límite de detección, reemplazando éstos por el promedio entre cero y el valor del límite de detección para cada parámetro.

170. Luego, sólo aquellos parámetros cuyo porcentaje de valores censurados fuese menor a 49% fueron seleccionados para el análisis multivariado. Una vez obtenidos estos parámetros, se procedió a determinar la distribución estadística de cada uno de ellos.

171. Para lograr una correcta utilización de las técnicas multivariadas, los parámetros deben presentar una distribución normal. Para verificar los ajustes de cada parámetro se realizó el test de Anderson-Darling (A-D) utilizando el programa Minitab 16. Este análisis consiste en hacer una comparación entre los valores de A-D y p-value arrojados en las curvas comparativas tanto para Normal y Lognormal. Se utilizó un nivel de significancia  $\alpha=0,05$ , con una hipótesis nula de no rechazar  $H_0$  cuando el p-value tenga un valor mayor a 0,05. Se utilizó como



Handwritten signature and initials in blue ink.

criterio dominante, que a medida que el valor de A-D sea menor, mejor será el ajuste a la distribución señalada. Y, con respecto al valor de p-value, usado como segundo criterio, se concluye que los datos siguen la curva en cuestión cuando éste tiene un valor mayor que el  $\alpha$  (Minitab Inc.). Para aquellos parámetros que no seguían una distribución normal se aplicó una transformación logarítmica. En el Anexo C5, se muestra el análisis probalístico de datos comparativo bajo el test de Anderson-Darling.

172. Las técnicas estadísticas multivariadas utilizadas en este estudio fueron el Análisis de Clusters (Q-mode) y Análisis de Componentes Principales (ACP).
173. 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).
174. En este estudio se utilizó el software Minitab 16 (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 16 (Albrecht, 2007).
175. 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. En esta oportunidad se utilizó dos criterios, el arbitrario y otro estadístico. En primer lugar, se utilizó un criterio estadístico, en este caso el de Sneath:  $2/3 D_{\max}$ , siendo  $D_{\max}$  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.
176. 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.
177. 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).



4  
f  
1  
P  
MP  
1

178. Para este análisis, al igual que en el análisis de clusters, se utilizó el programa Minitab 16. 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. Además, se consideró una rotación tipo Varimax.

### 9.3. Comunidades hidrobiológicas

179. Se define como comunidades hidrobiológicas a los diferentes grupos de organismos que viven en los ecosistemas de agua dulce, los cuales pueden ser empleados en muestreos biológicos de calidad de agua. Estos grupos de organismos se encuentran tanto en ambientes lénticos (de aguas quietas, por ejemplo, lagos, lagunas, embalses, entre otros) como loticos (de aguas corrientes, por ejemplo, ríos, quebradas, arroyos, entre otros) y ocupan diferentes niveles en la red trófica acuática.
180. Las comunidades hidrobiológicas empleadas con mayor frecuencia en muestreos de calidad de agua en ambientes loticos, los cuales son objeto de la presente evaluación, son: i) perifiton; ii) macroinvertebrados bentónicos; y iii) peces. En los siguientes párrafos, se procederá a definir las comunidades mencionadas y otros conceptos relacionados, los cuales facilitarán la comprensión de las próximas partes del presente documento

#### Perifiton

181. Se caracteriza por ser una comunidad acuática que crece sobre las piedras, ramas, macrófitas acuáticas y otras superficies sumergidas. Estos organismos son empleados en la evaluación de los efectos de los contaminantes en lagos, ríos y estuarios e incluyen zoogreas y bacterias filamentosas, protozoos, rotíferos, algas y otros microorganismos de vida libre que nadan, se deslizan o se fijan sobre las superficies sumergidas (APHA, 2012). Roldán y Ramírez (2008; citados por Montoya-Moreno y Aguirre 2013) separan al perifiton en sus componentes vegetal y animal, denominándolos respectivamente **ficoperifiton** y **zooperifiton**.

#### Macroinvertebrados bentónicos

182. Roldán (2016) denomina macroinvertebrados bentónicos "a todos aquellos organismos que viven en el fondo de ríos y lagos, adheridos a la vegetación acuática, troncos y rocas sumergidas. Sus poblaciones están conformadas por platelmintos, insectos, moluscos y crustáceos principalmente. Se les denomina macroinvertebrados, porque su tamaño va de 0,5 mm hasta alrededor de 5,0 mm, por lo que se les puede observar a simple vista". Durante sus ciclos de vida, estos organismos pueden construir casas, tubos o redes fijas donde viven; deambular libremente sobre rocas, restos orgánicos y otros sustratos; u ocultarse libremente en los sustratos (APHA, 2012).

#### Composición, riqueza y abundancia

183. Por composición se entiende al conjunto particular de especies en una comunidad.



4  
1  
1  
D  
4  
1



184. La riqueza se refiere al número de especies diferentes, en una comunidad.
185. La abundancia constituye el número de individuos de cada especie en una comunidad.

### Diversidad alfa

186. La diversidad alfa está relacionada al número de especies de un grupo indicador que se encuentra en un determinado punto o área que puede variar mucho de un lugar a otro, aún dentro de un mismo tipo de comunidad y en un mismo ecosistema (Moreno & Halffter, 2000).
187. Números de Hill (diversidad verdadera). Los índices de diversidad verdadera son modificaciones de los índices comunes de Shannon ( $H'$ ) y Simpson ( $D$ ) con la finalidad de ajustar la sensibilidad para determinar el comportamiento de la diversidad. En base a esta modificación, se empezó a hacer uso el término "números efectivos de especies", que son las unidades de medición de la diversidad verdadera (Moreno *et al.*, 2011). De ese modo, los datos obtenidos de las comunidades hidrobiológicas se analizan con números efectivos de especies (Hill, 1973; Jost, 2006).

### Diversidad beta

188. La diversidad beta es el marco conceptual del estudio de las similitudes y las diferencias entre comunidades bióticas. Permite cuantificar la diferenciación taxonómica entre ellas (Moreno y Halffter, 2000).
189. Índice de similitud de Bray Curtis. El índice de Bray-Curtis (Bray y Curtis, 1957) es una medida de similitud que enfatiza la importancia de las especies que se tienen en común entre los sitios de muestreo (Pielou, 1984); se considera como una medida de la diferencia entre las abundancias relativas de cada especie presente. Toma valores entre 0 (ninguna especie en común) y 1 (muestras idénticas) lo que ha demostrado ser más útil para recoger información sobre la estructura de las comunidades que los métodos univariados (Warwick y Clarke, 1995).

### Bioindicador

190. Zúñiga y Cardona (2009) definen a un bioindicador como una "especie, población o comunidad indicadora, que tiene requerimientos específicos con relación a un conjunto de variables físicas o químicas conocidas, cuyos cambios en la presencia o ausencia, número de individuos, morfología, fisiología o comportamiento de estas especies, indican que las variables fisicoquímicas dadas están fuera de sus límites preferidos". En ese mismo sentido, Roldán (2003) complementa el concepto anterior al afirmar que un organismo es un indicador de calidad de agua cuando éste se encuentra invariablemente en un ecosistema de características definidas y cuando su población es porcentualmente superior o ligeramente similar al resto de los organismos con los que comparte un hábitat.



Handwritten blue ink marks and signatures on the left margin.

### Calidad ecológica

191. Encalada *et al.* (2011) definen a la calidad ecológica como "una medida integral del estado en el que se encuentra el ecosistema e incluye la evaluación tanto de los alrededores del río como del ambiente acuático. En otras palabras, es un diagnóstico que integra información sobre el bosque de ribera y las áreas adyacentes, el canal y el lecho del río (características hidromorfológicas), y los organismos que los habitan (peces, macroinvertebrados, algas, o bacterias)". Para medirla es necesario evaluar la **calidad hidromorfológica**, que integra las características del canal del río y vegetación de ribera; y la **calidad biológica**, que integra a la comunidad de macroinvertebrados y sus respuestas de sensibilidad/tolerancia frente a los impactos ambientales.

### Índice biótico andino

192. El índice biótico andino, mejor conocido como ABI, es una adaptación del índice biótico BMWP británico realizada por Acosta *et al.* (2009) y revisada por Ríos-Touma *et al.* (2014) para evaluar la calidad de agua en arroyos y ríos andinos ubicados por encima de los 2000 m s.n.m. Un índice biótico es una medida que estima la afectación de la calidad de un cuerpo de agua, a través de la obtención de un valor numérico que sintetiza los niveles de tolerancia de todos los taxa presentes. En el caso particular de este índice, el taxa de menor jerarquía que se considera es familia; por lo tanto, las familias que tienen un menor valor de tolerancia, son los que mejor prosperan en cuerpos de agua perturbados, y de forma inversa, aquellas que tienen un mayor valor de tolerancia, son las que frecuentemente se encuentran en ambientes prístinos o muy poco perturbados (Egler 2002; Prat *et al.* 2009).

## 9.4. Aire



193. El aire puro es una mezcla gaseosa compuesta por un 78 % de nitrógeno, un 21 % de oxígeno y un 1 % de diferentes compuestos totales como el argón, el dióxido de carbono y el ozono. Se entiende por contaminación atmosférica, cualquier cambio en el equilibrio de estos componentes, lo cual altera las propiedades físicas y químicas del aire.
194. La contaminación del aire es uno de los problemas ambientales importantes y es en gran medida, el resultado de las actividades desarrolladas por el hombre. Las causas que originan esta contaminación son diversas, pero el mayor índice es provocado por las actividades industriales, domésticas, agropecuarias, vehiculares, entre otras.
195. Los principales contaminantes del aire se clasifican en: primarios y secundarios; i) Primarios: son los que permanecen en la atmósfera, tal y como fueron emitidos por la fuente, para fines de evaluar la calidad del aire se consideran: el óxido de azufre, el monóxido de carbono, el óxido de nitrógeno, los hidrocarburos y las partículas. ii) Secundarios: son los que han estado sujetos a cambios químicos, o bien, son el producto de la reacción de dos o más contaminantes primarios en la atmósfera. Entre ellos destacan los oxidantes fotoquímicos y algunos radicales de corta existencia como el ozono (WHO working group, 2003).



196. A continuación se realiza una breve explicación de los parámetros que han sido evaluados en el presente informe.

### Temperatura

197. Es la magnitud física que expresa el grado de calor de los cuerpos o del ambiente. La temperatura del aire atmosférico está condicionada por la altitud y latitud geográfica.

### Humedad relativa

198. Es la cantidad de vapor de agua que se encuentra contenida en el aire. Un mismo volumen de aire puede contener mayor cantidad de vapor cuanto mayor sea su temperatura. Para una temperatura determinada, el aire puede albergar una cantidad máxima de vapor de agua, llegando a un punto máximo, donde se dice que el aire está saturado de humedad. A este valor máximo, se denomina punto de saturación.

### Material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM<sub>10</sub>)

199. Son partículas sólidas o líquidas dispersas en la atmósfera (diámetro de 0,3 a 10 µm) como polvo, cenizas, hollín, partículas metálicas, cemento o polen. La fracción respirable de partículas suspendidas totales (PST), conocida como PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub>, está constituida por aquellas partículas de diámetro inferior a 10 micras y 2,5 micras, respectivamente, y tiene la particularidad de penetrar en el aparato respiratorio hasta los alvéolos pulmonares. Tiene como fuentes principales la combustión industrial y doméstica del carbón, de los procesos industriales, incendios, erosión eólica y erupciones volcánicas, de las construcciones, demoliciones y otros.

200. Los materiales particulados son los contaminantes del aire con mayor importancia en cuanto a peligrosidad para la salud humana (aquellas de un diámetro aerodinámico igual a 10 micras, o inferior, es decir, PM<sub>10</sub>), debido a que pueden ser inhaladas y penetrar así en el sistema respiratorio (WHO working group, 2003).

### Plomo (Pb)

201. Las características principales de este metal pesado no ferroso es que se presenta en forma de vapor, aerosol o polvo. Siendo sus fuentes principales producida por la minería, fundiciones, procesos industriales y combustión de gasolina con plomo. El plomo es el único contaminante clásico del aire que puede ingresar en los seres humanos a través de vías indirectas. En aquellos lugares donde se usan combustibles con contenido de plomo, se pueden inhalar emisiones de partículas finas de los escapes de los vehículos, también se pueden ingerir las partículas que se acumulan en las superficies del suelo. Incluso, el plomo que se deposita en las plantas o en áreas agrícolas puede permanecer en los productos alimenticios e ingresar al cuerpo (WHO working group, 2003).

**Factores que influyen en la concentración de los contaminantes del aire**

202. La concentración local de los contaminantes del aire depende de la magnitud de las fuentes y de la eficiencia de su dispersión. Las variaciones diarias en las concentraciones están más afectadas por las condiciones meteorológicas que por los cambios en la magnitud de las fuentes. El viento es un elemento clave en la dispersión de los contaminantes del aire. La turbulencia también es importante: un espacio accidentado, como el que presenta un conglomerado de edificios, tiende a incrementar la turbulencia y la dispersión de los contaminantes (OMS, 2006).

**10. METODOLOGÍA****10.1. Etapa de planificación**

203. Etapa que se inició en gabinete con la revisión de los diferentes IGA y demás fuentes bibliográficas siendo complementada con una visita de reconocimiento que conlleva a un proceso de identificación de la problemática ambiental y social en el área de influencia del proyecto minero Quellaveco.
204. La información relevante del proyecto es analizada y sistematizada con la finalidad de establecer la ubicación de los puntos de muestreo que generen un diagnóstico integral de la calidad ambiental del área de estudio.
205. Para establecer el área de estudio y los puntos de muestreo que involucre los componentes proyectados de la mina se revisaron los instrumentos de gestión ambiental aprobados desde el año 2000 y descritos en la Tabla 3-1, además de los informes de monitoreo ambiental desarrollados por el administrado AAQ. S.A. desde el año 2012 hasta el 2014; así como los realizados por el Sub comité de monitoreo ambiental en el marco de la mesa de diálogo (Ver Tablas 10-1 y 10-2).



44  
1  
1  
D  
44  
1

**Tabla 10-1. Informes de Monitoreo Ambiental realizados por AAQ. S.A.**

INFORMES DE MONITOREO AMBIENTAL (IMA)			
Nº	Nombre del estudio	Elaborado por	Administrado
1	Monitoreo de calidad y cantidad de agua superficial - Informe mensual enero 2012	Schlumberger Water Services (Perú) S.A. Año 2012	Anglo American Quellaveco S.A.
2	Monitoreo de calidad y cantidad de agua superficial - Informe mensual febrero 2012		
3	Monitoreo de calidad y cantidad de agua subterránea - Informe febrero 2012		
4	Monitoreo de calidad y cantidad de agua superficial - Primer informe trimestral 2012		
5	Monitoreo de calidad y cantidad de agua superficial - Cuarto informe trimestral 2012		
6	Monitoreo de calidad de aire y cantidad de agua superficial - Cuarto informe trimestral 2012		
7	Monitoreo de calidad y cantidad de agua subterránea - Cuarto informe trimestral 2012		





"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

INFORMES DE MONITOREO AMBIENTAL (IMA)			
N°	Nombre del estudio	Elaborado por	Administrado
8	Primer informe trimestral de calidad de agua de manantiales 2013	Knight Piésold Consultores S.A.  Año 2013	Anglo American Quellaveco S.A.
9	Programa de monitoreo de calidad de aire, ruido y vibraciones – Primer Informe trimestral		
10	Primer informe trimestral de calidad de agua superficial 2013 Vol. I y II		
11	Segundo informe trimestral de calidad y cantidad de agua superficial 2013	Schlumberger Water Services (Perú) S.A.  Año 2013	Anglo American Quellaveco S.A.
12	Segundo informe trimestral de calidad y cantidad de agua de manantiales 2013		
13	Monitoreo de calidad de aire, ruido y vibraciones – Segundo informe trimestral mayo 2013		
14	Cuarto informe trimestral de calidad y cantidad de agua superficial 2013 (Vol. I y II)	Knight Piésold Consultores S.A.  Año 2013	Anglo American Quellaveco S.A.
15	Monitoreo de calidad de aire, ruido y vibraciones. Cuarto informe trimestral noviembre 2013		
16	Monitoreo de calidad de aire, ruido y vibraciones. Primer informe trimestral febrero 2014		
17	Primer informe trimestral de calidad y cantidad de agua de manantiales 2014	Knight Piésold Consultores S.A.  Año 2014	Anglo American Quellaveco S.A.
18	Informe de calidad y cantidad de agua superficial – Primer trimestre 2014		

**Tabla 10-2.** Informes Ambientales del Sub Comité de Monitoreo Ambiental en el marco de la mesa de diálogo<sup>12</sup>

ESTUDIOS DE OTRAS INSTITUCIONES			
N°	Nombre del estudio	Elaborado por	Fecha del Informe
1	Informe de resultados de primera campaña de monitoreo de agua superficial y subterránea – diciembre 2013 Validación de línea base ambiental (Agua superficial)	ProNaturaleza - Fundación Peruana para la conservación de la naturaleza	Diciembre 2013
2	Informe de resultados de segunda campaña de monitoreo de agua superficial y subterránea – marzo – abril 2014 Validación de línea base ambiental de agua superficial época húmeda		Marzo – abril 2014

<sup>12</sup> Mediante la Resolución Ministerial N° 066-2012-PCM del 13 de marzo del 2012 se formaliza la instalación y conformación del grupo de trabajo denominado "Mesa de Diálogo para analizar la Problemática Minera del departamento de Moquegua", y con Resolución Ejecutiva Regional N° 1126-2012-GR/MOQ se dispone la conformación de los comités de constitución, monitoreo y vigilancia.

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

ESTUDIOS DE OTRAS INSTITUCIONES			
Nº	Nombre del estudio	Elaborado por	Fecha del Informe
3	Informe de resultados de tercera campaña de monitoreo ambiental participativo (MAP III) época húmeda Agua superficial – zona de abastecimiento de agua, aire, ruido, vibraciones e hidrobiología Validación de la línea de base ambiental del proyecto Quellaveco – Época húmeda agua superficial – (Zona de abastecimiento de agua, aire, ruido, vibraciones e hidrobiología)		Abril 2015
4	Informe de resultados de la tercera campaña de monitoreo ambiental participativo (MAP III) época seca Agua superficial – zona de abastecimiento de agua, aire, ruido, vibraciones e hidrobiología		Noviembre – diciembre 2014
5	Presentación de resultados de la cuarta campaña de monitoreo ambiental participativo (MAP IV) época seca Agua superficial – Zona de abastecimiento de agua Zona de operaciones Moquegua e Ilo; aire – zona de operaciones Ruido y vibraciones – Zona de operaciones		Noviembre 2016
6	Presentación de resultados de la cuarta campaña de monitoreo ambiental participativo (MAP IV) Agua superficial – Zona de abastecimiento de agua y zona de operaciones Aire – Zona de operaciones		Junio 2016

## 10.2. Etapa de campo

206. La evaluación en campo consistió en desarrollar todas las actividades planificadas y levantar toda la información de campo, siendo necesario para alcanzar los objetivos previamente definidos en la EAT. El levantamiento de información consiste en la medición de los parámetros de campo (mediciones in situ) y la toma de muestras de acuerdo a las metodologías establecidas en los protocolos y guías de muestreo, para luego ser enviadas al laboratorio acreditado para su análisis correspondiente.

207. Los componentes ambientales considerados en los puntos de muestreo en la EAT fueron: agua superficial, sedimentos, comunidades hidrobiológicas y aire.

208. En la etapa de campo se emplearon metodologías específicas para cada uno de los componente ambientales evaluados, a continuación se hace una breve descripción de ellas:

### 10.2.1. Calidad de agua

209. En esta sección, se proporciona la información concerniente a la metodología utilizada para la toma de muestras de agua superficial. La ubicación de los



*[Handwritten signature and initials in blue ink]*

puntos de muestreo, protocolo de muestreo, equipos y los estándares de comparación, se describen a continuación:

#### 10.2.1.1. Ubicación de los puntos de muestreo

210. Se determinó un total de 34 puntos de muestreo de agua superficial, los mismos que se encuentran distribuidos en el área de influencia del proyecto minero Quellaveco agrupados por su influencia del área de operaciones y de abastecimiento de agua del proyecto. Dentro de esta agrupación los puntos de muestreo fueron divididos en 3 zonas de acuerdo a la cuenca que tributan, siendo descritas a continuación:

##### Zona I

211. Los puntos de muestreo de la Zona I corresponden a cuerpos de agua tributarios de la cuenca del río Ilo -Moquegua. En ella se determinaron 22 puntos de muestreo de agua superficial, de los cuales, 5 se localizan en el río Asana y 4 en sus tributarios (1 en la quebrada Millune, 1 en la quebrada Sarallenque, 1 en la quebrada Quimsuta y 1 en el río Altarani); por otro lado 3 en el río Charaque, 2 en el río Coscori, además, 2 en el río Huancanane y 4 en sus tributarios (2 en la quebrada Papujune, 1 en la quebrada Salviani; 1 en el río Capillune) y finalmente 2 en el río Tumilaca ( Ver Figura 10-1).

##### Zona II

212. Los puntos de muestreo de la Zona II corresponden a cuerpos de agua tributarios de la cuenca del río Locumba. En ella se determinaron 3 puntos de muestreo de agua superficial, de los cuales 1 se localiza en la quebrada Cortadera, 1 en la quebrada Yarito y 1 en la quebrada Huancanane Grande (Ver Figuras 10-2).

##### Zona III

213. Los puntos de muestreo de la Zona III corresponden a cuerpos de agua tributarios de la cuenca del río Tambo. En esta microcuenca se determinaron 9 puntos de muestreo de agua superficial, de los cuales 1 se localiza en la captación de la laguna Pasto Grande, 2 en el río Vizcacha, 1 en el río Calasaya y 2 en sus tributarios (1 en la quebrada Vilaje y 1 en la quebrada sin nombre); 2 en el río Chilota y 1 en el río Titire (Ver Figura 10-3).



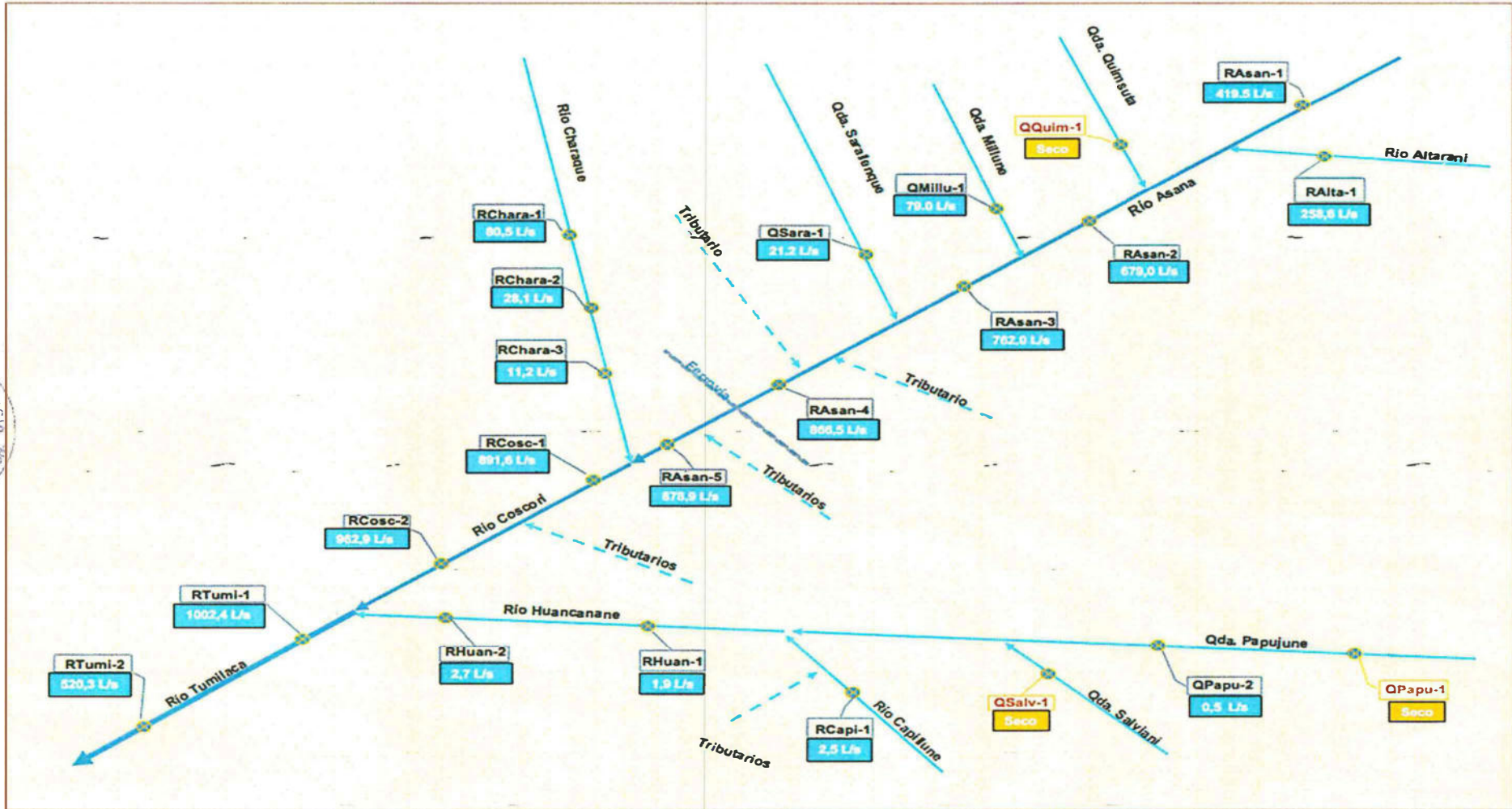


Figura 10-1. Diagrama de ubicación de los puntos de muestreo en la Zona I

MONITOREO Y VIGILANCIA  
VOBO  
DIRECCION DE EVALUACION

Handwritten notes and signatures in blue ink.

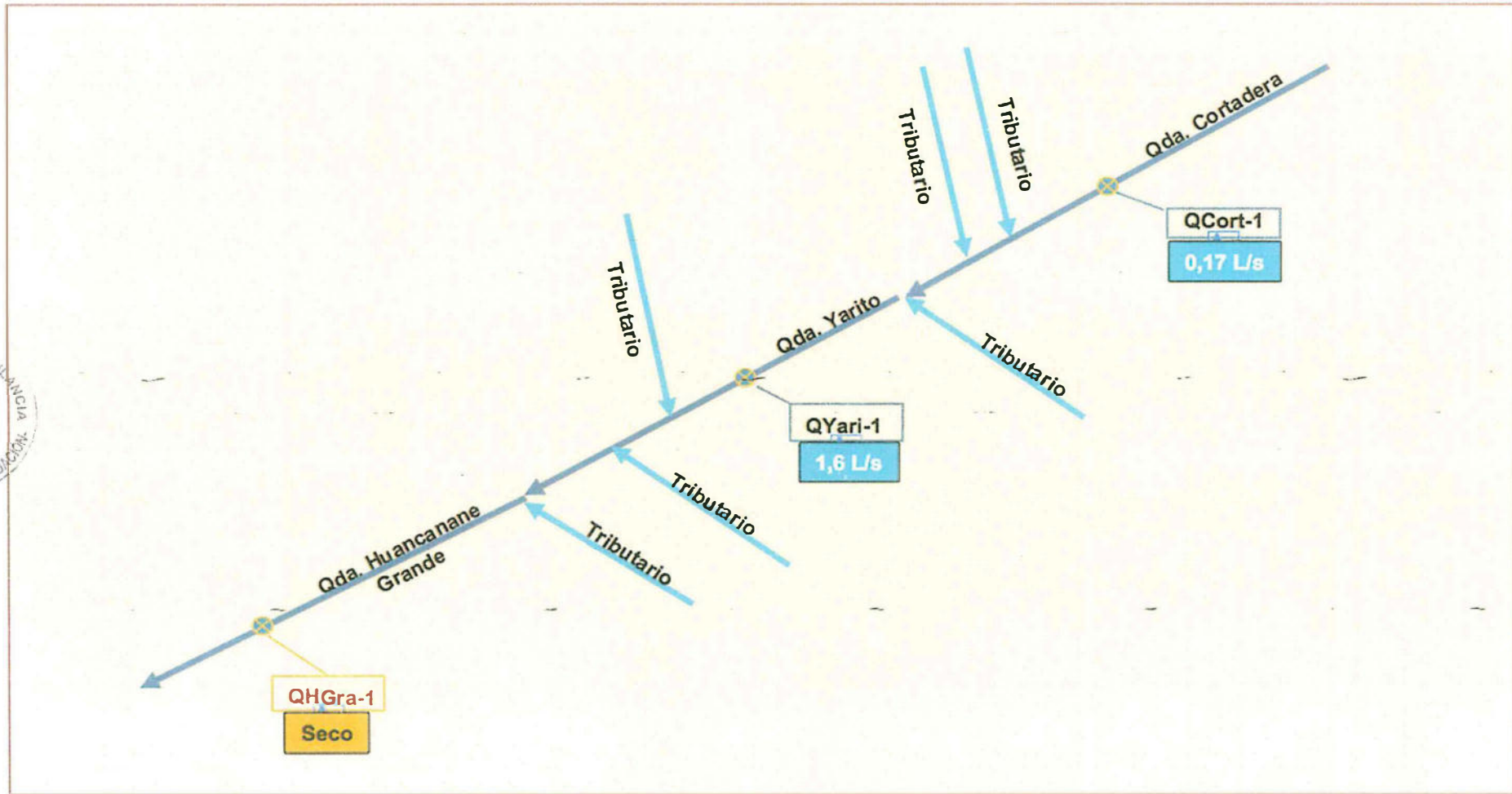


Figura 10-2. Diagrama de ubicación de los puntos de muestreo en la Zona II

MONITOREO Y VIGILANCIA  
V930  
DIRECCIÓN DE EVALUACIÓN

P  
1  
1  
D  
Ref  
1

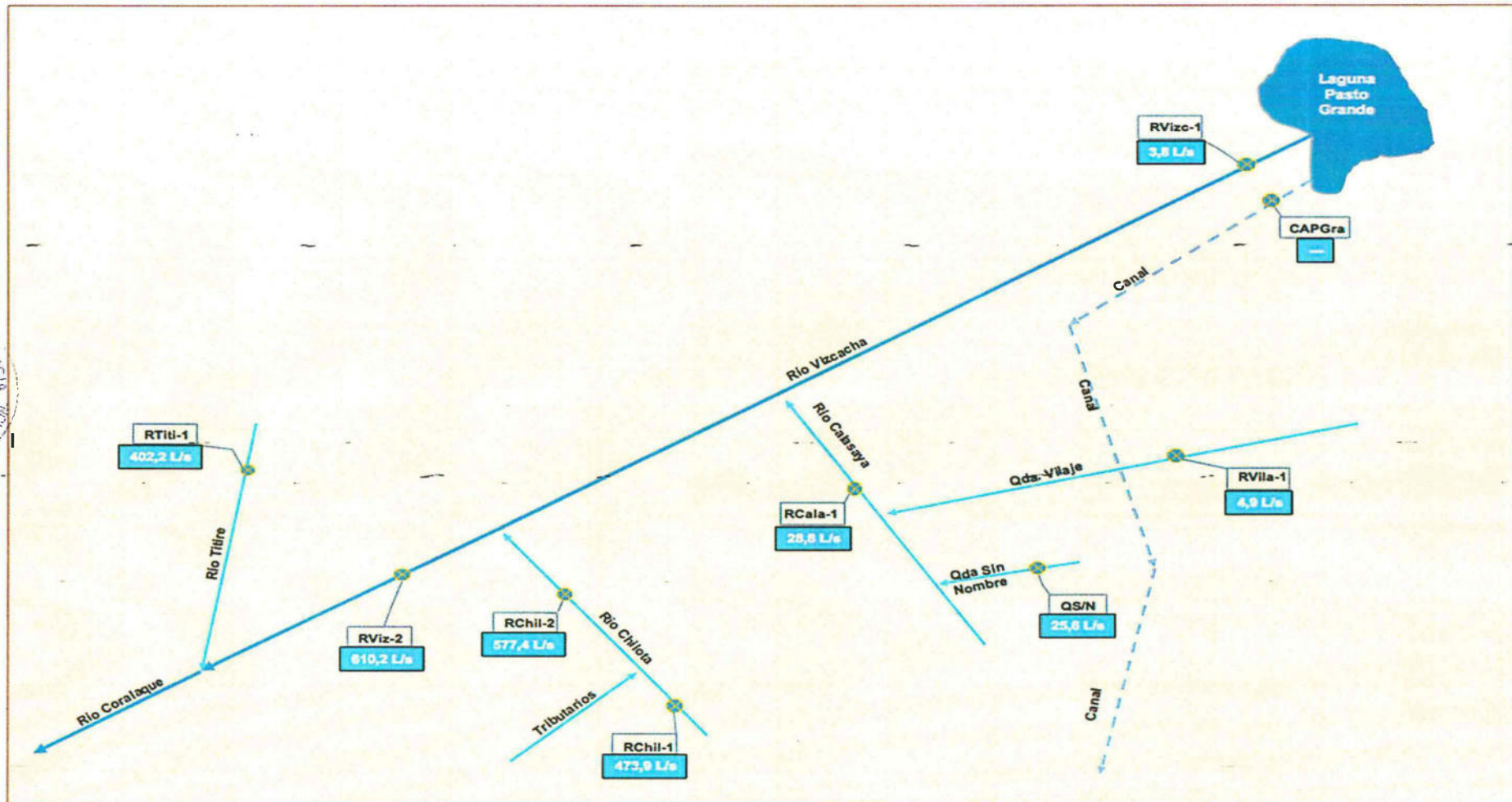


Figura 10-3. Diagrama de ubicación de los puntos de muestreo en la Zona III

214. La ubicación y descripción de los puntos de muestreo para calidad del agua superficial se presentan en la Tabla 10-3 y en el mapa del Anexo B1. Las características del entorno son mostradas en el registro fotográfico del Anexo B4.

**Tabla 10-3. Ubicación de los puntos de muestreo de calidad de agua superficial**

N°	Cuerpo de agua		Código	Coordenadas UTM WGS 84 - zona 19K		Altitud m s.n.m	Referencia
	Zona	Nombre		Este	Norte		
1	ZONA I	Río Asana	RASan-1	330 730	8 107 459	3 740	Río Asana, aguas arriba del proyecto Quellaveco.
2			RASan-2	329 794	8 107 708	3 673	Río Asana, aguas arriba de la estructura de captación del proyecto Quellaveco.
3			RASan-3	329 105	8 107 961	3 621	Río Asana, aguas abajo del aporte de la quebrada Millune.
4			RASan-4	321 524	8 107 962	3 197	Río Asana, aguas abajo del botadero proyectado.
5			RASan-5	319 232	8 107 899	3 031	Río Asana, antes de su unión con el río Charaque.
6		Quebrada Millune	QMillu-1	329 215	8 108 050	3 634	Quebrada Millune, antes de su aporte al río Asana.
7		Quebrada Sarallénque	QSara-1	328 224	8 109 000	3 590	Quebrada Sarallénque, antes de su aporte al río Asana.
8		Quebrada Quimsuta	QQuim-1*	330 041	8 107 057	3 694	Quebrada Quimsuta, antes de su aporte al río Asana.
9		Río Altarani	RAlta-1	330 647	8 107 401	3 734	Río Altarani, aguas arriba, antes de su confluencia en el río Asana.
10		Río Charaque	RChara-1	325 292	8 111 149	3 657	Río Charaque, aguas arriba del proyecto Quellaveco.
11			RChara-2	321 998	8 109 036	3 308	Río Charaque, parte media del proyecto Quellaveco.
12			RChara-3	320 518	8 108 709	3 191	Río Charaque, aguas arriba antes de su unión con el río Asana.
13		Quebrada Salviani	QSalv-1*	321 128	8 104 077	3 293	Quebrada Salviani, antes de su unión con la quebrada Papujune.
14		Quebrada Papujune	QPapu-1*	321 520	8 105 414	3 378	Quebrada Papujune, antes de su unión con la quebrada Salviani.
15			QPapu-2	317 870	8 103 823	3 042	Quebrada Papujune, luego del aporte de la quebrada Salviani.



Handwritten blue ink marks and signatures on the left side of the page.

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

N°	Cuerpo de agua		Código	Coordenadas UTM WGS 84 - zona 19K		Altitud m s.n.m	Referencia
	Zona	Nombre		Este	Norte		
16		Río Capillune	RCapi-1	317 496	8 103 123	2 997	Río Capillune, aguas arriba de la unión de la quebrada Papujune.
17		Río Huancanane	RHuan-1	314 165	8 104 684	2 734	Río Huancanane, aguas abajo de la unión del río Capillune y la quebrada Papujune.
18			RHuan-2	311 304	8 105 012	2 416	Río Huancanane, antes de su unión con el río Coscori.
19		Río Coscori	RCosc-1	319 081	8 107 904	3 020	Río Coscori, aguas debajo de la unión de los ríos Charaque con Asana.
20			RCosc-2	312 122	8 106 093	2 452	Río Coscori, aguas arriba, antes de la unión con el río Capillune.
21		Río Tumilaca	RTumi-1	309 013	8 106 542	2 233	Río Tumilaca, aguas abajo de la unión de los ríos Coscori y Huancanane.
22			RTumi-2	304 618	8 105 313	1 905	Río Tumilaca, aguas arriba del puente Tumilaca.
23		Quebrada Cortadera	QCort-1	324 977	8 097 722	3 415	Quebrada Cortadera, aguas arriba del depósito de relaves del proyecto minero.
24	ZONA II	Quebrada Yarito	QYari-1	318 722	8 097 182	3 019	Quebrada Yarito, aguas abajo del depósito de relaves del proyecto minero
25		Quebrada Huancanane Grande	QHGra-1*	315 184	8 087 312	2 142	Quebrada Huancanane Grande.
26		Captación Pasto Grande	CAPGra	368 855	8 150 748	4 532	Canal de captación de la laguna Pasto Grande.
27		Río Vizcacha	RVizc-1	368 779	8 150 827	4 519	Río Vizcacha, a la salida de la laguna Pasto Grande.
28			RViz-2	349 732	8 161 248	4 289	Río Vizcacha, aguas abajo de la infraestructura del embalse.
29	ZONA III	Río Calasaya	RCala-1	355 503	8 158 550	4 358	Río Calasaya, aguas arriba antes de su confluencia con el río Vizcacha
30		Quebrada Vilaje	RVila-1	358 382	8 149 751	4 524	Quebrada Vilaje, aguas arriba del cruce del canal de concreto que viene de Pasto Grande



[Handwritten signature and initials in blue ink]



"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

N°	Cuerpo de agua		Código	Coordenadas UTM WGS 84 - zona 19K		Altitud m s.n.m	Referencia
	Zona	Nombre		Este	Norte		
31		Quebrada Sin nombre	QS/N	354 919	8 150 186	4 449	Quebrada S/N en Pampa Huachunta, antes de la descarga de la quebrada Jovinto.
32		Río Chilota	RChil-1	348 977	8 152 024	4 359	Río Chilota, punto aguas arriba antes de su confluencia con el río Vizcacha
33			RChil-2	349 299	8 158 657	4 314	Río Chilota, aguas abajo de confluencia con la quebrada Pujulacaya.
34		Río Titire	RTiti-1	352 223	8 169 928	4 341	Río Titire, 300 m aguas abajo del puente Bello I de la carretera interoceánica sur.

\*Estos puntos de muestreo se encontraron secos, cuando se ejecutó la EAT.

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

215. La metodología aplicada para el muestreo de agua superficial se enmarcó en el Capítulo 6: "Monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales" del "Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales" (en adelante, Protocolo), aprobado con Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA del 11 de enero de 2016.<sup>13</sup> En el mencionado capítulo se establecen los criterios técnicos y lineamientos generales a aplicarse en las actividades de muestreo de la calidad del agua, así como la logística mínima necesaria, la determinación de los puntos de muestreo, la preparación de materiales, los equipos e indumentaria de protección, la seguridad en el trabajo de campo, el procedimiento para la toma de muestras, su preservación, el llenado de cadena de custodia, su almacenamiento y conservación, así como el aseguramiento de la calidad y seguridad del desarrollo del monitoreo; y finalmente el transporte de muestras al laboratorio.

216. El aseguramiento de calidad de acuerdo al ítem 6.17 del protocolo, se realizó a través del uso de muestras blanco control y duplicados, tal como se muestran en la Tabla 10-4. En el caso del aseguramiento de la calidad del blanco viajero se realizó únicamente para el parámetro de metales totales.

**Tabla 10-4.** Controles de calidad establecidos para el muestreo de agua superficial

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

<sup>13</sup> Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA. Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales. Aprobada el 11 de enero de 2016.

217. Por otro lado, los procedimientos para la toma de la muestra tuvo las siguientes consideraciones:
218. Las muestras de agua fueron de tipo simple<sup>14</sup> y a nivel superficial. El personal responsable del muestreo se ubicó en un punto donde la corriente era homogénea y lo menos turbulenta posible. En todos los casos, la toma de muestra se realizó en sentido contrario a la corriente y sumergiendo los frascos a una profundidad aproximada de 20 a 30 cm desde la superficie. Es preciso indicar que antes de coleccionar las muestras, los envases de plásticos fueron enjuagados (como mínimo tres veces).
219. Luego de la toma de muestras, se adicionó el preservante correspondiente, según las indicaciones del laboratorio contratado para el análisis. Finalmente, todas las muestras fueron almacenadas en coolers (caja térmicas) y conservadas en posición vertical y con ice-packs (hielo gel), para ser transportadas al laboratorio respectivo para su análisis, junto con las cadenas de custodia (Ver Anexo B5).
220. Es preciso indicar que los análisis de las muestras fueron realizados por los laboratorios Inspectorate Services Perú S.A.C., AGQ Perú S.A.C. y NSF Envirolab S.A.C. acreditados por INACAL de acuerdo con la Norma Técnico Peruana (NTP) - ISO/IEC 17025:2006. Los métodos de ensayo son descritos en la Tabla 10-5.

**Tabla 10-5. Métodos de ensayo utilizados por los laboratorios para el análisis de calidad de agua**

Parámetro	Método de ensayo de referencia	Técnica empleada	Laboratorio de ensayo acreditado
Sólidos suspendidos totales	SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 2540D, 22nd Ed.2012	Pesaje de filtro mediante secado en 103 - 105 °C	Inspectorate Services Perú S.A.C
Cloruros	EPA Método 325.3, revisado en marzo de 1983	Titulación con nitrato de mercurio	NSF Envirolab S.A.C
Sulfatos	EPA Método 375.4, revisado en marzo 1983	Método espectrofotométrico	
Carbonatos	SMEWW-APHA-AWWA-WEF part. 4500-CO <sub>2</sub> , 22nd Ed. 2012.	Volumetria	
Bicarbonatos	SMEWW-APHA-AWWA-WEF parte 4500 CO <sub>2</sub> , 22nd Ed. 2012.	Volumetria	
Mercurio total y disuelto	EPA Método 245.7 (validado), febrero 2005	Espectrometría de fluorescencia atómica por vapor frío	



*[Handwritten signatures and initials in blue ink]*

<sup>14</sup> También denominada muestras puntuales o discretas. Este tipo de muestras consiste en la toma de una porción de agua en un punto o lugar determinado para su análisis individual. Representan las condiciones y características de la composición original del cuerpo de agua para el lugar, tiempo y circunstancias particulares en el instante en el que se realizó su recolección.



"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

Parámetro	Método de ensayo de referencia	Técnica empleada	Laboratorio de ensayo acreditado
Metales totales y disueltos	EPA Método 200.7, revisado 4.4, mayo 1994	Espectrometría de emisión atómica con plasma acoplado inductivamente	Consorcio AGQ Perú S.A.C
Cianuro Wad	SMEWW-APHA-AWWA parte 4500-CN I, 22nd Ed. 2012.	Electrometría	
Cianuro Libre	Analysis Chemistry-CN Revisión, junio 2008 (VALIDADO)	Electrometría	
Cianuro Total	SMEWW-APHA-AWWA parte 4500-CN-C,F; 22nd Ed. 2012.	Electrometría	
Sólidos totales disueltos	SM 2540 C Ed. 22.	Gravimetría	

221. Para la medición de caudales de los cuerpos de agua, se utilizaron los dos métodos descritos en el marco conceptual (párrafos del 156 al 158), de acuerdo a las características físicas del cuerpo de agua. Los caudales de los cuerpos de agua muestreados fueron medidos y registrados sin arriesgar las medidas de seguridad del equipo evaluador.
222. La medición de los parámetros de campo *in situ* (temperatura, oxígeno disuelto, pH y conductividad) se realizó con un equipo multiparámetro, el cual fue calibrado antes de iniciar el trabajo de campo y verificado antes de cada medición. Las hojas de fichas de campo y las de verificación de equipos se encuentran en el Anexo B2 y B3 respectivamente.
223. Las especificaciones de los equipos utilizados en el monitoreo se presentan en la Tabla 10-6 y en el Anexo B6 se adjunta una copia del certificado de calibración de los equipos.

Tabla 10-6. Equipos utilizados en el muestreo del agua superficial

Equipos	Marca	Modelo	Serie	Fecha de Calibración
Multiparámetro	HACH	HQ40d	15050000931	03.03.2017
Termómetro	HACH	HQ40d	15050000931	03.03.2017
Sonda de pH	HACH	PHC201	162602618044	03.03.2017
Sonda de conductividad	HACH	CDC401	151332588014	12.03.2017
Correntómetro	Global Water	FP111	1550006906	26.08.17
GPS	Garmin	Montana 680	4HU004941	N.R.
Cámara digital	Canon	D30	62051001200	N.R.

(N.R.): No requiere

224. Los parámetros considerados en la evaluación ambiental de los recursos hídricos se consignan en la Tabla 10-7, y fueron seleccionados en relación

directa a las actividades productivas desarrolladas en el área de estudio del proyecto minero Quellaveco.

**Tabla 10-7.** Parámetros evaluados en el agua superficial,

Matriz : Agua Superficial			
Parámetros	Unidad	Límite de cuantificación (L.C.)	Observaciones
pH	pH	-----	Parámetros medidos <i>in situ</i> , con el equipo multiparámetro marca HACH - HQ40d.
Temperatura	°C	-----	
Oxígeno disuelto	mg/L	-----	
Conductividad eléctrica	µS/cm	1	
Caudal	L/s		Correntómetro marca Global Water modelo FP111
Sólidos totales suspendidos	mg/L	3	Parámetros analizados por el laboratorio acreditado Inspectorate Services Perú S.A.C.
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg/L	2	
Cianuro total	mg/L	0,016	Parámetros analizados por el laboratorio acreditado AGQ PERÚ S.A.C.
Sólidos totales disueltos	mg/L	15	
Cloruros	mg/L	0,25	Parámetros analizados por el laboratorio acreditado NSF ENVIROLAB S.A.C.
Sulfatos	mg/L	0,50	
Nitrógeno amoniacal	mg/L	0,01	
Nitratos	mg/L	0,05	
Carbonatos	mg/L	0,1	
Bicarbonatos	mg/L	0,1	
Cromo hexavalente	mg/L	0,01	
Cianuro libre	mg/L	0,004	
Metales totales (incluye mercurio)	mg/L	(a)	
Metales disueltos (incluye mercurio)	mg/L	(a)	
Cianuro wad	mg/L	0,004	

(a) Dependiendo de los componentes del parámetro a analizar



Handwritten notes: 11, 1, 1, P, 11, 1

**10.2.1.3. Estándares de comparación**

225. 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 agua superficiales y marino – costeros, estos cursos de agua no poseen categorización alguna. En ese sentido, la tercera disposición complementaria transitoria de los Estándares de calidad ambiental para agua (en adelante, ECA para agua) aprobado mediante Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, menciona que: "... *En tanto la Autoridad Nacional del Agua no haya asignado una categoría a un determinado cuerpo natural de agua, se debe aplicar la categoría del recurso hídrico al que este tributa, previo análisis de dicha autoridad...*".

226. Por lo tanto, los resultados analíticos de la red hídrica del proyecto que tributan a la cuenca de los ríos Tambo e Ilo - Moquegua (Zona I y III), serán comparados con los ECA para agua en la categoría 3 "Riego de vegetales y bebida de animales", en las subcategorías D1 "Riego de vegetales de tallo bajo y tallo alto" y D2 "Bebida de animales" (en adelante, Cat. 3) de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para agua aprobados por el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. En cambio, los resultados analíticos de la red hídrica evaluada

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

que tributa a la cuenca del río Locumba (Zona II) serán comparados con los ECA para agua en la categoría 1 "Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable", en la subcategoría A2 "Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional" (en adelante, Cat. 1 A2) de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para agua aprobados por el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM (Ver Tabla 10-8).

227. Los estándares aplicables al presente estudio para calidad de agua se presentan en las Tablas 10-9 y 10-10.

**Tabla 10-8. Estándares de comparación de la calidad de agua superficial**

Componente minero	Unidad Hidrográfica	Cuerpos de agua	ECA para agua Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM	
			Categoría de comparación	Subcategoría de comparación
Área de operaciones	Río Ilo - Moquegua	<b>Zona I</b>	Categoría 3 "Riego de vegetales y bebida de animales"	D1 "Riego de vegetales" y D2 "Bebida de animales"
		Río Asana		
		Río Charaque		
		Qda. Millune		
		Qda. Sarallénque		
		Qda. Papujune		
		Río Cóscori		
		Río Capillune		
		Río Huancanane		
		Río Tumilaca		
		Río Altarani		
		Qda. Quimsuta		
		Qda. Salviani		
	Área de abastecimiento de agua	Río Locumba	<b>Zona II</b>	Categoría 1 "Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable"
Qda. Cortadera				
Qda. Yarito				
Área de abastecimiento de agua	Río Tambo	<b>Zona III</b>	Categoría 3 "Riego de vegetales y bebida de animales"	D1 "Riego de vegetales" y D2 "Bebida de animales"
		Captación Pasto Grande		
		Río Vilaje		
		Río Vizcacha		
		Qda. Sin nombre		
		Río Titire		
Río Chilota				
Río Calasaya				

VOTO  
 MONITOREO Y FISCALIZACIÓN  
 DE CALIDAD AMBIENTAL  
 OEFA

**Tabla 10-9. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua (ECA) - Categoría 3**

Parámetro	Unidad	ECA - Categoría 3	
		Riego de vegetales	Bebida de animales
		Cat. 3 D1	Cat. 3 D2
pH	pH	6,5 – 8,5	6,5 – 8,4
Temperatura	°C	Δ3	Δ3

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

Parámetro	Unidad	ECA - Categoría 3	
		Riego de vegetales	Bebida de animales
		Cat. 3 D1	Cat. 3 D2
Oxígeno Disuelto	mg/L	>=4,0	>=5,0
Conductividad	µS/cm	2500	5000
<b>FÍSICOS Y QUÍMICOS</b>			
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	**	**
Cianuro libre	mg/L	**	**
Cianuro WAD	mg/L	0,1	0,1
Cloruros	mg/L	500	**
Sulfatos	mg/L	1000	1000
Nitratos (NO <sub>3</sub> -N) + Nitritos (NO <sub>2</sub> -N)	mg/L	100	100
Bicarbonatos	mg/L	518	**
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40	40
<b>INORGÁNICOS</b>			
Mercurio	mg/L	0,001	0,01
Aluminio	mg/L	5	5
Arsénico	mg/L	0,1	0,2
Bario	mg/L	0,7	**
Berilio	mg/L	0,1	0,1
Boro	mg/L	1	5
Cadmio	mg/L	0,01	0,05
Cromo total	mg/L	0,1	1
Cobalto	mg/L	0,05	1
Cobre	mg/L	0,2	0,5
Hierro	mg/L	5	**
Litio	mg/L	2,5	2,5
Magnesio	mg/L	**	250
Manganeso	mg/L	0,2	0,2
Níquel	mg/L	0,2	1
Plomo	mg/L	0,05	0,05
Selenio	mg/L	0,02	0,05
Zinc	mg/L	2	24

\*\*: No presenta valor en ese parámetro para la sub categoría.

Fuente: D. S. N° 004-2017-MINAM



Vertical handwritten text: 1111111111

**Tabla 10-10. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua (ECA) - Categoría 1 - Sub Categoría A2**

Parámetro	Unidad	Valor
<b>IN SITU</b>		
Conductividad	µS/cm	1600
Oxígeno disuelto	mg/L	>=5



"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

Parámetro	Unidad	Valor
pH	Unid. pH	5,5 - 9,0
Temperatura	°C	Δ3
<b>FISICOS Y QUIMICOS</b>		
Cianuro Libre	mg/L	0,2
Cloruros	mg/L	250
DQO	mg/L	20
Nitratos (a)	mg/L	50
Nitrógeno amoniacal	mg/L	1,5
Fósforo total	mg/L	0,15
Sólidos disueltos totales	mg/L	1000
Sulfatos	mg/L	500
<b>INORGÁNICOS</b>		
Aluminio	mg/L	5,0
Antimonio	mg/L	0,02
Arsénico	mg/L	0,01
Bario	mg/L	1
Berilio	mg/L	0,04
Boro	mg/L	2,4
Cadmio	mg/L	0,005
Cobre	mg/L	2
Cromo Total	mg/L	0,05
Hierro	mg/L	1
Manganeso	mg/L	0,4
Mercurio	mg/L	0,002
Níquel	mg/L	**
Molibdeno	mg/L	**
Plomo	mg/L	0,05
Selenio	mg/L	0,04
Zinc	mg/L	5,0

(a): En el caso de las técnicas analíticas determinen las concentración en unidades de Nitratos - N (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N), multiplicar el resultado por el factor 4,43 para expresarlo en unidades de Nitratos (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>).

\*\* : Parámetro no aplica para esta subcategoría

Fuente: D. S. N° 004-2017-MINAM

### 10.2.2. Calidad de sedimentos

228. En los apartados siguientes se muestra información acerca del monitoreo realizado para evaluar la calidad de sedimentos consignándose los puntos de muestreo, los protocolos, equipos y técnicas de análisis, y estándares de comparación.



4

1

1

P  
col  
2

4

**10.2.2.1. Ubicación de los puntos de muestreo**

229. Los puntos de muestreo de sedimentos, se ubicaron en los mismos puntos donde se tomaron las muestras de calidad de agua. Éstos se localizaron en lugares donde el agua circuló lentamente y cerca de las orillas, precisando que todos los puntos de muestreo de sedimentos estuvieron cubiertos por agua. En consecuencia, se evaluaron 11 puntos de muestreo, los cuales se detallan por cada zona de estudio en la Tabla 10-11 y su distribución se puede observar en el mapa de ubicación del Anexo C1. En relación a las observaciones obtenidas en los puntos de muestreo evaluados se detallan en el Anexo C2. Finalmente, el registro fotográfico se detalla en el Anexo C3.

**Tabla 10-11. Ubicación de los puntos de muestreo de calidad de sedimentos**

N°	Cuerpo de agua		Código	Coordenadas UTM WGS 84 - Zona 19 K		Altitud m s.n.m.	Referencia	
	Zona	Nombre		Este	Norte			
								1
2		Río Coscori	SED-RCosc-2	312 122	8 106 093	2452	Río Coscori, aguas arriba, antes de la unión con el río Capillune.	
3		Río Altarani	SED-RAIta-1	330 647	8 107 401	3734	Río Altarani, aguas arriba, antes de su confluencia en el río Asana.	
4	ZONA I	Quebrada Millune	SED-QMillu-1	329 215	8 108 050	3634	Quebrada Millune, antes de su aporte al río Asana.	
5		Quebrada Sarallénque	SED-QSara-1	328 224	8 109 000	3590	Quebrada Sarallénque, antes de su aporte al río Asana.	
6		Quebrada Papujune	SED-QPapu-2	317 870	8 103 823	3042	Quebrada Papujune, luego del aporte de la quebrada Salviani.	
7		Río Capillune	SED-RCapi-1	317 496	8 103 123	2997	Río Capillune, aguas arriba de la unión de la quebrada Papujune.	
8		Quebrada Huancanane	SED-RHuan-2	311,304	8 105 012	2416	Río Huancanane, antes de su unión con el río Coscori.	
9		Río Charaque	SED-RChara-2	321 998	8 109 036	3308	Río Charaque, parte media del proyecto Quellaveco	
10		ZONA II	Quebrada Yarito	SED-QYari-1	318 722	8 097 182	3019	Quebrada Yarito, aguas abajo del depósito de relaves del proyecto minero.
11		ZONA III	Río Titire	SED-RTiti-1	352 223	8 169 928	4 341	Río Titire, 300 m aguas abajo del puente Bello I de la carretera interoceánica sur.



*[Handwritten signatures and initials in blue ink]*



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

230. La toma de muestras de sedimento, estuvo enmarcada en los lineamientos del "Procedimiento para monitoreo de aguas y sedimentos para determinación de metales"<sup>15</sup> y el "Manual de Métodos de Monitoreo y Preservación de Muestras de las Sustancias Prioritarias para las Matrices Prioritarias del Programa Nacional de Monitoreo y Evaluación (Proname)"<sup>16</sup>; a su vez, se siguieron las recomendaciones de los laboratorios acreditados ante el Instituto Nacional de Calidad (en adelante, INACAL). Cabe precisar que se tomó referencialmente dichas normativas, considerado que, en la actualidad, el Perú no cuenta con un protocolo nacional para el desarrollo del monitoreo de sedimentos.
231. La toma de muestras de sedimentos fue de tipo simple y puntual<sup>17</sup>, para lo cual, se sumergió un cucharón de polietileno hasta el fondo de la corriente y se recogió una porción de sedimento a una profundidad, que osciló entre 0 a 5 centímetros<sup>18</sup>. La porción de sedimento colectado, se colocó en un recipiente de plástico para retirar plantas, piedras (mayores de 2 centímetros de diámetro aproximadamente) y luego usando el cucharón de plástico se colocó en bolsas de polietileno de cierre hermético para su envasado e identificación. Las muestras fueron etiquetadas, cuyos datos consignados fueron correspondientes al código de muestra, fecha, nombre del parámetro, entre otros. Se precisa que, una vez finalizado el muestreo en cada punto de muestreo, se lavó el material y el equipo utilizado, para evitar que los sobrantes puedan contaminar otros puntos de muestreo en la siguiente toma de muestra. Finalmente, las muestras fueron almacenadas y transportadas al laboratorio en coolers limpios bajo refrigeración, acompañados de sus respectivas cadenas de custodia.
232. Por otra parte, los equipos, accesorios y otros materiales utilizados durante la evaluación en campo se muestran en la Tabla 10-12.

**Tabla 10-12.** Equipos utilizados para el muestreo de calidad de sedimentos

Equipo	Marca	Modelo	Número de serie	Especificaciones
GPS	GARMIN	MONTONA	Montana 680	Registro de coordenadas geográficas en sistema WGS 84 UTM.
Cámara	CANON	D30	D30	Registro fotográfico.
Pala de polietileno	-	-	-	Herramienta de fácil manipulación para coleccionar el sedimento superficial hasta unos 20 cm.
Frasco de polietileno	-	-	-	Recipiente para coleccionar y homogenizar la muestra antes de vaciar al frasco de transporte para el análisis.

(-) No corresponde

- <sup>15</sup> Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial" de la República de Colombia. 5-7pp.
- <sup>16</sup> Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) de la República de México. 29-35pp.
- <sup>17</sup> Muestra que representa la composición del sedimento para el lugar, tiempo y circunstancias particulares.
- <sup>18</sup> INECC-CCA, (2010). Manual de Métodos de Muestreo y Preservación de Muestras de Las Sustancias Prioritarias para las Matrices Prioritarias del PRONAME. México, p. 55, p. 29.

233. Posterior a la toma de muestras, no se les adicionó preservante a las muestras correspondientes para el análisis. Esto de acuerdo con las indicaciones del laboratorio contratado. Finalmente, todas las muestras fueron almacenadas en coolers (cajas térmicas), sujetadas por precintos de seguridad en doble bolsa conservadas en posición vertical con ice-packs (hielo gel) para trasladarlas al laboratorio respectivo, junto con las cadenas de custodia, para sus análisis.
234. Es preciso mencionar que los análisis de las muestras fueron realizados por el laboratorio AGQ Perú S.A.C., el cual proporcionó los materiales (bolsas de polietileno tipo ziplock), según el parámetro evaluado. A continuación, se describe el método para el análisis de las muestras, según el parámetro, utilizados por el laboratorio correspondiente (Ver Tabla 10-13).

**Tabla 10-13.** Parámetros evaluados en sedimentos

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

### 10.2.2.3. Estándares de comparación

235. Hasta el momento, no se cuenta con legislación nacional sobre estándares de calidad ambiental para sedimentos.

### 10.2.2.4. Análisis de datos

236. Los resultados de los parámetros evaluados fueron analizados mediante métodos estadísticos con ayuda del software libre Minitab 17, de igual manera se determinarán los metales más representativos encontrados por puntos de muestreo y zona evaluada.

237. Finalmente, la sistematización, cadenas de custodia y los informes de ensayo se detalla en el Anexo C4

### 10.2.3. Comunidades hidrobiológicas

238. En los apartados siguientes se muestra información relacionada a los métodos empleados en la evaluación hidrobiológica de perifiton, macroinvertebrados y peces, detallando lo siguiente:

#### 10.2.3.1. Ubicación de los puntos de muestreo

239. El criterio de elección de los puntos de muestreo hidrobiológico fue el mismo que se empleó para la elección de los puntos de muestreo de agua superficial, sin embargo, es necesario precisar que no en todos los puntos de muestreo de agua se realizó el muestreo hidrobiológico.
240. En total, se determinaron 23 puntos de muestreo hidrobiológico, los mismos que tomaron como base los puntos determinados para agua superficial distribuidos

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

de acuerdo a la microcuenca que tributan, quedando agrupados de la siguiente manera:

- 241. **Cuenca del río Ilo-Moquegua (Zona I):** de los 14 puntos de muestreo determinados, 9 se ubicaron en el río Coscori y sus tributarios, 3 en la quebrada Huancanane y sus tributarios; y 2 en el río Tumilaca. Los puntos ubicados en esta cuenca corresponden a la futura área de operaciones.
- 242. **Cuenca del río Locumba (Zona II):** de los 2 puntos de muestreo determinados, 1 se ubicó en la quebrada Cortadera y 1 en la quebrada Yarito.
- 243. **Cuenca del río Tambo (Zona III):** de los 7 puntos de muestreo determinados, 1 se ubicó en una quebrada sin nombre, 1 en la quebrada Vilaje, 1 en el río Calasaya, 2 en el río Chilota, 1 en el río Vizcacha y 1 en el río Titire. Los puntos ubicados en esta cuenca corresponden a la futura área de suministro de agua (Zona III)
- 244. La ubicación y descripción de los puntos de muestreo se presentan en la Tabla 10-14 y en el mapa del Anexo D1. Las características del entorno son mostradas en las fichas de campo del Anexo D2 y el registro fotográfico del Anexo D3.

**Tabla 10-14.** Ubicación de los puntos de muestreo para comunidades hidrobiológicas

Nº	Nombre del cuerpo de agua	Código	Coordenadas UTM WGS 84 - zona 19K		Altitud m s.n.m.	Referencia
			Este	Norte		
<b>Cuenca del río Ilo-Moquegua (ZONA I)</b>						
1	Río Asana	HID-RAasan-1	330 730	8 107 459	3 740	Río Asana, aguas arriba del proyecto Quellaveco.
2		HID-RAasan-2	329 794	8 107 708	3 673	Río Asana, aguas arriba de la estructura de captación del proyecto Quellaveco.
3		HID-RAasan-3	329 105	8 107 961	3 621	Río Asana, aguas abajo del aporte de la quebrada Millune.
4		HID-RAasan-5	319 232	8 107 899	3 031	Río Asana, antes de su unión con el río Charaque.
5	Río Altarani	HID-RAAlta-1	330 647	8 107 401	3 734	Río Altarani, aguas arriba, antes de su confluencia en el río Asana.
6	Qda. Millune	HID-QMillu-1	329 215	8 108 050	3 634	Quebrada Millune, antes de su aporte al río Asana.
7	Río Charaque	HID-RChara-2	321 998	8 109 036	3 308	Río Charaque, parte media del proyecto Quellaveco.
8		HID-RChara-3	320 518	8 108 709	3 191	Río Charaque, aguas arriba antes de su unión con el río Asana.





"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

Nº	Nombre del cuerpo de agua	Código	Coordenadas UTM WGS 84 - zona 19K		Altitud m s.n.m.	Referencia
			Este	Norte		
9	Río Coscori	HID-RCosc-1	319 081	8 107 904	3 020	Río Coscori, aguas debajo de la unión de los ríos Charaque con Asana.
10	Qda. Papujune	HID-QPapu-2	317 870	8 103 823	3 042	Quebrada Papujune, luego del aporte de la quebrada Salviani
11	Río Capillune	HID-RCapi-1	317 496	8 103 123	2 997	Río Capillune, aguas arriba de la unión de la quebrada Papujune
12	Río Huancanane	HID-RHuan-2	311 304	8 105 012	2 416	Río Huancanane, antes de su unión con el río Coscori.
13	Río Tumilaca	HID-RTumi-1	309 013	8 106 542	2 233	Río Tumilaca, aguas abajo de la unión de los ríos Coscori y Huancanane
14		HID-RTumi-2	304 618	8 105 313	1 905	Río Tumilaca, aguas arriba del puente Tumilaca
<b>Cuenca del río Locumba (ZONA II)</b>						
15	Qda. Cortadera	HID-QCort-1	324 977	8 097 722	3 415	Quebrada Cortadera, aguas arriba del depósito de relaves del proyecto minero.
16	Qda. Yarito	HID-QYari-1	318 722	8 097 182	3 019	Quebrada Yarito, aguas abajo del depósito de relaves del proyecto minero.
<b>Cuenca del río Tambo (ZONA III)</b>						
17	Qda. Sin nombre	HID-QS/N	354 919	8 150 186	4 449	Quebrada S/N en Pampa Huachunta, antes de la descarga de la quebrada Jovinto
18	Quebrada Vilaje	HID-RVila-1	358 382	8 149 751	4 524	Quebrada Vilaje, aguas arriba del cruce del canal de concreto que viene de Pasto Grande.
19	Río Calasaya	HID-RCala-1	355 503	8 158 550	4 358	Río Calasaya, aguas arriba antes de su confluencia con el río Vizcacha.
20	Río Chilota	HID-RChil-1	348 977	8 152 024	4 359	Río Chilota, punto aguas arriba antes de su confluencia con el río Vizcacha.
21		HID-RChil-2	349 299	8 158 657	4 314	Río Chilota, aguas abajo de confluencia con la quebrada Pujulacaya
22	Río Vizcacha	HID-RViz-2	349 732	8 161 248	4 289	Río Vizcacha, aguas abajo de la infraestructura de embalse en el río Vizcacha.
23	Río Titire	HID-RTiti-1	352 223	8 169 928	4 341	Río Titire, 300 m aguas abajo del puente Bello I de la carretera interoceánica sur.



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

245. Durante la evaluación en campo, se emplearon diferentes equipos y materiales para la caracterización de los puntos de muestreo y la correspondiente colecta de perifiton, macroinvertebrados bentónicos y peces<sup>19</sup>. Estos equipos y materiales son presentados a continuación (Ver Tabla 10-15).

**Tabla 10-15. Equipos utilizados para el muestreo hidrobiológico**

Equipos y Materiales	Marca	Modelo	Utilidad	Características
GPS	Garmin	Oregon 650	Medición de coordenadas UTM	--
Cámara fotográfica	Canon	D30	Registro fotográfico	--
D-net	--	--	Colecta de muestras de macroinvertebrados bentónicos	Red para el muestro de macroinvertebrados bentónicos. Tiene un bastidor en forma de "D" de 30 cm de alto x 30 cm ancho y sujetado a él una bolsa de 60 cm de profundidad con abertura de malla de 500 µm. El mango es de aluminio y de 1,5 m de largo.
Atarraya	---	---	Colecta de muestras de peces	Red para pesca de 1 cm de tamaño de cocada, con plomada total de 8 kg y diámetro de abertura de 3 m.

246. También fueron utilizados otros materiales como guantes de PVC extra largos, pisetas de 500 ml, cepillos, jeringas de 10 ml, frascos de polietileno de boca ancha de 250 ml y 1000 ml, formaldehído al 40% y etanol al 70%, cuyo uso será descrito en los siguientes párrafos. Estos materiales se utilizaron de forma complementaria para la manipulación, colecta y preservación de las diferentes muestras.

247. Antes de iniciar el muestreo es necesario observar y describir la zona de trabajo, esta actividad es de gran importancia para identificar los sitios más propicios para obtener muestras representativas de las comunidades que se desean evaluar. Para este fin se contó con fichas de campo que permitieron describir la vegetación ribereña, el lecho del río, los sustratos elegidos para la colecta, tamaño de muestra, entre otras observaciones requeridas por el especialista (Anexos C2 y C3).

248. Finalizado el llenado de las fichas de campo, se continuó con la colecta de perifiton, macroinvertebrados bentónicos y peces, teniendo como base metodológica lo descrito 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). En este manual se describen diferentes técnicas de muestreo, de las cuales se eligieron las aplicables a la zona de trabajo y los análisis que se desean realizar teniendo en cuenta las siguientes especificaciones:

<sup>19</sup> Se realizó el esfuerzo de pesca, sin embargo no se tuvo éxito.

a. Macroinvertebrados bentónicos

249. Para la colecta de muestras de macroinvertebrados bentónicos se utilizó una red de mano tipo D (D-net) de 500 µm de luz de malla de área. Para tal fin, se colocó el marco cuadrado de la D-net en el fondo del ambiente a evaluar formando un ángulo de 90°, en sentido contrario a la corriente; luego se removió el sustrato ubicado delante de la boca de la red con las manos por dos minutos para facilitar el desprendimiento de los organismos y estos queden atrapados en la red. El procedimiento anterior se realizó por triplicado obteniéndose una muestra compuesta. 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 el laboratorio NSF Envirolab.

b. Perifiton

250. Para la colecta de muestras de perifiton se obtuvieron raspados superficiales de piedras u otros sustratos sumergidos en un área de 25 cm<sup>2</sup> (5 x 5 cm). Para tal fin, del lado más regular de una piedra u otro sustrato duro se delimitó un área de 5 x 5 cm y, ayudados con un cepillo y una piseta de 500 ml con agua destilada, se obtuvo un raspado (muestra) en un pote de 250 ml. El procedimiento anterior se realizó por triplicado obteniéndose una muestra compuesta de 75 cm<sup>2</sup>. 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 de 10 ml para su posterior análisis cualitativo y cuantitativo por el laboratorio NSF Envirolab.

c. Peces

251. Para la colecta de muestras de peces se utiliza como arte de pesca, el uso de **atarraya**. Para la colecta con atarraya, el especialista lanza la red 10 veces en diferentes pozas, de profundidades entre 20 - 50 cm, en un recorrido aproximado de 50 a 100 m aguas arriba del punto de muestreo. Finalizada la colecta, los peces serán medidos y pesados empleando para ello una regla de 30 cm y una balanza analítica de capacidad de 5 kg, respectivamente. La identificación taxonómica será realizada por especialistas del OEFA.

252. **Técnica de análisis:** Las muestras fueron analizadas por los laboratorios contratados cumpliendo con las directrices establecidas por el *Standard methods for examination of water and wastewater 22 nd* (APHA, 2012). En la Tabla 10-16 se describen los métodos empleados para los análisis hidrobiológicos.

Tabla 10-16. Comunidades hidrobiológicas evaluadas

Parámetro	Método de ensayo de referencia	Unidad	Técnica empleada
Perifiton	SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 10 300 C, 22nd Ed. 2012	Org/cm <sup>2</sup>	Identificación taxonómica y análisis cuantitativo
Macroinvertebrados bentónicos	SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 10 500 C, 22nd Ed. 2012	Org/m <sup>2</sup>	



1  
 1  
 D  
 1



### 10.2.3.3. Estándares de comparación

253. En lo que respecta a la identificación taxonómica y análisis cuantitativo de muestras de las comunidades hidrobiológicas, no existen estándares nacionales que se asemejen a los estándares de calidad de agua, aire, suelo u otra matriz ambiental abiótica. A nivel de la Comunidad Económica Europea existe la Directiva Marco del Agua (DOCE, 2000), norma que contempla la estimación de del estado ecológico de los ecosistemas mediante el uso de macroinvertebrados bentónicos, sin embargo, esta no sería aplicable al Perú por necesitarse una adaptación que incluya una comparación con condiciones de referencia locales.

### 10.2.3.4 Análisis de datos

254. Para el análisis de los resultados obtenidos de la evaluación hidrobiológica, se procedió a caracterizar las comunidades del perifiton y macroinvertebrados bentónicos teniendo en cuenta las siguientes variables biológicas:

#### *a. Composición, riqueza y abundancia*

255. Se realizó la clasificación taxonómica (phylum, clase, orden, familia y especie) de las especies del perifiton (ficoperifiton y zooperifiton) y macroinvertebrados bentónicos encontradas en cada una de las muestras del área de estudio. Esta clasificación taxonómica se encuentra en los Anexos del presente informe (Anexo D4 y Anexo D5).

256. La composición, riqueza y abundancia de perifiton (microalgas y microorganismos) fueron analizadas y expresadas gráficamente teniendo como base la categoría taxonómica phylum. En el caso de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos, se tuvo como base a la categoría taxonómica orden.

257. En el caso de la riqueza se utilizará la denominación "taxon" ("taxa" en plural) como un equivalente de especie. Esta denominación se justifica en que no en todos los casos se llegó a determinar la especie de los organismos encontrados, lo cual no impide la realización de análisis ecológicos y evita errores en la determinación taxonómica.

258. Es preciso indicar que los resultados de abundancia, se analizaron teniendo como base los resultados de densidad de organismos reportados en los informes de ensayo. Para este fin, a la densidad de perifiton (microalgas y microorganismos) se le retiró la unidad de área (cm<sup>2</sup>) y a los macroinvertebrados bentónicos la unidad de muestreo (muestra). Por esta razón, en los análisis de abundancia sólo se utilizará la denominación "organismos".

#### *b. Diversidad alfa*

259. Para la evaluación de diversidad de especies (diversidad alfa) se utilizaron los índices de diversidad verdadera (Números de Hill) en base al número de taxa de cada punto de muestreo para cada comunidad hidrobiológica.



260. Para ello se usó la variable N1 como la modificación del índice Shannon (H') (Jost 2006) cuya fórmula es:

$$N1 = \exp(H') \quad (10.1) \quad \text{donde H es el índice de Shannon.}$$

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

$$N2 = \frac{1}{\text{Índice de Simpson}} \quad (10.2)$$

262. Por último, se desarrolló el índice de equidad de Pielou, el cual mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor va de 0 a 1, de forma que 1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes (Pielou 1975, Peet, 1974). Su fórmula es la que se indica a continuación;

$$J' = \frac{H'}{H'_{\max}} \quad (10.3)$$

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

### c. Diversidad beta

263. Para la evaluación de diversidad beta se utilizó el coeficiente de similitud de Bray Curtis en base a la similitud de taxa entre puntos de muestreo para cada comunidad hidrobiológica.

264. Para determinar el índice de Bray Curtis se empleó la fórmula:

$$IBC = 1 - \frac{(\sum x_i - y_i)}{(\sum x_i + y_i)} \quad (10.4)$$

donde IBC es el índice de Bray Curtis,  $x_i$  = abundancia o densidad de especies  $i$  en un conjunto 1 y  $y_i$  = abundancia de las especies en el otro.

265. 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 los taxa entre dos estaciones de muestreo.

### d. Calidad ecológica

266. 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) se ha realizado la evaluación de calidad ecológica. 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.
- Los organismos que habitan el agua: los macroinvertebrados bentónicos. Con información de la composición de especies por estación de muestreo y el respectivo valor de tolerancia de cada orden taxonómico, se estimará la calidad biológica.

267. 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

268. 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 estación de muestreo. Finalmente, para obtener el respectivo valor de calidad hidromorfológica, dichos valores fueron comparados con la siguiente escala (Ver Tabla 10-17).

**Tabla 10-17.** Calidad hidromorfológica del río, según Encalada et al., 2011

Clase	Puntuación	Calidad Hidromorfológica
1	> 35	Excelente
2	29 - 35	Buena
3	21 - 28	Moderada
4	11 - 20	Malá
5	0 - 10	Pésima

269. 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 un valor de intolerancia (0-10). 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 10-18. El valor asignado a cada familia es directamente proporcional a su intolerancia.

**Tabla 10-18.** Valoración de la calidad biológica con el índice ABI según Ríos-Touma et al., 2014



Handwritten signatures and initials in blue ink.

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

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

270. 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 10-19).

Tabla 10-19. Escala de calidad ecológica de un río según Encalada et al., 2011

		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

**e. Análisis de correspondencia canónica (ACC)**

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

272. Los datos de abundancia de organismos fueron transformados logarítmicamente 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 logarítmicamente a  $\log(x+1)$ . Se decidió excluir del análisis las especies raras, que fueron aquellas que presentaron una abundancia menor al 0,1 % de la abundancia total (Moya *et al.*, 2009).

**10.2.4. Calidad de aire**

273. En los apartados siguientes se muestra información acerca del monitoreo realizado para evaluar la calidad del componente aire, consignándose la



Handwritten signatures and initials in blue ink.



"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

ubicación de las estaciones de muestreo, los protocolos, equipos y técnicas de análisis, y estándares de comparación.

#### 10.2.4.1. Ubicación de los puntos de muestreo

274. Los puntos de muestreo de calidad de aire, fueron establecidos en un centro poblado (Tala) y en 2 zonas ubicadas en el área de influencia del proyecto minero Quellaveco (quebrada Quimsuta y cerro Cortadera). Los 3 puntos se encontraron ubicados en el distrito de Torata, provincia de Mariscal Nieto, departamento de Moquegua.
275. Para la determinación y ubicación de los puntos de muestreo se consideraron factores como la accesibilidad, abastecimiento eléctrico y seguridad del equipo evaluador. Adicionalmente, se tuvieron en cuenta las áreas despejadas y sin obstáculos, lugares donde existe flujo de aire constante.
276. Para la presente EAT se determinó la categoría Escala Urbana para la realización del monitoreo de la calidad del aire en el distrito de Torata, considerando que las tres estaciones de muestreo se encuentran en un rango de 10 a 12 km aproximadamente. Los análisis efectuados en la evaluación fueron material particulado PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> (a excepción de CA-CORT) y metales totales en PM<sub>10</sub>. En la Tabla 10-20, se señala la ubicación de puntos de muestreo y su distribución se puede observar en el mapa de ubicación del Anexo E1. Finalmente, el registro fotográfico se detalla en el Anexo E2.

**Tabla 10-20.** Ubicación de los puntos de muestreo de calidad de aire

Puntos de muestreo	Coordenadas UTM WGS 84 - Zona 19,K			REFERENCIA
	Este	Norte	Altitud m s.n.m.	
CA-TALA	321 044	8 108 682	3 280	Techo de vestuarios de la loza deportiva ubicada en el anexo de Tala (Barlovento)
CA-QUIM	330 680	8 107 438	3 731	Al costado de la quebrada Quimsuta, a 2 m de la vía, interior del proyecto Quellaveco (Sotavento)
CA-CORT*	324 766	8 096 491	3 639	En el cerro Cortadera al costado de la vía alterna Quellaveco a Camiara

(\*): Punto de muestreo en el cual no se realizó PM<sub>2,5</sub>

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

277. El muestreo se realizó con equipos del OEFA. Con respecto a los métodos y criterios utilizados para la evaluación ambiental temprana de la calidad del aire, se consideró lo señalado en el Protocolo de Monitoreo de la Calidad del Aire y Gestión de los Datos de la Dirección General de Salud Ambiental (Digesa)<sup>20</sup>. Este protocolo establece los procedimientos y criterios técnicos para la instalación y operación de sistemas de monitoreo de calidad de aire, así como el manejo de los datos una vez colectados.

<sup>20</sup> El Protocolo de Monitoreo de Calidad del Aire y Gestión de Datos fue aprobado el 7 de setiembre de 2005, mediante Resolución Directoral N° 1404/2005/DIGESA/SA. Dirección General de Salud Ambiental (Digesa).

278. En este sentido, los equipos fueron instalados considerando los criterios técnicos del protocolo, manteniendo las distancias adecuadas a obstáculos, asimismo la altura adecuada para el ingreso de la muestra de aire a los muestreadores y altura adecuada para la medición de los parámetros meteorológicos. En el Anexo E3 del presente informe se muestran los certificados de calibración de los equipos utilizados (Ver Tabla 10-21).

**Tabla 10-21. Equipos utilizados en el muestreo de calidad de aire**

Equipo	Marca	Modelo	Serie	Observación
Vénturi PM <sub>10</sub>	THERMO SCIENTIFIC	G10551	P 9319 X P 9322 X P 9328 X	-
Bajo Volumen PM <sub>2,5</sub>	BGI	PQ200	2080 2086	
Estación meteorológica	DAVIS			-
GPS	GARMIN	MONTANA 680	4HU004843	-
Cámara	CANON	D30	62051001199	-
Manómetro tipo U de plástico	DWYER	SLACK TUBE	OEFA/17-0009 OEFA/17-0011 OEFA/17-0019	-

279. Para la medición de material particulado (PM<sub>10</sub>), se utilizó muestreadores de alto volumen, que cumplen con las especificaciones técnicas del Código Federal de Regulaciones (CFR, por sus siglas en inglés) aprobados por la USEPA y otras agencias internacionales.

280. Asimismo para el monitoreo de material particulado (PM<sub>2,5</sub>), se utilizó muestreadores de bajo volumen, los cuales cumplen con las especificaciones para dispositivos de muestreo bajo la Regulación CFR 40 Parte 50, Apéndice L y ha sido diseñado como Muestreador del Método de Referencia Federal RFPS-0498-116. Las cadenas de custodia y cálculos realizados se encuentran en el Anexo E4.

281. El método de referencia y la metodología se muestran en la Tabla 10-22.

**Tabla 10-22. Parámetros evaluados en aire**

Parámetros	Métodos de referencia	Técnica empleada	Laboratorio
PM <sub>10</sub> (Alto Volumen)	NTP 900.030 EPA IO-3.1 1999	Gravimetría	Envirotest, Environmental Testing Laboratory S.A.C.
PM <sub>2,5</sub> (Bajo Volumen)	EPA CFR 40 Parte 50, Apéndice L EPA IO-3.1 1999	Gravimetría	
Metales Totales en PM <sub>10</sub>	EPA IO-3.4 1999	Espectrometría ICP-OES	



Handwritten notes and signatures in blue ink on the left margin, including a large '1' and a signature.

### 10.2.4.3. Estándares de comparación

#### a. Evaluación del estado de la calidad del aire (ECA)

282. Los resultados del muestreo del parámetro atmosférico PM<sub>10</sub> fueron comparados con el valor establecido en el Estándar Nacional de Calidad del Aire (ECA), aprobado mediante Decreto Supremo N° 074-2001-PCM y los resultados del parámetro PM<sub>2,5</sub> fueron comparados con el valor establecido en el Estándar Nacional de Calidad del Aire (ECA), aprobado mediante Decreto Supremo N° 003-2008-MINAM, los cuales están indicados en el Instrumento de Gestión Ambiental asociado al proyecto minero "Quellaveco". El valor del referido ECA se indica en la Tabla 10-23.
283. Los resultados obtenidos para plomo se compararon de manera referencial con el valor para 24 horas establecido en los Criterios de Calidad Ambiental del Aire de Ontario – Canadá (AAQC)<sup>21</sup>, debido a que la normativa nacional en el caso del plomo solo considera una metodología de medición mensual y anual, más no diaria (ver Tabla 9-19). En el caso de los demás metales, los resultados también fueron comparados referencialmente con los AAQC de Ontario, puesto que no se cuenta con valores establecidos como Estándar de Calidad Ambiental (ECA) en la normativa nacional.

**Tabla 10-23.** Estándares de comparación de la calidad del aire según IGAs

Parámetro	Periodo	Forma del estándar		Norma
		Valor (µg/m <sup>3</sup> )	Formato	
Material particulado menor a 10 micras (PM <sub>10</sub> )	24 horas	150	No exceder más de 3 vez al año	Decreto Supremo N° 074-2001-PCM
Material particulado menor a 2,5 micras (PM <sub>2,5</sub> )	24 horas	50	1 de enero del 2010	Decreto Supremo N° 003-2008-MINAM
		25	1 de enero del 2014	
Metales en PM <sub>10</sub>	24 horas	(a)	-	

(a) Los valores de los AAQC con los que se comparan referencialmente los resultados obtenidos de cada metal se muestran en las tablas 11-11 al 11-13.

284. Los resultados del monitoreo de los parámetros atmosféricos PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub> también fueron comparados referencialmente con los valores establecidos en el Estándar Nacional de Calidad del Aire (ECA), aprobado mediante Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM el 7 de junio de 2017 y se encuentra actualmente vigente (Ver Tabla 10-24).

**Tabla 10-24.** Estándares de comparación de la calidad del aire

Parámetro	Periodo	Forma del estándar		Norma
		Valor (µg/m <sup>3</sup> )	Formato	
Material particulado menor a 10 micras (PM <sub>10</sub> )	24 horas	100	No exceder más de 7 vez al año	Decreto Supremo N° 003-2017-

<sup>21</sup> Los Criterios de Calidad Ambiental del Aire de Ontario AAQC (versión de abril 2012) fueron desarrollados por el Ministerio del Ambiente de Ontario y en ellos se establecen estándares para un gran número de agentes tóxicos del aire para los cuales se ha utilizado volúmenes de gases correspondiéndose a una temperatura de 10 °C y 1 atmósfera de presión. El AAQC se define como la concentración deseable de un contaminante en el aire, basado en la protección contra los efectos adversos a la salud y el ambiente. El término "ambiente" es usado para reflejar la calidad del aire en general, independientemente de la ubicación o la fuente de un contaminante.

Parámetro	Periodo	Forma del estándar		Norma
		Valor ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Formato	
Material particulado menor a 2,5 micras ( $\text{PM}_{2,5}$ )	24 horas	50	No exceder más de 7 vez al año	MINAM

#### 10.2.4.4. Análisis de datos

##### a. Determinación de concentración de material particulado y metales

285. Para determinar la concentración de material particulado ( $\text{PM}_{10}$  y  $\text{PM}_{2,5}$ ) y metales, se realizaron los cálculos correspondientes, utilizando la metodología de la US EPA 40 CFR, Apéndice O Parte 50 - Método de Referencia para la determinación de material particulado  $\text{PM}_{10}$  y  $\text{PM}_{2,5}$  en la atmósfera. Para los cálculos se utilizó los pesos de los filtros reportados por el laboratorio Envirotec, Environmental Testing Laboratory S.A.C., y los parámetros de presión y temperatura del lugar registrados por la estación meteorológica.

$$C_{\text{PM}_{10}} = 10^{-6} \cdot (W_f - W_i) / V_{\text{std}} \quad (10.9)$$

Donde:

$C_{\text{PM}_{10}}$  : Concentración de  $\text{PM}_{10}$  (ó  $\text{PM}_{2,5}$ ) en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

$W_f - W_i$  : Masas final e inicial del filtro de exposición en g

$V_{\text{std}}$  : Volumen total de aire muestreado a condiciones estándar<sup>22</sup> en  $\text{m}^3$

286. De manera análoga se determinaron las concentraciones de metales totales en el aire ambiente en los puntos de muestreo.

$$C_{\text{Metal}} = 10^{-6} \cdot (W_{\text{metal}}) / V_{\text{std}} \quad (10.10)$$

Donde:

$C_{\text{Metal}}$  : Concentración del metal en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

$W_{\text{metal}}$  : Masa del metal en g

$V_{\text{std}}$  : Volumen total de aire muestreado a condiciones estándar en  $\text{m}^3$

#### 10.3. Etapa de elaboración del informe

287. Etapa en la cual se realizó la revisión y análisis exhaustivo de las determinaciones analíticas, con fines de validar la información proporcionada por el laboratorio. Validados los resultados, se evaluaron y compararon con el marco normativo ambiental nacional por cada componente ambiental, así como con normativa referencial, según sea el caso.

288. Es importante destacar que en el presente informe se incluyen también los capítulos para las discusiones, conclusiones y recomendaciones que serán expuestas en taller de la presentación del informe final a los actores sociales que participaron de las etapas previas de la EAT.

<sup>22</sup> Condición estándar: utilizado para la medición de volúmenes de gases correspondiéndose a una temperatura de 25 °C y 1 atmósfera de presión.



## 11. RESULTADOS Y ANÁLISIS

289. A continuación, se describen los resultados del análisis de las determinaciones analíticas de los componentes ambientales evaluados, como son: agua superficial, sedimentos, comunidades hidrobiológicas y aire.

### 11.1. Calidad de agua

290. Para el análisis de resultados, los puntos de muestreo de agua superficial se han agrupado en 3 zonas, de acuerdo a la cuenca a la que tributan. Las redes hídricas evaluadas se encuentran ubicadas dentro del área de influencia del proyecto minero Quellaveco, según se detalla en el ítem 7.1:

a) Zona I - cuenca del río Ilo - Moquegua

b) Zona II - cuenca del río Locumba

c) Zona III - cuenca del río Tambo

291. En el área de estudio se determinaron 34 puntos de muestreo de agua superficial, de los cuales 4 se encontraron secos (por estar en época de estiaje), cuya descripción y ubicación se detalla en el ítem 7.1. Es decir, en la EAT se muestrearon un total de 30 puntos de muestreo, obteniéndose una data analítica completa de importantes parámetros relacionados a la actividad a desarrollarse en el proyecto minero Quellaveco.

292. Con fines de resumir y organizar la cantidad de datos obtenidos en el muestreo, se emplearon métodos estadísticos con la finalidad de inferir conclusiones. De este modo, el presente informe presenta tres enfoques del análisis y evaluación de la calidad de aguas superficiales en el área de estudio:

- i) El primer tipo de análisis está enfocado en la verificación de su calidad, de acuerdo al marco normativo ambiental nacional, como son los ECA para agua aprobado mediante el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, en la categoría 3: riego de vegetales y bebida de animales (en adelante, ECA para agua Cat.3), riego de vegetales (en adelante, D1) y bebida de animales (en adelante, D2) para los cuerpos de agua de las zonas I y III, así también en la categoría 1: Poblacional y Recreacional (en adelante, ECA para agua Cat.1), aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional (en adelante, A2), para los cuerpos de agua en la zona II.
- ii) El segundo tipo de análisis, está enfocado en determinar el comportamiento de los cuerpos de agua, correspondiente a su composición de los metales en su forma disuelta y suspendida, y su correlación con los sólidos presentes en sus aguas.
- iii) Finalmente se describe la hidrometría registrada en las 3 zonas evaluadas, con el fin de conocer los aportes en sus caudales de cada uno de los cuerpos de agua involucrados en el proyecto.

293. En los 30 puntos de muestreo se midieron en campo los siguientes parámetros: pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto y temperatura; así también los siguientes parámetros se analizaron en un laboratorio certificado por INACAL:

sólidos totales suspendidos, sólidos totales disueltos, bicarbonatos, carbonatos, cloruros, metales totales (incluye mercurio), metales disueltos (incluye mercurio), cromo hexavalente, sulfatos, cianuro wad, cianuro libre, cianuro total, nitratos, nitrógeno amoniacal y demanda química de oxígeno (DQO).

### 11.1.1. Estado de la calidad de las aguas superficiales en el marco normativo ambiental nacional (ECA para agua)

#### a. Análisis de los parámetros de campo

##### a.1. Potencial de hidrógeno (pH)

294. En el Figura 11-1, se presentan los resultados de las concentraciones del pH y los valores establecidos en los ECA para agua Cat.3 y Cat.1 referidos a los 30 puntos muestreados. De acuerdo a los ECA para agua, la Cat.3 para riego de vegetales (D1), establece valores en el rango de 6,5 a 8,5 unidades de pH y el rango de 6,5 – 8,4 unidades de pH para bebida de animales (D2). En tanto, para la Cat.1, aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional (A2), establece valores en el rango de 5,5 a 9,0 unidades de pH.

295. En la **Zona I**, se aprecia que los cuerpos de agua muestreados presentan en su mayoría una tendencia ligeramente ácida a básica, cercana a la neutra, sin embargo, un punto de muestreo evaluado en el río Asana (RAsan-3) y en la quebrada Millune (QMillu-1) presentaron condiciones ácidas (5,85 y 4,32 unidades de pH respectivamente), por lo cual sus valores de pH fueron menores al valor mínimo del pH referenciado de la Cat.3 (6,5 unidades de pH), así mismo, condiciones básicas en esta zona, también fue registrada, como es el caso del río Huancanane con 8,62 unidades de pH (RHuan-2), el cual superó el valor máximo establecido en la Cat.3 (8,5 unidades de pH).

296. En la **Zona II**, los dos puntos de muestreo evaluados mostraron una tendencia ligeramente ácida, encontrándose sus valores dentro del rango del pH (5,5 - 9 unidades de pH) establecido en los ECA para agua Cat.1 A2.

297. Finalmente en la **Zona III** se aprecia unidades de pH de tendencia variable que puede ser ácida o básica de acuerdo al río o quebrada evaluada. Así se tiene que los puntos de muestreo de mayor acidez y que a la vez no alcanzaron el valor mínimo del rango de pH de la Categoría 3 (6,5 unidades de pH), fueron los registrados en Canal Pasto Grande (CAPGra), río Titire (RTiti-1) y el río Vizcacha en su punto de mayor altitud (RVizc-1) con 3,95; 5,44 y 4,88 unidades de pH respectivamente. Así también, el punto de muestreo que mostró mayor alcalinidad y que a la vez superó el valor máximo del rango de pH de la Categoría 3 (8,5 unidades de pH) fue el río Chilota en su parte baja (RChil-2) con 8,65 unidades de pH.

##### a.2. Conductividad eléctrica (C.E.)

298. De acuerdo a los ECA para agua, la Cat.3 para riego de vegetales (D1), establece como máximo valor de C.E: 2500  $\mu$ S/cm, y 5000  $\mu$ S/cm para el caso de bebida de animales (D2). En tanto, para la Cat.1, aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional (A2), establece como máximo valor 1600  $\mu$ S/cm.



299. En el Figura 11-2, se presentan los resultados de las concentraciones de C.E. y los valores establecidos en los ECA para agua Cat.3 y Cat.1 referidos a los 30 puntos muestreados. En la **Zona I** se aprecia una marcada diferencia entre la red hídrica que conforma el río Asana, en su recorrido, incluyendo al río Tumilaca, con valores de C.E. menores a 500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , y la red hídrica que conforma el río Huancanane, con valores de C.E. mayores a 600  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , superando en un solo caso, a lo establecido por los ECA para agua Cat.3 (D1 = 2500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) en el punto RHuan-2 con 3020  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .
300. Por otro lado, en la **Zona II** se aprecia una marcada diferencia entre el valor superior que muestra la quebrada Yarito (1433  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) que cuadruplica a lo registrado en la quebrada Cortadera. Sin embargo, ambos registros se encontraron por debajo de lo establecido por los ECA para agua Cat.1 A2 (1600  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).
301. Finalmente, en la **Zona III** se aprecia una marcada diferencia entre la red hídrica que conforma la parte baja del río Vizcacha (incluye al río Chilota, Calasaya y tributarios) con valores de C.E. menores a 200  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , y la red hídrica que conforma por un lado la parte alta del río Vizcacha (que incluye al canal de la laguna Pasto Grande) y por el otro lado, el río Titire con valores mayores a 600  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , superando en un solo caso, lo establecido por los ECA para agua Cat.3 (D1 y D2 = 2500 y 5000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  respectivamente) en el punto RTiti-1 (7380  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).

a.3. Oxígeno disuelto (O.D.)

302. De acuerdo a la normativa de marco ambiental, la concentración de O.D. necesaria para el uso de agua en riego de vegetales (D1) debe ser igual o mayor a 4,0 mg/L y para bebida de animales (D2) debe ser igual o mayor a 5,0 mg/L, según los ECA para agua Cat.3, así también la concentración de O.D. necesaria para que el agua a potabilizar sea sometida a tratamiento convencional (A2), debe ser igual o mayor a 5,0 mg/L, según los ECA para agua Cat.1.
303. La Figura 11-3 muestra los resultados de las concentraciones de O.D. y los valores establecidos en los ECA para agua Cat.3 y Cat.1 referidos a los 30 puntos muestreados. En la **Zona I**, los niveles de O.D. en todos los puntos muestreados que conforman la red hídrica, son mayores a 6 mg/L, con lo cual cumplen lo requerido por el ECA correspondiente (Cat.3 D1 y D2), apreciándose además que los cuerpos de agua que poseen concentraciones de O.D. mayores o iguales a 7,9 mg/L son el río Tumilaca y su tributario el río Huancanane.
304. Por otro lado, en la **Zona II**, se aprecian niveles de O.D. menores a 6 mg/L en las dos quebradas evaluadas, en consecuencia, solamente la quebrada Yarito no cumplió con la concentración mínima requerida por los ECA para agua Cat.1 A2, al obtener 4,63 mg/L en QYari-1.
305. Finalmente en la **Zona III**, los niveles de O.D. en todos los puntos muestreados que conforman la red hídrica, son mayores a 5,2 mg/L, con lo cual cumplen lo requerido por el ECA correspondiente (Cat.3 D1 y D2), apreciándose además una marcada diferencia entre la red hídrica que conforma el río Vizcacha (que





PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Organismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

incluye al canal de la laguna Pasto Grande) con concentraciones superiores a 6 mg/L y el río Titire con 5,27 mg/L en RTiti-1.



P

1

1

P

Calf  
2

1



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"



Figura 11-1. Resultados de pH en agua superficial de los cuerpos de agua evaluados en la EAT



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

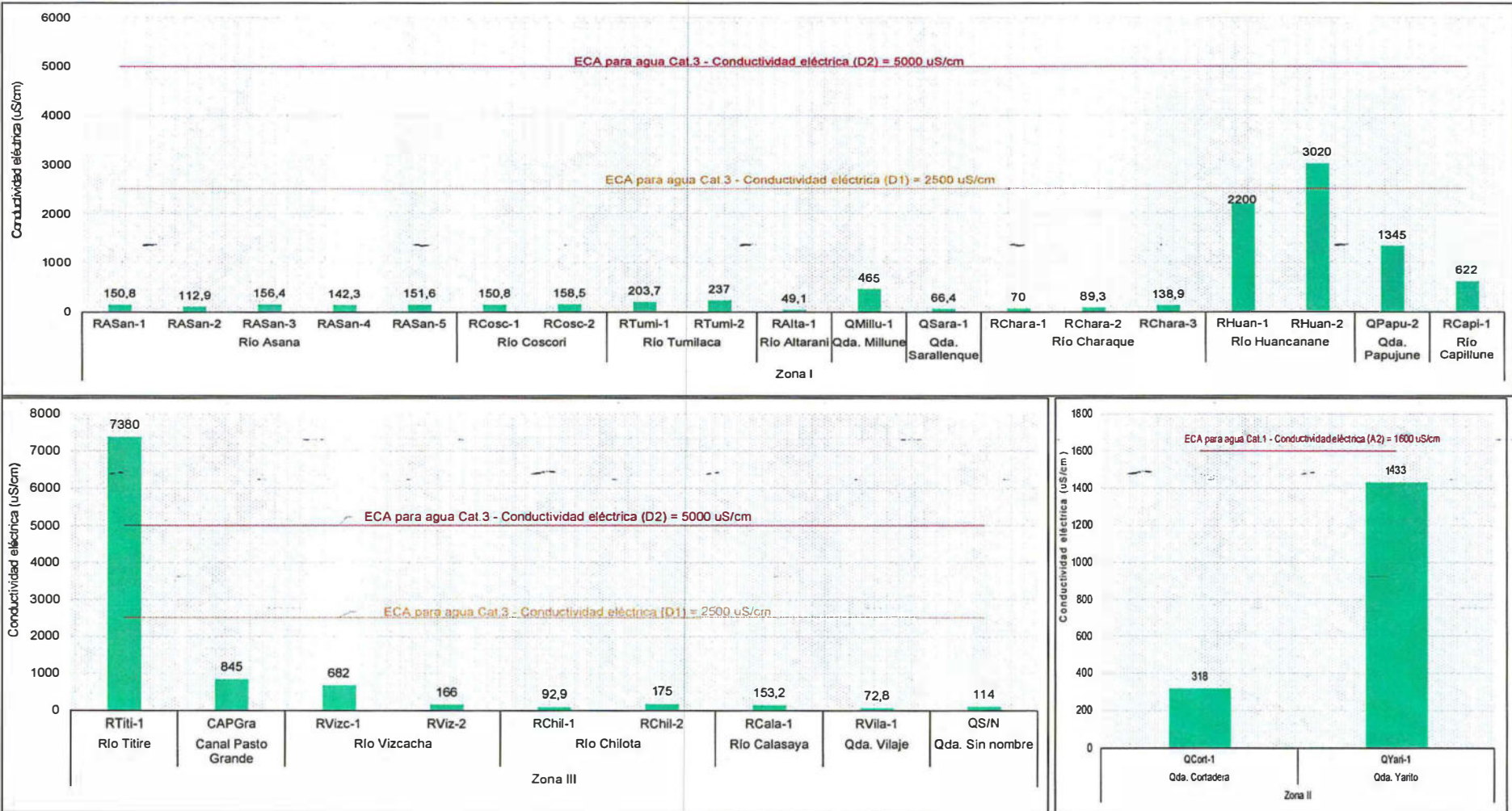


Figura 11-2. Resultados de conductividad eléctrica en agua superficial de los cuerpos de agua evaluados en la EAT



"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

D

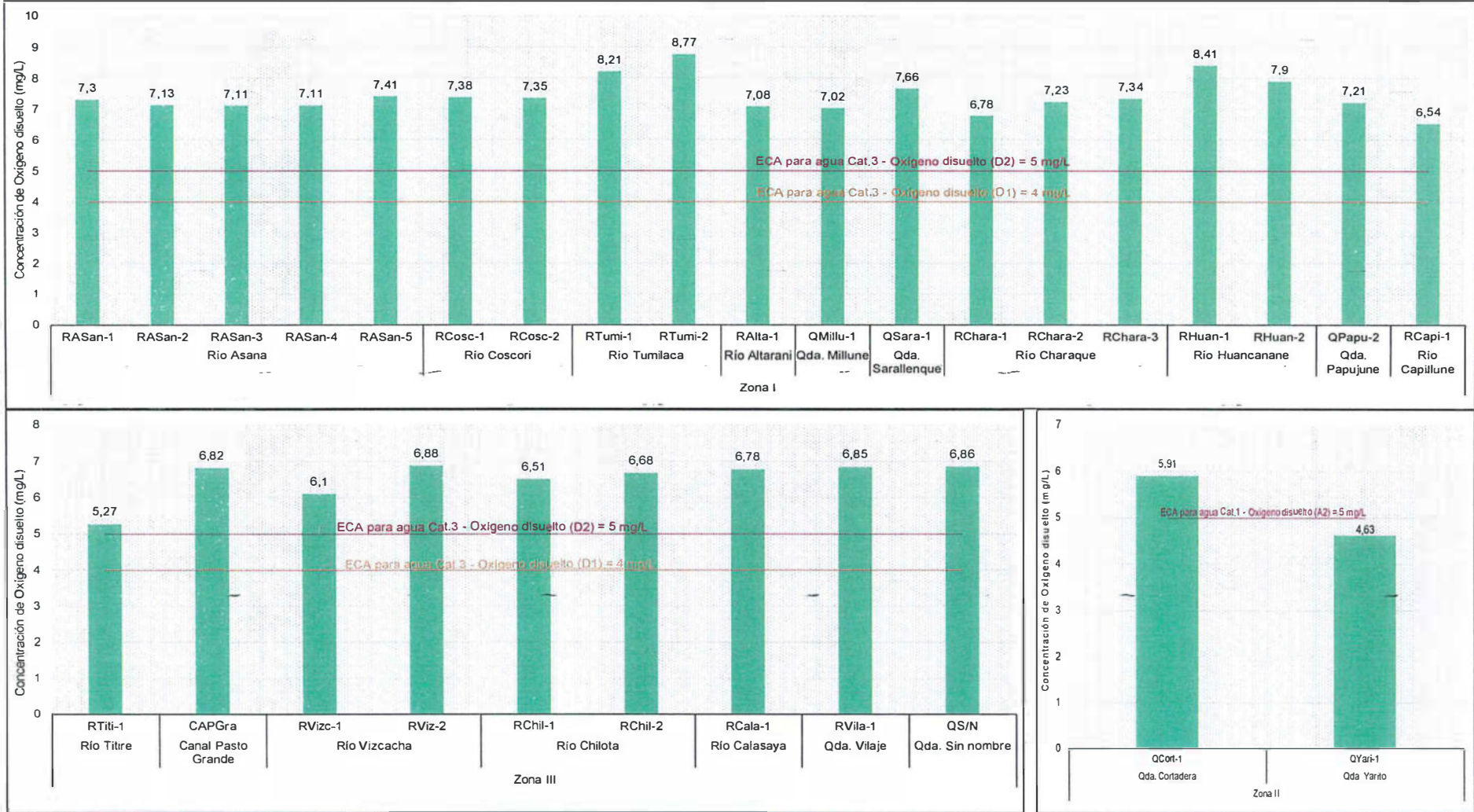


Figura 11-3. Resultados de oxígeno disuelto en agua superficial de los cuerpos de agua evaluados en la EAT

**b. Características químicas del agua**

306. Son los que definen al agua como una solución/suspensión acuosa en la cual suceden una serie de reacciones químicas de importancia biológica, las cuales entre sus interacciones brindan esas características al agua (Jenkins, 2009).

**b.1. Bicarbonatos y carbonatos**

307. Los carbonatos y bicarbonatos son iones asociados importantes en la comunicación de alcalinidad del agua, sin embargo, en su regulación nacional, solo los bicarbonatos deben presentar una concentración menor a 518 mg/L, para su uso de agua en riego de vegetales (D1) según los ECA para agua Cat.3; en referencia a Cat. 3 D2 y Cat.1 A2; no se cuenta con valores estándar para estos iones.

308. La Figura N° 11-4, muestra los resultados de las concentraciones de carbonatos referidos a los 30 puntos muestreados. En la **Zona I**, la red hídrica del río Asana, incluyendo al río Tumilaca, muestra concentraciones no cuantificables del parámetro por el método de laboratorio (0,1 mg/L), a excepción del río Charaque con 0,1 mg/L (RChara-3), con lo cual marca la diferencia con la red hídrica que conforma el río Huancanane, que muestra concentraciones superiores como 2,6 mg/L en RHuan-2. Para esta zona, se aprecia que la presencia de carbonatos se encuentra relacionada con pH mayores a 8. Sin embargo, en la **Zona II**, dicha relación no es consecuente, debido que en las dos quebradas evaluadas sus concentraciones fueron cuantificables (0,1 mg/L) a pesar de presentar pH ligeramente ácidos. La presencia de carbonatos en la **Zona III**, es detectable en el río Chilota (0,2 mg/L), en el punto de muestreo RChil-2, el cual presentó la mayor alcalinidad (pH: 8,65) de los cuerpos de agua que conforman la red hídrica del río Vizcacha.

309. La Figura N° 11-5, muestra las concentraciones del bicarbonato y los valores establecidos en los ECA para agua Cat.3 (D1) referidos a los 30 puntos de muestreo. En la **Zona I** se aprecia una marcada diferencia entre la red hídrica que conforma el río Asana, en su recorrido, incluyendo al río Tumilaca, con concentraciones del parámetro menores a 37 mg/L, y la red hídrica que conforma el río Huancanane, con concentraciones que varían desde 39 mg/L en el río Capillune (RCapi-1) hasta 141, 3 mg/L en RHuan-2, sin embargo, en ambos casos se cumplió con lo establecido por los ECA para agua Cat.3. Así también en la **Zona III** se cumplió con dicho ECA, apreciándose que la presencia de bicarbonatos se hace detectable en la parte baja del río Vizcacha y en sus tributarios, a diferencia de la parte alta del mismo río (incluyendo el canal de Pasto Grande) y el río Titire, que ante condiciones ácidas, no muestran concentraciones detectables de bicarbonatos. Finalmente, la **Zona II**, muestra una similitud en la concentraciones del parámetro (cerca de 90 mg/L) en las dos quebradas evaluadas; para la presente zona, no hay ECA en referencia.

**b.2. Cloruros**

310. La concentración de cloruros necesaria para el uso de agua en riego de vegetales (D1) no debe ser mayor a 500 mg/L, ni a 250 mg/L para aguas que serán potabilizadas por tratamiento convencional (Cat.1 A2). Para el caso de



1030  
D  
E



agua para bebida de animales (D2) no se cuenta con valores estándar en la normativa nacional.

311. La Figura N° 11-6, muestra los resultados de las concentraciones de cloruros y los valores establecidos en los ECA para agua Cat.3 y Cat.1 referidos a los 30 puntos muestreados. En la **Zona I** se aprecia una marcada diferencia entre la red hídrica que conforma el río Asana, en su recorrido, incluyendo al río Tumilaca, con concentraciones del parámetro menores a 12 mg/L, y la red hídrica que conforma el río Huancanane, con concentraciones superiores a 107 mg/L, de las cuales, solamente el punto de muestreo RHuan-2 (544,9 mg/L) superó lo establecido por los ECA para agua Cat.3 D1.
312. Así también, en la **Zona III**, la diferencia es marcada entre la red hídrica del río Vizcacha (incluyendo el canal de Pasto Grande) con concentraciones de cloruros menores a 102 mg/L, y la red hídrica del río Titire con concentraciones muy altas como 1954 mg/L en RTiti-1, con lo cual superó largamente lo establecido por los ECA para agua Cat.3 D1.
313. Finalmente, las concentraciones de cloruros en las quebradas evaluadas de la **Zona II** marcaron diferencia muy amplia entre ellas, siendo lo registrado para la quebrada Yarito (199,3 mg/L en QYari-1), casi veinte veces a lo registrado por la quebrada Cortadera. En ambos casos, se cumplió con lo establecido por los ECA para agua cat.1 A2.

#### b.3. Demanda química de oxígeno (DQO)

314. En la Figura 11-7 se presenta las concentraciones de la DQO de los 30 puntos de muestreo y sus valores máximos requeridos para el uso de aguas para riego de vegetales y bebida para animales (D1 y D2: 40 mg/L) establecidos en los ECA para agua Cat.3, así también para el uso de agua que serán potabilizadas por tratamiento convencional (A2 : 20 mg/L) establecidos en los ECA para agua Cat. 1.
315. En la **Zona I**, se aprecia que los cuerpos de agua evaluados no superan los 11 mg/L de DQO, sin embargo, es importante resaltar que los tributarios de la parte alta del río Asana, como son el río Altarani y las quebradas Millune y Sarallene mostraron concentraciones no cuantificables por el método de laboratorio para DQO (2 mg/L). En todos los casos, se cumplió con lo establecido por los ECA para agua Cat. 3 D1 y D2.
316. En la **Zona II** se aprecia que las quebradas evaluadas muestran concentraciones menores a 8 mg/L, cumpliendo con lo establecido por los ECA para agua Cat. 1 A2.
317. Finalmente, en la **Zona III**, se aprecia una diferencia marcada entre la red hídrica que conforman al río Vizcacha, con valores de DQO menores a 9 mg/L, y la que conforma el río Titire con valor de 25,9 mg/L en RTiti-1. La presente zona, también cumplió con lo establecido por los ECA para agua Cat. 3 D1 y D2.

#### b.4. Nitratos (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)



Handwritten signature or initials in blue ink.

318. La Figura 11-8, muestra las concentraciones de la nitratos de los 30 puntos de muestreo y sus valores máximos requeridos para el uso de agua que serán potabilizadas por tratamiento convencional (A2: 50 mg/L) establecidos en los ECA para agua Cat. 1.
319. En la **Zona I**, las concentraciones de nitratos se vuelven cuantificables en la parte más baja del río Asana (incluyendo el río Tumulaca) y en todos sus tributarios, sin embargo, no son cuantificables por el método de laboratorio (0,05 mg/L) en la red hídrica que forman el río Huancanane. En general sus valores resultaron en menos de 2 mg/L, registrándose el máximo valor en el río Charaque (RChara-3) con 1,4619 mg/L. No se tomaron en cuenta las comparaciones con el ECA para Cat.3, considerando que lo establecido en dicha norma es para la suma total de nitratos y nitritos en el cuerpo de agua (D1 y D2:100 mg/L).
320. En la **Zona III**, la presencia de los nitratos se vuelven cuantificables en mayor cantidad (1,1075 mg/L) en la red hídrica del río Titire (RTiti-1), y de parte de la hídrica del río Asana, su presencia se registró únicamente en la quebrada Sin Nombre (QS/N) en menor cantidad (0,2658 mg/L); en general existe una muy alta posibilidad con lo establecido en los ECA para agua Cat.3.
321. Finalmente en la **Zona II**, se observa una diferencia en las concentraciones de nitratos de las dos quebradas evaluadas, siendo el valor de la quebrada Cortadera en QCort-1 (1,55 mg/L), casi el triple de lo registrado en la quebrada Yarito. En general, sus valores se encuentran muy por debajo de los ECA para agua Cat. 1 A2, cumpliendo por lo tanto con dicho estándar. Cabe resaltar que los resultados proporcionados por el laboratorio para esta zona, fueron multiplicados por el factor de 4,43 para ser expresado en unidades de Nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), ello debido a que la metodología analítica del laboratorio reporta dichos resultados en unidades de Nitratos-N ( $\text{NO}_3^- - \text{N}$ ).

#### b.5. N-Amoniacal

322. La Figura 11-9, muestra las concentraciones de la nitrógeno amoniacal de los 30 puntos de muestreo y sus valores máximos requeridos para el uso de aguas que serán potabilizadas por tratamiento convencional (A2: 1,5 mg/L) establecidos en los ECA para agua Cat. 1.
323. En la **Zona I** no se aprecia concentraciones cuantificables por el método de laboratorio (0,01 mg/L) en todos los cuerpos muestreados. En cambio, en la **Zona III**, las concentraciones solamente son detectables en la parte baja del río Vizcacha y en el río Titire con 0,04 mg/L. Para ambas zonas, no se presenta valores estándar para N-Amoniacal en los ECA para agua Cat.3, por lo cual, los resultados nos muestran características de los cuerpos de agua para este elemento estudiado. En la **Zona II**, las dos quebradas evaluadas no mostraron concentraciones cuantificables por el método de laboratorio (0,01 mg/L), cumpliendo por lo tanto con lo requerido por los ECA para agua Cat. 1 A2.

#### b.6. Sólidos totales disueltos (STD)

324. La Figura N° 11-10, muestra las concentraciones de los STD de los 30 puntos de muestreo y sus valores máximos requeridos para el uso de aguas que serán



ψ  
1  
1  
D  
Eg  
1



potabilizadas por tratamiento convencional (A2: 1000 mg/L) establecidos en los ECA para agua Cat. 1.

325. En la **Zona I**, se aprecia una marcada diferencia entre la red hídrica que conforma el río Asana, afluentes y su continuación hasta el río Tumilaca, con concentraciones de STD menores a 305 mg/L, y la red hídrica que conforma el río Huancanane con valores superiores a 400 mg/L, siendo su punto de muestreo RHuan-2, el que registró la máxima concentración de STD (2228 mg/L). Así mismo, en la **Zona III**, la diferencia es marcada entre la red hídrica que conforma la parte baja del río Vizcacha (RViz-2) con concentraciones menores 130 mg/L, con la red hídrica de la parte alta del río Vizcacha (incluyendo el canal de Pasto Grande) y la del río Titire, con concentraciones superiores a 450 mg/L, siendo su máxima concentración registrada en RTiti-1 con 4980 mg/L. Finalmente en la **Zona II**, las quebradas evaluadas marcaron una diferencia marcada en las concentraciones de STD, siendo un poco más de tres veces, el valor de la quebrada Yarito (QYari : 950 mg/L) respecto a la quebrada Cortadera. En ambos casos, se cumplió con lo requerido por los ECA para agua Cat.1 A2.

b.7. Sólidos totales suspendidos (STS)

326. Los resultados de STS de los 30 puntos de muestreo, que son productos de la erosión de los suelos, detritus orgánico y plancton, entre otros, son presentados en la Figura 11-11. Cabe precisar que no se cuenta con valor de regulación para STS en los ECA para agua Cat.3, ni para la Cat.1.
327. En la **Zona I**, las concentraciones se vuelven cuantificables (mayor a 3 mg/L) en los río Asana, Coscori, Tumilaca, y quebradas Millune (para la red hídrica del río Asana) y el río Capillune (para la red hídrica del río Huancanane); siendo su máximo valor el obtenido en QMillu-1 (Quebrada Millune) con 16,4 mg/L. En la **Zona II**, los STS no fueron cuantificables. Finalmente, en la **Zona III**, se aprecia una diferencia marcada entre la red hídrica del río Vizcacha (con concentraciones menores a 10 mg/L) y la del río Titire con 160 mg/L en RTiti-1.

b.8. Sulfato ( $SO_4^{-2}$ )

328. En la Figura 11-12 se presentan las concentraciones de sulfato de los 30 puntos de muestreo y los máximos valores requeridos por los ECA para agua Cat.3 (D1 y D2 : 1000 mg/L) y Cat.1 (A2 : 500 mg/L).
329. En la **Zona I**, se aprecia una marcada diferencia entre la red hídrica que conforman el río Asana, incluyendo al río Tumilaca, con concentraciones menores a 70 mg/L, a excepción de la quebrada Millune (228,8 mg/L); y la red hídrica que conforma el río Huancanane, con concentraciones superiores a 98 mg/L, llegando a un máximo de 630,2 mg/L en RHuan-2. En general, sus concentraciones cumplieron con los ECA para agua Cat. 3 (D1 y D2). Así mismo, en la **Zona III**, se aprecia una diferencia marcada entre la red hídrica que conforma la parte baja del río Vizcacha, con concentraciones menores a 40 mg/L, y la red hídrica que conforma la parte alta del río Vizcacha (incluyendo el canal Pasto Grande). El punto de muestreo correspondiente a la red hídrica del río Titire que es independiente a la red hídrica del río Vizcacha registró un



Handwritten signature or initials in blue ink.



máximo valor de 805 mg/L (RTiti-1). En general, las concentraciones registradas en todos los puntos cumplieron con los ECA para agua Cat. 3 (D1 y D2).

330. Finalmente, en la **Zona II**, se aprecia que la quebrada Yarito registra una concentración (322 mg/L) que supera en seis veces lo reportado en la quebrada Cortadera. En general, las quebradas evaluadas cumplieron con el valor establecido por los ECA para agua Cat. 1 A2.



ψ  
-  
-  
D  
E  
1



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

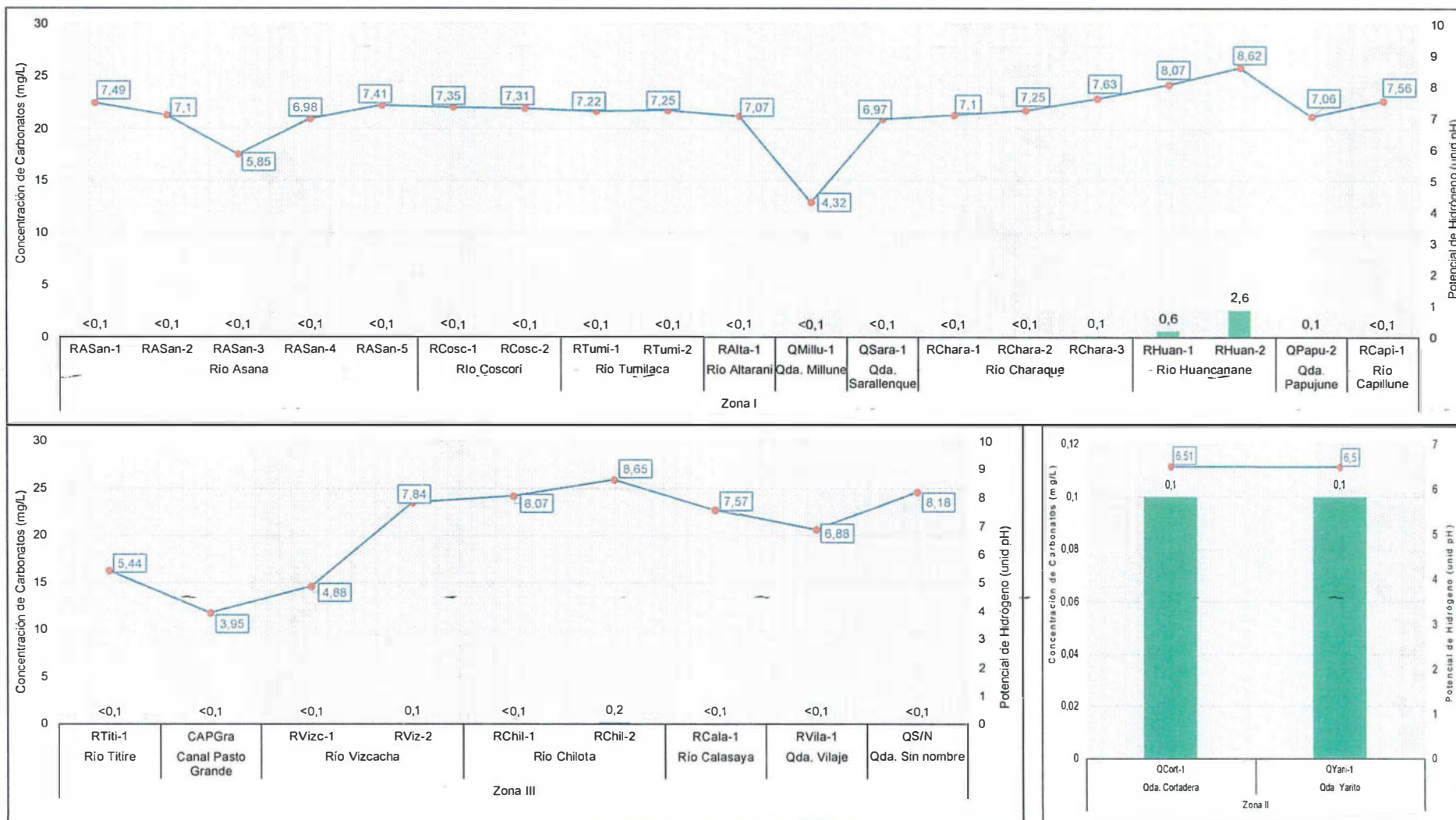


Figura 11-4. Resultados de carbonatos en agua superficial de los cuerpos de agua evaluados de la EAT



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

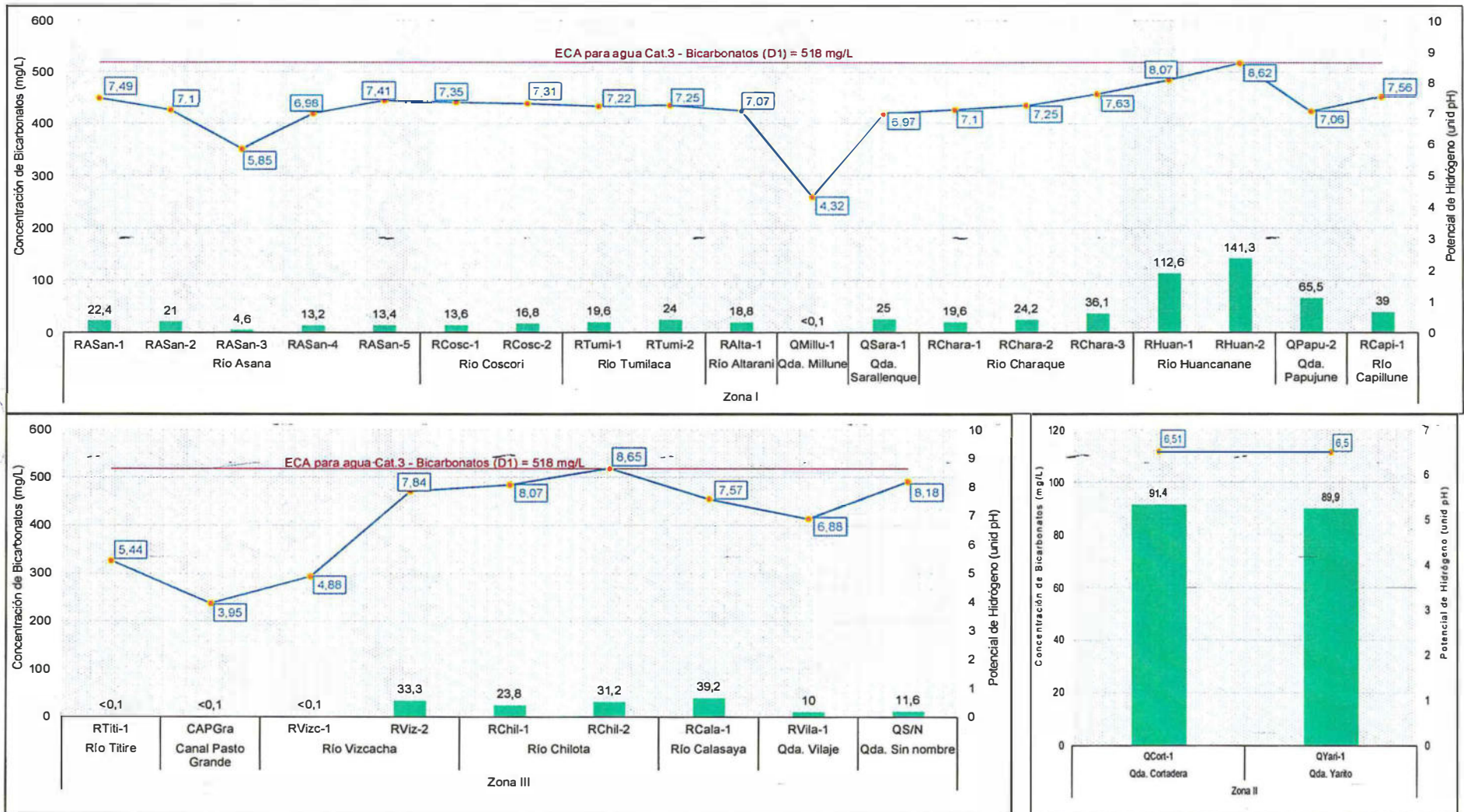


Figura 11-5. Resultados de bicarbonatos en agua superficial de los cuerpos de agua evaluados de la EAT

MONITOREO Y VIGILANCIA  
VBO  
DIRECCION DE EVALUACION  
11/11/11  
P  
E





PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

11-1-2018

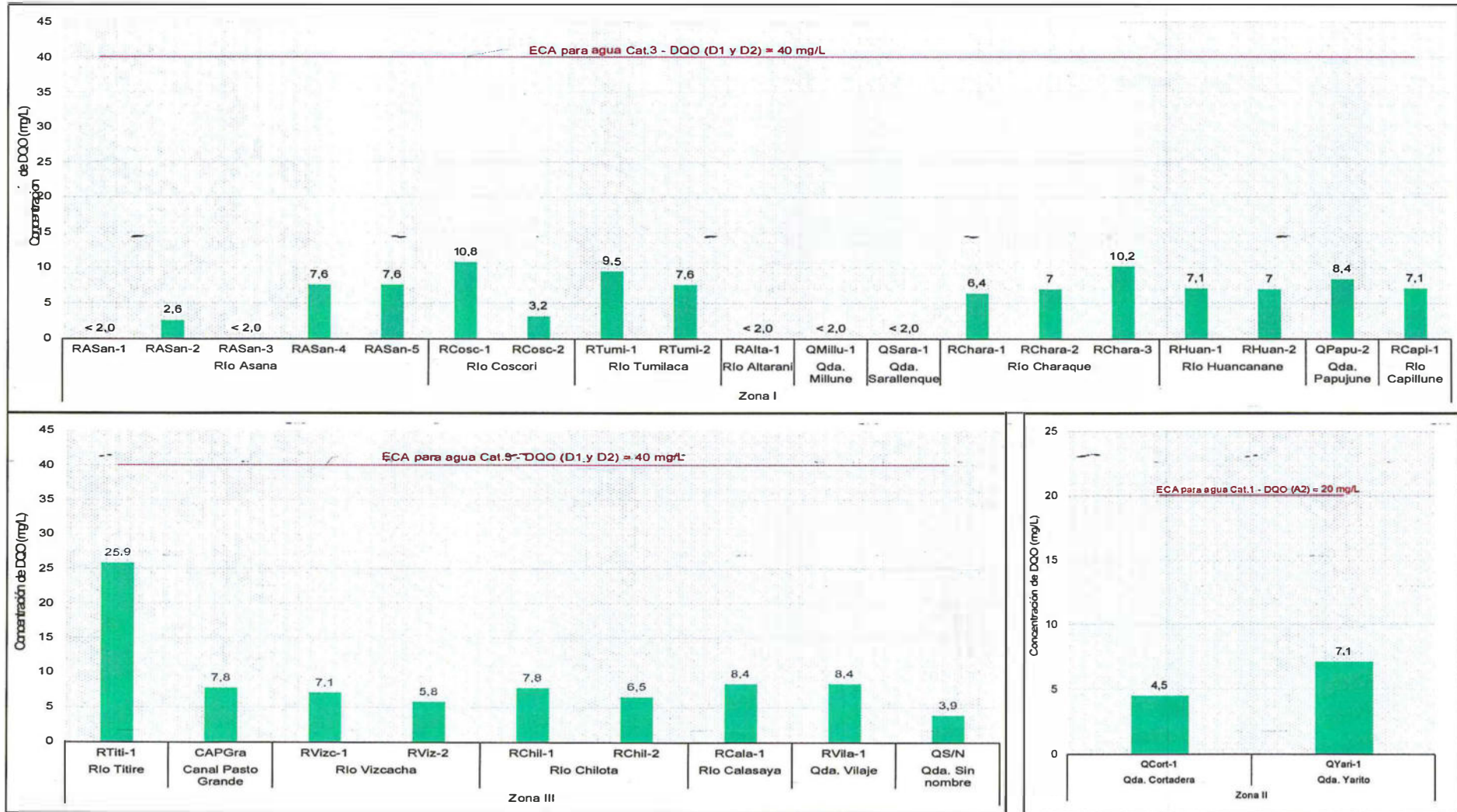


Figura 11-7. Resultados de DQO en agua superficial de los cuerpos de agua evaluados de la EAT



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

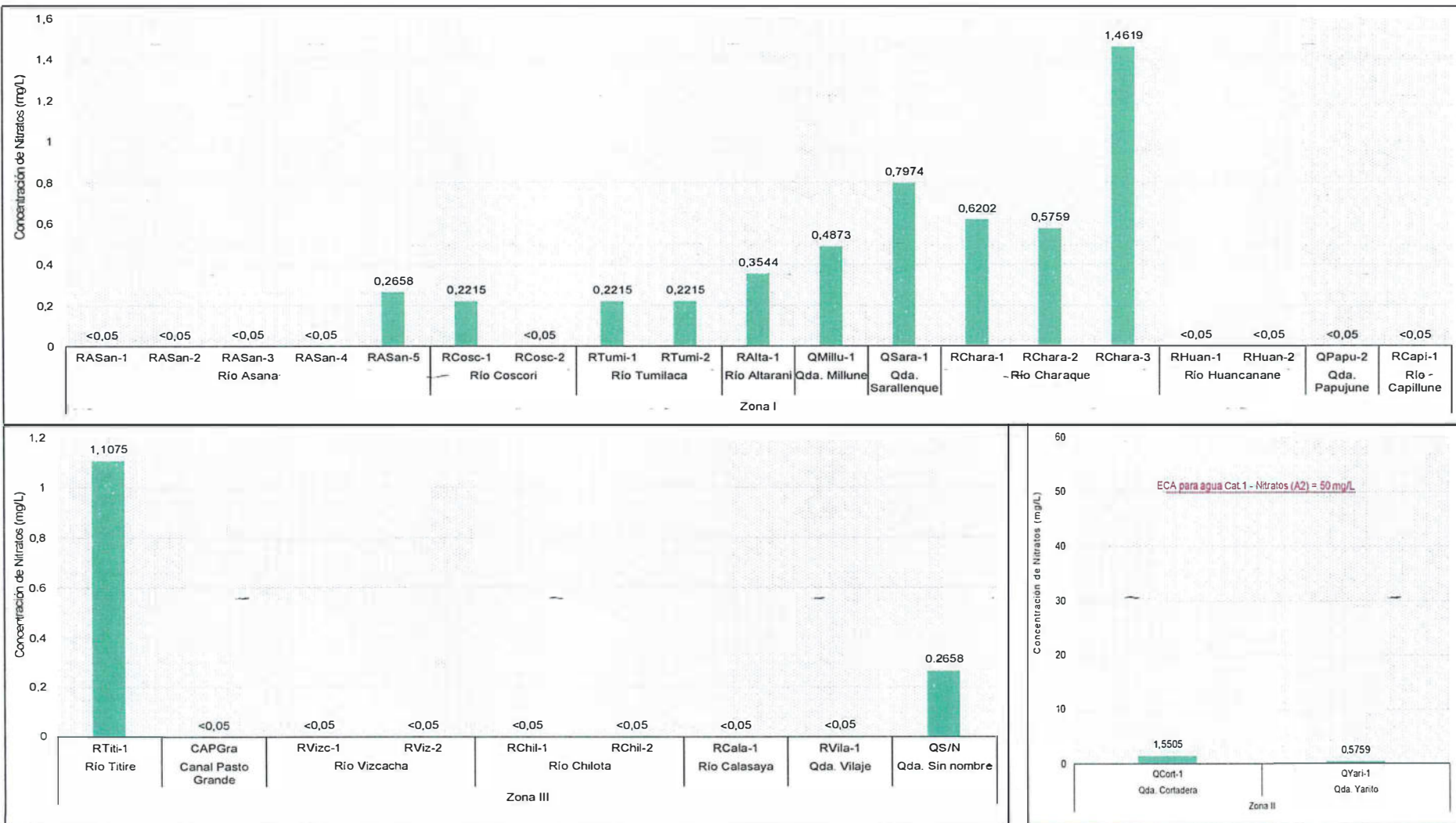


Figura 11-8. Resultados de nitratos en agua superficial de los cuerpos de agua evaluados de la EAT



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

P  
E

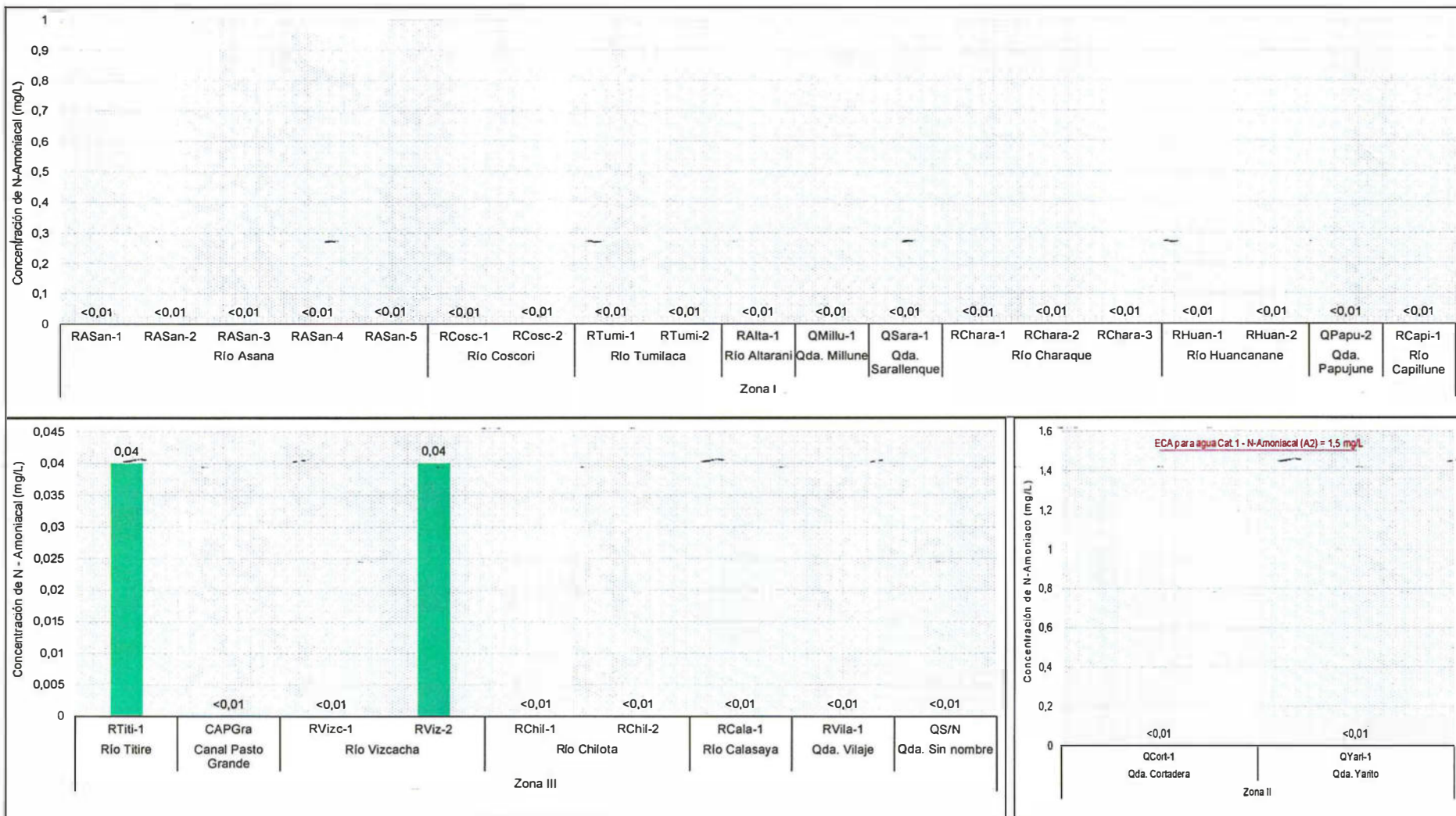


Figura 11-9. Resultados de N-Amoniacal en agua superficial de los cuerpos de agua evaluados de la EAT



10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65  
66  
67  
68  
69  
70  
71  
72  
73  
74  
75  
76  
77  
78  
79  
80  
81  
82  
83  
84  
85  
86  
87  
88  
89  
90  
91  
92  
93  
94  
95  
96  
97  
98  
99  
100  
101  
102  
103  
104  
105  
106  
107  
108  
109  
110  
111  
112  
113  
114  
115  
116  
117  
118  
119  
120  
121  
122  
123  
124  
125  
126  
127  
128  
129  
130  
131  
132  
133  
134  
135  
136  
137  
138  
139  
140  
141  
142  
143  
144  
145  
146  
147  
148  
149  
150  
151  
152  
153  
154  
155  
156  
157  
158  
159  
160  
161  
162  
163  
164  
165  
166  
167  
168  
169  
170  
171  
172  
173  
174  
175  
176  
177  
178  
179  
180  
181  
182  
183  
184  
185  
186  
187  
188  
189  
190  
191  
192  
193  
194  
195  
196  
197  
198  
199  
200

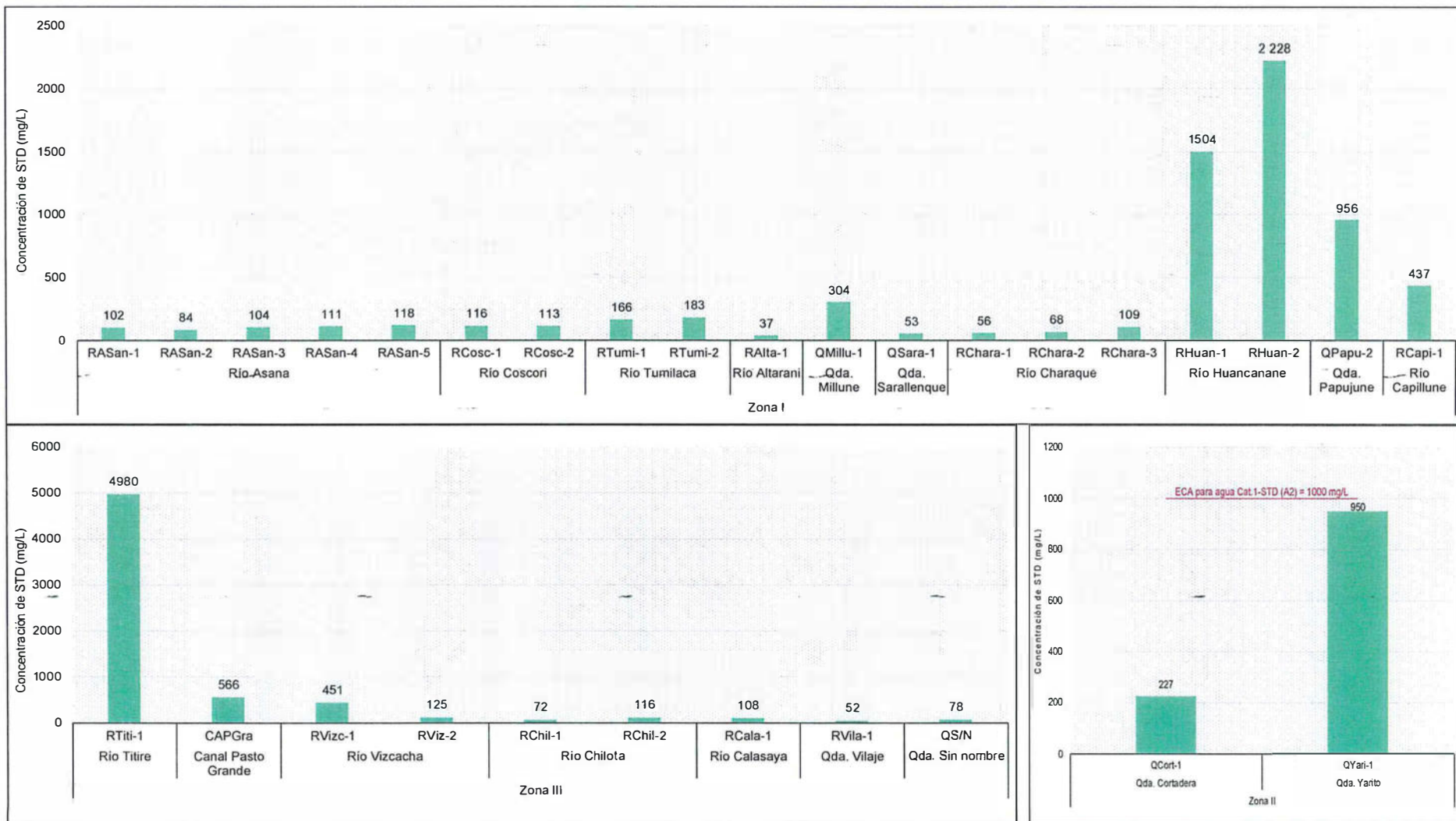


Figura 11-10. Resultados de STD en agua superficial de los cuerpos de agua evaluados de la EAT



"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

1  
1  
D  
E  
1

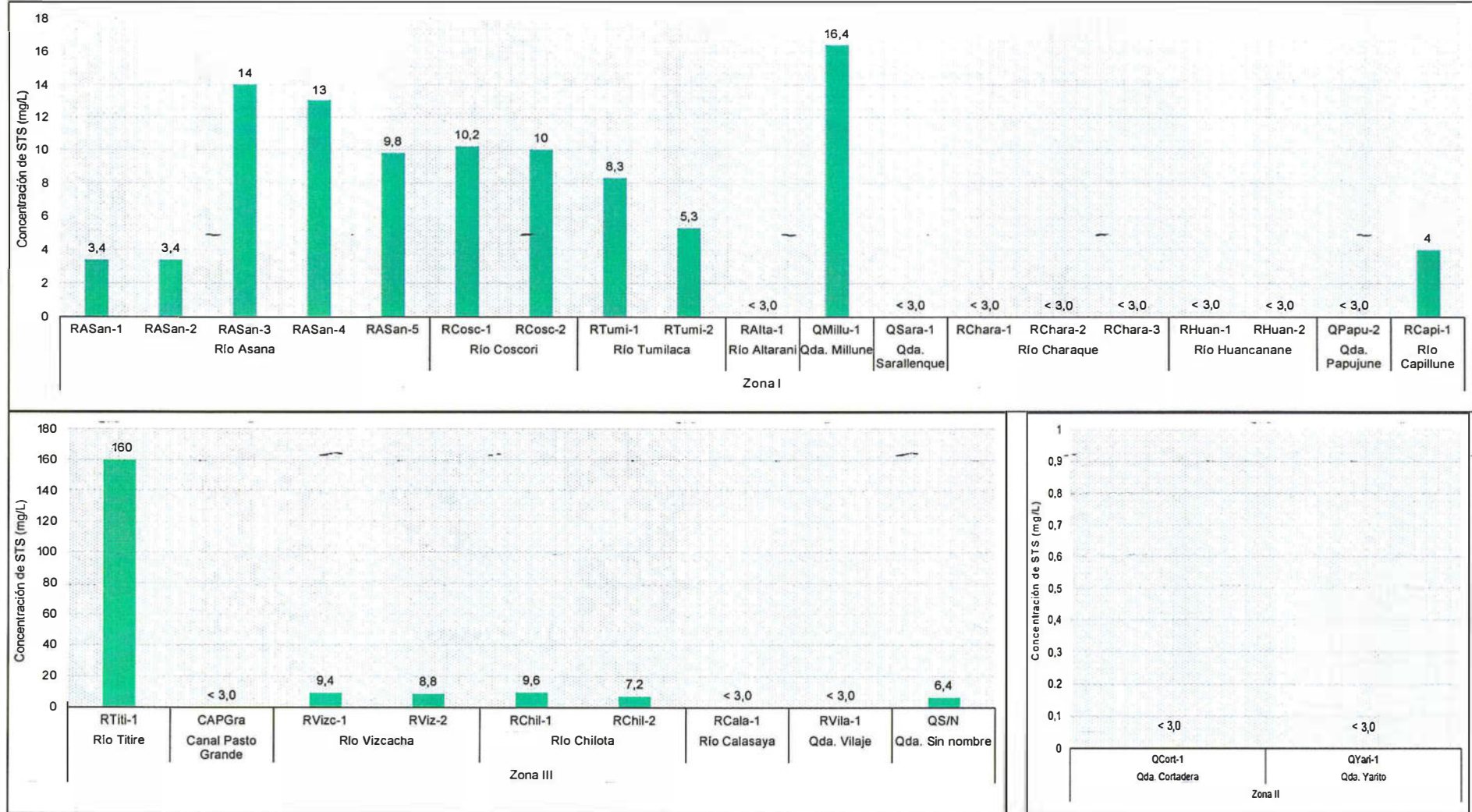


Figura 11-11. Resultados de STS en agua superficial de los cuerpos de agua evaluados de la EAT



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

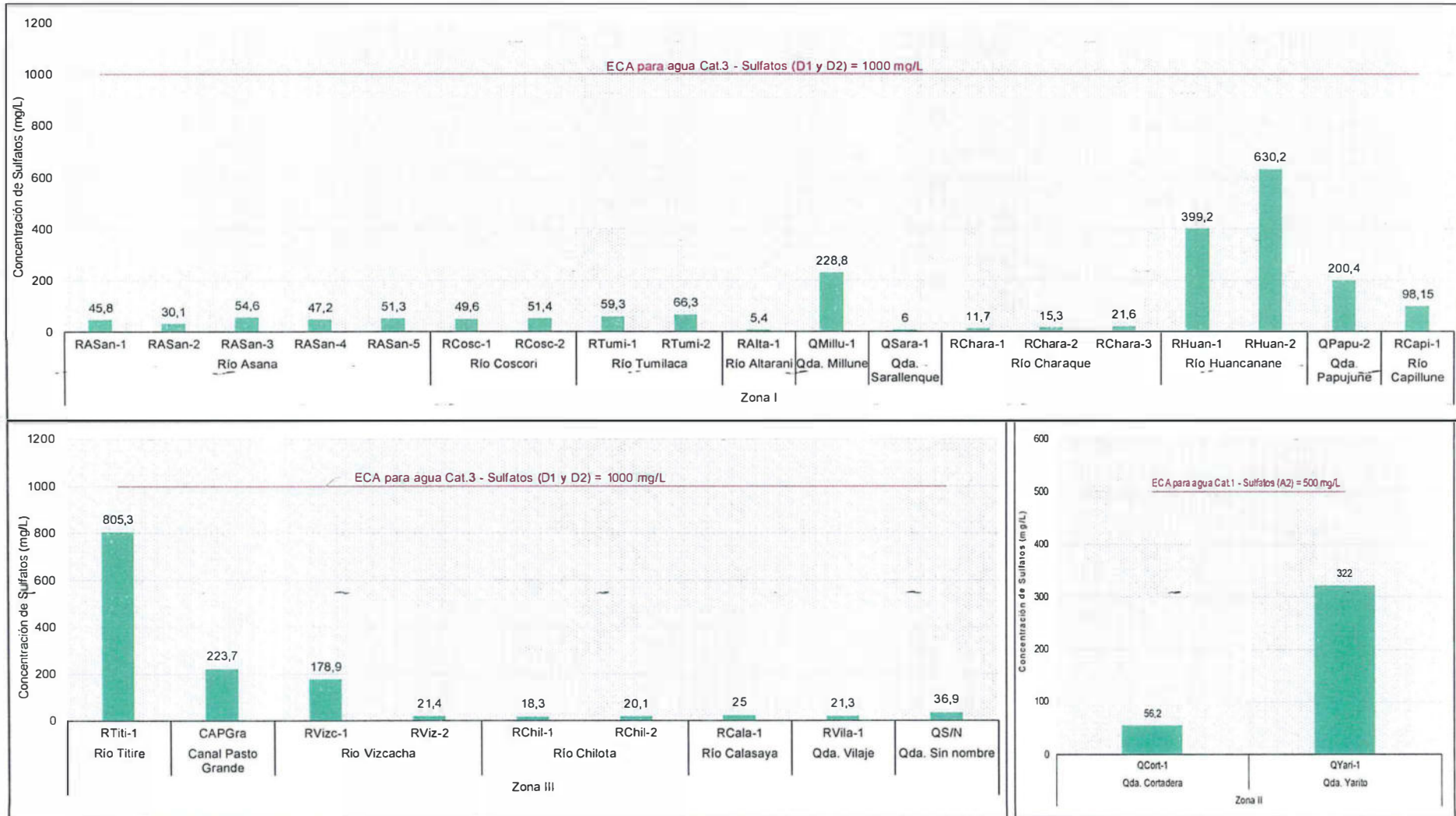


Figura 11-12. Resultados de sulfatos en agua superficial de los cuerpos de agua evaluados de la EAT



### c. Metales en el agua

#### c.1. Aluminio (Al)

331. En la Figura N° 11-13 se presentan los resultados analíticos del aluminio de los 30 puntos de muestreo, y los máximos valores requeridos para el uso de aguas para riego de vegetales y bebida para animales (D1 y D2: 5 mg/L) establecidos en los ECA para agua Cat.3 y para el uso de aguas que serán potabilizadas por tratamiento convencional (A2: 5 mg/L) establecidos en los ECA para agua Cat. 1.
332. En la **Zona I**, se aprecia que las concentraciones de aluminio en la parte alta de la red hídrica del río Asana (RASan-2: 0,091 mg/L) son menores que la parte baja del mismo (RASan-5: 1,454 mg/L), en el cual, sus tributarios incurren en un aporte importante del mismo; siendo los resultados de la quebrada Millune, en QMillu-1 (19,84 mg/L) la que superó lo establecido en los ECA para agua Cat.3 D1 y D2. Por otro lado, las concentraciones registradas en la red hídrica del río Huancanane son menores a 0,014 mg/L, a excepción del río Capillune que obtuvo 0,195 mg/L en RCapi-1.
333. En la **Zona III**, se aprecia una diferencia notable en lo reportado por la parte baja de la red hídrica del río Vizcacha, con concentraciones menores a 0,3 mg/L, y la parte alta de la misma (incluyendo el canal de Pasto Grande) y el río Titire (independiente a la red hídrica del río Vizcacha), con concentraciones superiores a 4 mg/L, en los cuales, los puntos de muestreo CAPGra (7,689 mg/L) y RTiti-1 (48,6 mg/L) superaron lo requerido por los ECA para agua Cat.3.
334. Finalmente en la **Zona II**, las concentraciones de aluminio solo fueron cuantificables por el método de laboratorio (mayor a 0,005 mg/L) en la quebrada Yarito (QYari: 0,008 mg/L), cumpliendo por lo tanto por lo establecido en los ECA para agua Cat.1 A2.

#### c.2. Arsénico (As)

335. En la Figura N° 11-14 se presentan los resultados analíticos de arsénico en los 30 puntos de muestreo y los máximos valores requeridos para el uso de aguas para riego de vegetales y bebida para animales (D1: 0,1 mg/L y D2: 0,2 mg/L) establecidos en los ECA para agua Cat.3 y para el uso de aguas que serán potabilizadas por tratamiento convencional (A2: 0,01 mg/L) establecidos en los ECA para agua Cat. 1.
336. Tanto en la **Zona I** como en la **Zona II**, los cuerpos muestreados no registraron concentraciones cuantificables de bario por el método de laboratorio (mayor a 0,007 mg/L), cumpliendo en ambos casos con lo establecido por los ECA para agua Cat.3 D1 y D2 (para Zona I) y Cat.1 A2 (para Zona II).
337. Finalmente en la **Zona III**, se aprecia que las concentraciones de arsénico fueron cuantificables en la parte baja de la red hídrica del río Asana (incluyendo tributarios) y en la red hídrica del río Titire, superando lo establecido por los ECA para Cat. 3 D1 por el río Chilota (RChil-2: 0,124 mg/L) y lo establecido para Cat. 3 D1 y D2 por el río Titire (RTiti-1: 0,611 mg/L).

#### c.3. Bario (Ba)



2  
1  
1  
D  
21  
1



338. En la Figura 11-15 se muestran los resultados analíticos de bario de los 30 puntos de muestreo y los máximos valores requeridos para el uso de aguas para riego de vegetales (D1: 0,7 mg/L) establecidos en los ECA para agua Cat.3 y para el uso de aguas que serán potabilizadas por tratamiento convencional (A2: 1 mg/L) establecidos en los ECA para agua Cat. 1.
339. En la **Zona I**, se aprecia diferencias entre la red hídrica que conforma el río Asana, incluyendo al río Tumilaca, con concentraciones de bario menores a 0,04 mg/L, y la red hídrica que conforman al río Huancañane con concentraciones superiores a 0,05 mg/L, llegando a su máxima concentración de 0,17 mg/L en sus dos puntos de muestreo del río Huancañane (RHuan-1 y RHuan-2). En general, se cumplió con lo establecido por los ECA para agua Cat. 3 D1.
340. Por otro lado, en la **Zona III**, se aprecia diferencias marcadas entre la red hídrica que conforma la parte baja del río Vizcacha, con concentraciones de bario menores a 0,02 mg/L, y la red hídrica que conforma la parte alta del río Vizcacha (incluyendo el canal de Pasto Grande) y el río Titire (independiente a la red hídrica del río Vizcacha), con concentraciones superiores a 0,05 mg/L. En general, los resultados cumplieron con lo establecido por los ECA para agua Cat. 3.
341. Finalmente, en la **Zona II**, se aprecia que las quebradas evaluadas poseen concentraciones de bario similares, siendo máximas en la quebrada Yarito (QYari-1) con 0,07 mg/L, cumpliendo por lo tanto con lo establecido en los ECA para agua Cat. 1 A2.

#### c.4. Berilio (Be)

342. En el anexo B5 se presentan los resultados analíticos para berilio en los puntos de muestreo evaluados, en la cual se observa que en todos los casos (**Zona I, Zona II y Zona III**) las concentraciones fueron menor al límite de cuantificación del método de laboratorio empleado (0,0005 mg/L), cumpliendo por lo tanto con lo establecido por los ECA para agua Cat. 3 D1 y D2 (0,1 mg/L) para el caso de las Zonas I y III, y por lo establecido por los ECA para agua Cat. 1 A2 (0,004 mg/L) para la Zona II.

#### c.5. Boro (B)

343. En la Figura 11-16 se observa los resultados analíticos de boro de los 30 puntos de muestreo y los máximos valores requeridos para el uso de aguas para riego de vegetales y bebida de animales (D1: 1 mg/L y D2: 5 mg/L) establecidos en los ECA para agua Cat.3 y para el uso de aguas que serán potabilizadas por tratamiento convencional (A2: 2,4 mg/L) establecidos en los ECA para agua Cat. 1.
344. En la **Zona I**, se aprecia una diferencia marcada entre la red hídrica que conforma el río Asana, incluyendo al río Tumilaca, con concentraciones que no superaron los 0,15 mg/L, y la red hídrica que conforma el río Huancañane, con concentraciones mayores a 1,5 mg/L, llegando a superar lo establecido en los ECA para agua Cat. 3 D2, los puntos de muestreo del río Huancañane (RHuan-1: 5,166 mg/L y RHuan-2: 7,022 mg/L), por ende también superaron a lo establecido en la subcategoría D1, en la cual se incluye a los puntos de



P  
1  
1  
P  
E  
N



PERÚ

Ministerio  
del AmbienteOrganismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

muestreo de la quebrada Papujune (QPapu-2: 3,113 mg/L) y río Capillune (RCapi-1: 1,576 mg/L).

345. En la **Zona III**, se aprecia una diferencia notable entre la red hídrica conformada por la parte baja del río Vizcacha, con concentraciones de boro menores a 0,3 mg/L, y la red hídrica conformada por la parte alta del río Vizcacha (incluyendo el canal Pasto Grande) y el río Titire (independiente a la red hídrica del río Vizcacha), con concentraciones que superaron a los ECA para agua Cat. 3 D1 en el río Vizcacha (RVizc-1: 1,639 mg/L) y el canal Pasto Grande (CAPGra: 2,019 mg/L), así como el río Titire (RTiti-1: 32,94 mg/L), el cual también superó lo establecido en la subcategoría D2.
346. Finalmente en la **Zona II**, se aprecia concentraciones de boro para la quebrada Yarito (QYari-1: 2,117 mg/L) que son diez veces superior a lo registrado por la quebrada Cortadera. En ambos casos, se cumplió con lo establecido por los ECA para agua Cat. 1 A2.

#### c.6. Cadmio (Cd)

347. En la Figura N° 11-17, se presentan los resultados analíticos de cadmio de los 30 puntos de muestreo y los máximos valores requeridos para el uso de aguas para riego de vegetales y bebida de animales (D1: 0,01 mg/L y D2: 0,05 mg/L) establecidos en los ECA para agua Cat:3 y para el uso de aguas que serán potabilizadas por tratamiento convencional (A2: 0,005 mg/L) establecidos en los ECA para agua Cat. 1.
348. En la **Zona I** y la **Zona II**, las concentraciones de cadmio de los puntos de muestreo fueron menores al límite de cuantificación del método de laboratorio (0,001 mg/L), cumpliendo por lo tanto, con lo establecido por los ECA para agua Cat.3 (para la Zona I) y con los ECA para agua Cat. 1 A2 (para la Zona II).
349. En la **Zona III**, las concentraciones de cadmio fueron cuantificables solamente en la red hídrica que conforman la parte alta del río Vizcacha (incluido el canal Pasto Grande) y el río Titire (independiente a la red hídrica del río Vizcacha), en el cual, su punto de muestreo RTiti-1 (0,018 mg/L) superó a los ECA para agua Cat. 3 D1; sin embargo, en ningún de los casos, se superó la subcategoría D2.

#### c.7. Calcio (Ca)

350. La Figura 11-18, muestra los resultados analíticos de calcio de los 30 puntos de muestreo, donde se evidencia su presencia cuantificable en todos los puntos evaluados. En la **Zona I**, la red hídrica que conforma el río Asana, incluyendo en su recorrido al río Tumilaca, registran concentraciones de calcio menor a 27 mg/L, a excepción de la quebrada Millune, con 42,95 mg/L en QMillu-1; con lo cual marca diferencia con la red hídrica que conforma el río Huancanane, con concentraciones mayores a 43 mg/L, llegando a 326 mg/L en RHuan-2, como máxima concentración. Así mismo, en la **Zona III**, las concentraciones de la red hídrica de la parte baja del río Vizcacha, presentan concentraciones que llegan a su máximo valor (8,943 mg/L) en el río Chilota (RChil-2); los cuales son menores a las concentraciones de la red hídrica de la parte alta del río Vizcacha (incluyendo el canal Pasto Grande) y la del río Titire (independiente a la red hídrica del río Vizcacha), con concentraciones que van desde 35,5 mg/L en



1  
1  
P  
Gy  
1



RVizc-1 hasta 159,2 mg/L en RTiti-1. Finalmente en la **Zona II**, son mostradas las diferencias entre las dos quebradas evaluadas, siendo la quebrada Yarito (QYari: 137,6 mg/L), cuatro veces la concentración de la quebrada Cortadera.

351. Por otro lado, cabe precisar que no se establece valor de regulación ambiental para calcio en los ECA para agua Cat.3 D1 y D2 y Cat.1 A2 aprobado mediante el D.S. N° 004-2017-MINAM.

c.8. Cobre (Cu)

352. En la Figura N° 11-19, se presentan los resultados analíticos de cobre en los 30 puntos de muestreo, en los cuales se aprecia que las concentraciones en los puntos evaluados de la **Zona I y II** no fueron cuantificables por el método de laboratorio (0,002 mg/L), cumpliendo de esta manera con los ECA para agua Cat.3 D1: 0,2 mg/L y D2: 0,5 mg/L, y Cat.1 A2: 2 mg//L respectivamente.
353. En cambio en la **Zona III**, el río Titire fue el único cuerpo de agua que mostró concentraciones superiores al límite de cuantificación del método de laboratorio, siendo 1,185 mg/L en RTiti-1, superando por lo tanto, los valores requeridos por los ECA para agua Cat.3 D1 y D2.

c.9. Cobalto (Co)

354. En la Figura N° 11-20, se presenta los resultados analíticos de cobalto de los 30 puntos de muestreo, en los cuales se aprecia que las concentraciones en los puntos evaluados de la **Zona I y II** no fueron cuantificables por el método de laboratorio (0,001 mg/L), de este modo los cuerpos evaluados en la Zona I, cumplieron con los ECA para agua Cat.3 D1: 0,05 mg/L y D2: 1 mg/L.
355. En la **Zona III**, las concentraciones de cobalto solo fueron cuantificables en la parte alta de la red hídrica del Vizcacha (incluyendo el canal Pasto Grande) y de la red hídrica del río Titire, alcanzando para este caso (RTiti-1) concentraciones de 0,125 mg/L, con lo cual supera el valor máximo establecido de los ECA para agua Cat.3 D1 (0,05 mg/L), más no a lo establecido en la subcategoría D2.

c.10. Cromo (Cr)

356. En el Anexo B5 se presentan los resultados analíticos para cromo en los puntos de muestreo, en la cual se observa que en todos los casos (**Zona I, Zona II y Zona III**) las concentraciones fueron menores al límite de cuantificación del método de laboratorio empleado (0,001 mg/L), cumpliendo por lo tanto con lo establecido en los ECA para agua Cat. 3 D1 (0,1 mg/L) y D2 (1 mg/L) para el caso de las Zonas I y III, y lo establecido en los ECA para agua Cat. 1 A2 (0,05 mg/L) para la Zona II.

c.11. Estaño (Sn)

357. En la Figura 11-21, se presentan los resultados analíticos para estaño en los puntos de muestreo evaluados, en la cual se observa que en casi todos los casos (**Zona I, Zona II y Zona III**) las concentraciones fueron menores al límite de cuantificación del método de laboratorio empleado (0,003 mg/L), a excepción de la quebrada Yarito (QYari-1) de la Zona II con 0,039 mg/L. En general, cabe



1  
1  
1  
P  
E  
1

precisar que en los ECA para agua Cat.3 D1 y D2 y Cat.1 A2 aprobado mediante el D.S. N° 004-2017-MINAM no se establece valores de regulación ambiental para el estaño.

c.12. Estroncio (Sr)

358. La Figura 11-22, muestra los resultados analíticos de estroncio de los 30 puntos de muestreo, donde se evidencia su presencia cuantificable en todos los puntos evaluados. En la **Zona I**, la red hídrica que conforma el río Asana, incluyendo en su recorrido al río Tumilaca, registró concentraciones de estroncio menor a 0,17 mg/L, a excepción de la quebrada Millune, con 0,4158 mg/L en QMillu-1; con lo cual marca diferencia con la red hídrica que conforma el río Huancanane, con concentraciones mayores a 0,36 mg/L, llegando a 1,8932 mg/L en RHuan-2, como máxima concentración. Así mismo, en la **Zona III**, las concentraciones de la red hídrica de la parte baja del río Vizcacha, presentaron concentraciones que llegaron a su máximo valor (0,1365 mg/L) en el río Chilota (RChil-2); los cuales son menores a las concentraciones de la red hídrica de la parte alta del río Vizcacha (incluyendo el canal Pasto Grande) y la del río Titire (independiente a la red hídrica del río Vizcacha), con concentraciones que van desde 0,3607 mg/L en RVizc-1 hasta 4,307 mg/L en RTiti-1. Finalmente en la **Zona II**, son mostradas las diferencias entre las dos quebradas evaluadas, siendo la quebrada Yarito (QYari-1: 0,6191 mg/L), tres veces la concentración de la quebrada Cortadera.
359. Por otro lado, cabe precisar que en los ECA para agua Cat.3 D1 y D2 y Cat.1 A2 aprobado mediante el D.S. N° 004-2017-MINAM no se establece valor de regulación ambiental para el estroncio.

c.13. Fósforo (P)

360. La Figura 11-23, muestra los resultados analíticos de fósforo de los 30 puntos de muestreo, donde se evidencia presencia de fósforo en todos ellos. En la **Zona I**, no se aprecian diferencias marcadas entre los cuerpos de agua evaluados, siendo su mayor concentración de fósforo en el río Charaque (RChara-3) con 0,09 mg/L. En la **Zona III**, las concentraciones de fósforo fueron mayores en la parte baja de la red hídrica del río Vizcacha, desde 0,05 mg/L (RViz-2) hasta 0,13 mg/L en la quebrada sin nombre (QS/N). Sin embargo, en la parte alta del río Vizcacha y en el río Titire (independiente a la red hídrica del río Vizcacha), sus concentraciones no superaron los 0,02 mg/L. Para ambas zonas no existen valores establecidos en los ECA para agua Cat.3.
361. En la **Zona II**, la mayor concentración se registró en la quebrada Cortadera (QCort-1) con 0,14 mg/L, siendo el doble de lo registrado por la quebrada Yarito. En general, sus valores cumplieron con lo establecido por los ECA para agua Cat.1 A2 : 0,15 mg/L, aprobado mediante D.S. N° 004-2017-MINAM.

C.14 Hierro (Fe)

362. En la Figura N° 11-24, se presenta los resultados analíticos de cobre de los 30 puntos de muestreo y los máximos valores requeridos para el uso de aguas para riego de vegetales (D1: 5 mg/L) establecidos en los ECA para agua Cat.3 y para



Handwritten vertical text: 11-24





el uso de aguas que serán potabilizadas por tratamiento convencional (A2: 1 mg/L) establecidos en los ECA para agua Cat. 1.

363. En la **Zona I**, se aprecia la presencia del metal en todos los cuerpos de agua evaluados, variando desde 0,019 mg/L en el río Huancanane (RHuan-2) hasta 0,799 mg/L en la quebrada Millune (QMillu-1). De este modo, sus concentraciones cumplieron con lo establecido por los ECA para agua Cat.3 D1.
364. En la **Zona III**, la diferencia en las concentraciones del hierro son marcadas, entre la red hídrica que conforma el río Vizcacha, con valores menores a 1 mg/L, y la red hídrica del río Titire con 7,716 mg/L (RTiti-1), con lo cual no cumple con lo establecido por los ECA para agua Cat.3 D1.
365. Finalmente en la **Zona II**, las concentraciones de hierro, son similares en las quebradas evaluadas, es decir, alrededor de los 0,025 mg/L, cumpliendo por lo tanto con los ECA para agua Cat.1 A2.

c.15. Litio (Li)

366. La Figura 11-25, muestra los resultados analíticos de litio en los 30 puntos de muestreo, y los máximos valores requeridos para el uso de aguas para riego de vegetales y bebida de animales (D1: 0,01 mg/L y D2: 2,5 mg/L) establecidos en los ECA para agua Cat.3. Para el caso del uso de aguas que serán potabilizadas por tratamiento convencional (A2), no se tienen valores establecidos en los ECA para agua Cat. 1.
367. En la **Zona I**, se aprecian diferencias significativas entre la red hídrica que conforma el río Asana, incluyendo al río Tumilaca, con concentraciones no cuantificables por el método del laboratorio empleado (menor a 0,001 mg/L) y la red hídrica del río Huancanane con concentraciones que alcanzan un máximo valor de 1,075 mg/L en RHuan-2. De manera similar, la **Zona III**, las diferencias son notables entre la red hídrica que conforma la parte baja del río Vizcacha, con concentraciones menores a 0,04 mg/L, y la red hídrica de la parte alta del río Vizcacha (incluyendo el canal Pasto Grande) y el río Titire (independiente a la red hídrica del río Vizcacha) con concentraciones superiores a 0,3 mg/L, alcanzando el máximo valor en RTiti-1 con 6,876 mg/L que supera a lo establecido en los ECA para agua Cat. 3.

368. En la **Zona II**, las concentraciones fueron cuantificables solamente en la quebrada Yarito con 0,196 mg/L en QYari-1.

c.16. Magnesio (Mg)

369. La Figura 11-26, muestra los resultados analíticos de magnesio en los 30 puntos de muestreo, y los máximos valores requeridos para el uso de aguas para bebida de animales (D2: 250 mg/L) establecidos en los ECA para agua Cat.3. Para el caso del uso de aguas que serán potabilizadas por tratamiento convencional (A2), no se tienen valores establecidos en los ECA para agua Cat. 1.
370. En la **Zona I**, se observa que las concentraciones de magnesio de la red hídrica del río Asana incluyendo al río Tumilaca, poseen concentraciones menores a los



1  
1  
1  
D  
E  
1

4 mg/L, a excepción de la quebrada Millune con 8,369 mg/L, y la red hídrica que conforma el río Huancanane, con concentraciones superiores a 5 mg/L, alcanzando su máximo valor de 30,25 mg/L en RHuan-2. De manera similar, en la **Zona III**, se aprecia la diferencia en las concentraciones entre la parte baja de la red hídrica del río Vizcacha, con valores menores a 2,4 mg/L y la red hídrica que conforma la parte alta del río Vizcacha (incluyendo el canal de Pasto Grande) y el río Titire (independiente a la red hídrica del río Vizcacha), con concentraciones superiores a 9 mg/L, alcanzando su máximo valor en RTiti-1 con 43,95 mg/L. En general, ambas zonas cumplieron con lo establecido por los ECA para agua Cat.3 D2.

371. Finalmente, en la **Zona II**, las concentraciones de magnesio fueron superiores en la quebrada Yarito, alcanzando 18,56 mg/L en QYari-1, lo cual representa el doble de lo reportado en la quebrada Cortadera.

#### c.17. Manganeso (Mn)

372. La Figura 11-27, muestra los resultados analíticos de manganeso en los 30 puntos de muestreo, y los máximos valores requeridos para el uso de aguas para riego de vegetales y bebida de animales (D1 y D2: 0,2 mg/L) establecidos en los ECA para agua Cat. 3 y en el caso del uso de aguas que serán potabilizadas por tratamiento convencional (A2: 0,4 mg/L) establecidos en los ECA para agua Cat.1.
373. En la **Zona I**, se aprecia concentraciones para manganeso menores para la red hídrica del río Huancanane, a diferencia de lo registrado en la red hídrica del río Asana, incluido el río Tumulaca, con concentraciones superiores, obteniendo su máximo valor en la quebrada Millune en QMillu-1 (0,502 mg/L), la cual superó lo requerido por los valores establecidos en los ECA para agua Cat. 3 D1 y D2.
374. Las concentraciones registradas en la **Zona III**, reflejan concentraciones mayores en la red hídrica de la parte alta del río Vizcacha (incluyendo el canal de Pasto Grande) y el río Titire, obteniendo concentraciones (RVizc-1: 2,044 mg/L, CAPGra: 2,686 mg/L y RTiti-1: 2,942 mg/L) que superaron los valores establecidos en los ECA para agua Cat. 3 D1 y D2.

375. Finalmente, en la **Zona II**, las concentraciones sólo fueron cuantificables en la quebrada Yarito con 0,002 mg/L, cumpliendo ambas quebradas con lo establecido por los ECA para agua Cat.1 A2.

#### c.18. Molibdeno (Mo)

376. La Figura 11-28, muestra los resultados analíticos de molibdeno de los 30 puntos de muestreo, siendo cuantificable en la red hídrica del río Huancanane (**Zona I**), encontrándose la máxima concentración en el punto RHuan-2 con 0,015 mg/L. En la **Zona III** los cuerpos de agua evaluados registraron concentraciones de molibdeno que se encontraron por debajo del límite de cuantificación del laboratorio (0,002 mg/L) y finalmente en la **Zona II** solo el punto QYari-1 registró concentración cuantificable de 0,008 mg/L.



Q  
f  
/  
D  
EY  
f



377. Por otro lado, es importante indicar que en los ECA para agua Cat. 3 D1 y D2, ni en Cat. 1 A2 aprobado mediante D.S. N° 004-2017-MINAM no se establece valor de regulación ambiental para el molibdeno.

c.19. Níquel (Ni)

378. La Figura 11-29, muestra los resultados analíticos de níquel de los 30 puntos de muestreo, en el cual se aprecia que los cuerpos de agua evaluados en la **Zona I** registraron concentraciones menores al límite de cuantificación del laboratorio (0,002 mg/L). En la **Zona III**, la presencia cuantificable de níquel solo fue registrada en la red hídrica de la parte alta del río Vizcacha (incluyendo el canal de Pasto Grande) y el río Titire (independiente a la red hídrica del río Vizcacha), alcanzando un máximo valor de 0,093 mg/L en RTiti-1. Para ambas zonas, las concentraciones no superaron el valor de la normativa de los ECA para agua Cat. 3 D1: 0,2 mg/L ni para D2: 1 mg/L. Así mismo en la **Zona II**, las dos quebradas evaluadas registraron concentraciones por debajo del límite de cuantificación del laboratorio; cabe mencionar que en los ECA para agua Cat.1 (A2) aprobado mediante D.S. N° 004-2017-MINAM no se establece valor de regulación ambiental para níquel.

c.20. Plomo (Pb)

379. La Figura 11-30, muestra los resultados analíticos de plomo de los 30 puntos de muestreo, en el cual se aprecia que los cuerpos de agua evaluados en la **Zona I** registraron concentraciones menores al límite de cuantificación del laboratorio (0,001 mg/L). En la **Zona III**, la presencia cuantificable de plomo solo fue registrada en la red hídrica de la parte alta del río Vizcacha (incluyendo el canal de Pasto Grande), alcanzando un máximo valor de 0,02 mg/L en CAPGra. Para ambas zonas, las concentraciones no superaron el valor de la normativa de los ECA para agua Cat. 3 D1 y D2 (0,05 mg/L ambos). Así mismo en la **Zona II**, las dos quebradas evaluadas registraron concentraciones menores al límite de cuantificación del laboratorio; cumpliendo por lo tanto con los ECA para agua Cat.1 (A2 : 0,05 mg/L) aprobado mediante D.S. N° 004-2017-MINAM.

c.21. Potasio (K)

380. En la Figura 11-31, se muestra las concentraciones de potasio de los 30 puntos de muestreo, donde se evidencia su presencia en todos los puntos evaluados. En la **Zona I** la mayor concentración de potasio se registró en la red hídrica que conforma el río Huancanane, en el punto RHuan-2 con 9,616 mg/L, en cambio, en la **Zona II** la mayor concentración se registró en la quebrada Yarito (QYari-1) con 6,13 mg/L, mientras que en la **Zona III** la mayor concentración se registró en la red hídrica que conforman la parte alta del río Vizcacha (incluyendo el canal de Pasto Grande) y el río Titire (independiente a la red hídrica del río Vizcacha), alcanzando su máximo valor en RTiti-1 con 91,94 mg/L. Por otro lado, cabe precisar que en los ECA para agua Cat.3 D1 y D2 y Cat.1 A2 aprobado mediante el D.S. N° 004-2017-MINAM no se establece valor de regulación ambiental para potasio.

c.22. Silicio total (Si)



↓  
1  
1  
D  
4  
✓



381. En la Figura 11-32, muestra los resultados analíticos de silicio de los 30 puntos de muestreo, donde se evidencia presencia de silicio en todos los puntos evaluados. En la **Zona I**, las concentraciones no fueron muy diferentes entre las redes hídricas predominantes que conforman esta zona, siendo la mayor concentración de silicio en el punto QMillu-1 con 31,1 mg/L. En la **Zona II**, la mayor concentración se registró en la quebrada Yarito en QYari-1 con 14,4 mg/L, mientras que en la **Zona III**, las concentraciones de silicio fueron mayores a 18 mg/L, a excepción del canal de Pasto Grande (CAPGra: 7,77 mg/L); alcanzando su máxima concentración en RTiti-1 con 27,4 mg/L. Por otro lado, cabe precisar que en los ECA para agua Cat.3 D1 y D2 y Cat.1 A2 aprobado mediante el D.S. N° 004-2017-MINAM no se establece valor de regulación ambiental para silicio.

c.23. Sodio (Na)

382. La Figura 11-33, muestra los resultados analíticos de sodio de los 30 puntos de muestreo, donde se evidencia su presencia en todos los puntos evaluados. En la **Zona I**, se aprecia que las mayores concentraciones de sodio se registraron en la red hídrica que conforma el río Huancanane, alcanzando su máximo valor en RHuan-2 con 470,9 mg/L. En la **Zona II** la mayor concentración de sodio se registró en la quebrada Yarito (QYari-1) con 122,8 mg/L, mientras que en la **Zona III**, la mayor concentración se registró en el río Titire (RTiti-1) con 1781 mg/L. Por otro lado, cabe precisar que en los ECA para agua Cat.3 D1 y D2 y Cat.1 A2 aprobado mediante el D.S. N° 004-2017-MINAM no se establece valor de regulación ambiental para sodio.

c.24. Zinc (Zn)

383. La Figura 11-34, muestra los resultados analíticos de zinc de los 30 puntos de muestreo y los máximos valores requeridos para el uso de aguas para riego de vegetales y bebida de animales (D1: 2 mg/L y D2: 24 mg/L) establecidos en los ECA para agua Cat.3 y en el caso del uso de aguas que serán potabilizadas por tratamiento convencional (A2: 5 mg/L) establecidos en los ECA para agua Cat. 1.

384. En la **Zona I**, las concentraciones de zinc fueron en su mayoría muy bajas y menores al límite de cuantificación del método de laboratorio empleado (0,004 mg/L); su presencia se cuantifica en máximos valores en el río Asana y el río Coscori (0,007 mg/L). En la **Zona III**, las concentraciones de zinc fueron cuantificables solamente en la parte alta del río Vizcacha, incluyendo el canal de Pasto Grande, y el río Titire (independiente a la red hídrica del río Vizcacha), obteniendo su máximo valor en RTiti-1 con 1,097 mg/L. Para ambas zonas, sus concentraciones cumplieron con los valores establecidos por los ECA para agua Cat.3 D1 y D2.

385. Finalmente en la **Zona II**, las quebradas evaluadas presentaron resultados menores al límite de cuantificación del método de laboratorio empleado; cumpliendo por lo tanto con el valor de los ECA para agua Cat.1 A2 .



1  
1  
1  
1  
1



### Otros parámetros

386. Es importante mencionar que también se evaluaron los siguientes parámetros: **cianuro wad**, obtuvieron en las zonas evaluadas, resultados menores al límite de cuantificación del método de laboratorio empleado (0,004 mg/L), cumpliendo para las Zonas I y III con lo requerido por los ECA para agua Cat.3 D1 y D2 (0,1 mg/L). No existe valor ECA para agua Cat. 1 A2. En el caso de **cianuro libre**, se obtuvieron resultados menores al límite de cuantificación del método de laboratorio empleado (0,004 mg/L), cumpliendo para las Zonas II con lo requerido por los ECA para agua Cat.1 A2 (0,2 mg/L). No existe valor ECA para agua Cat. 3. Igual sucede para el caso del **cianuro total**.
387. Para el caso del cromo hexavalente (VI) y los metales: plata, berilio, bismuto, selenio, talio, titanio y vanadio, se registraron concentraciones menores al límite de cuantificación del laboratorio acreditado.



1  
1  
1  
1  
1



11 DE 1



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

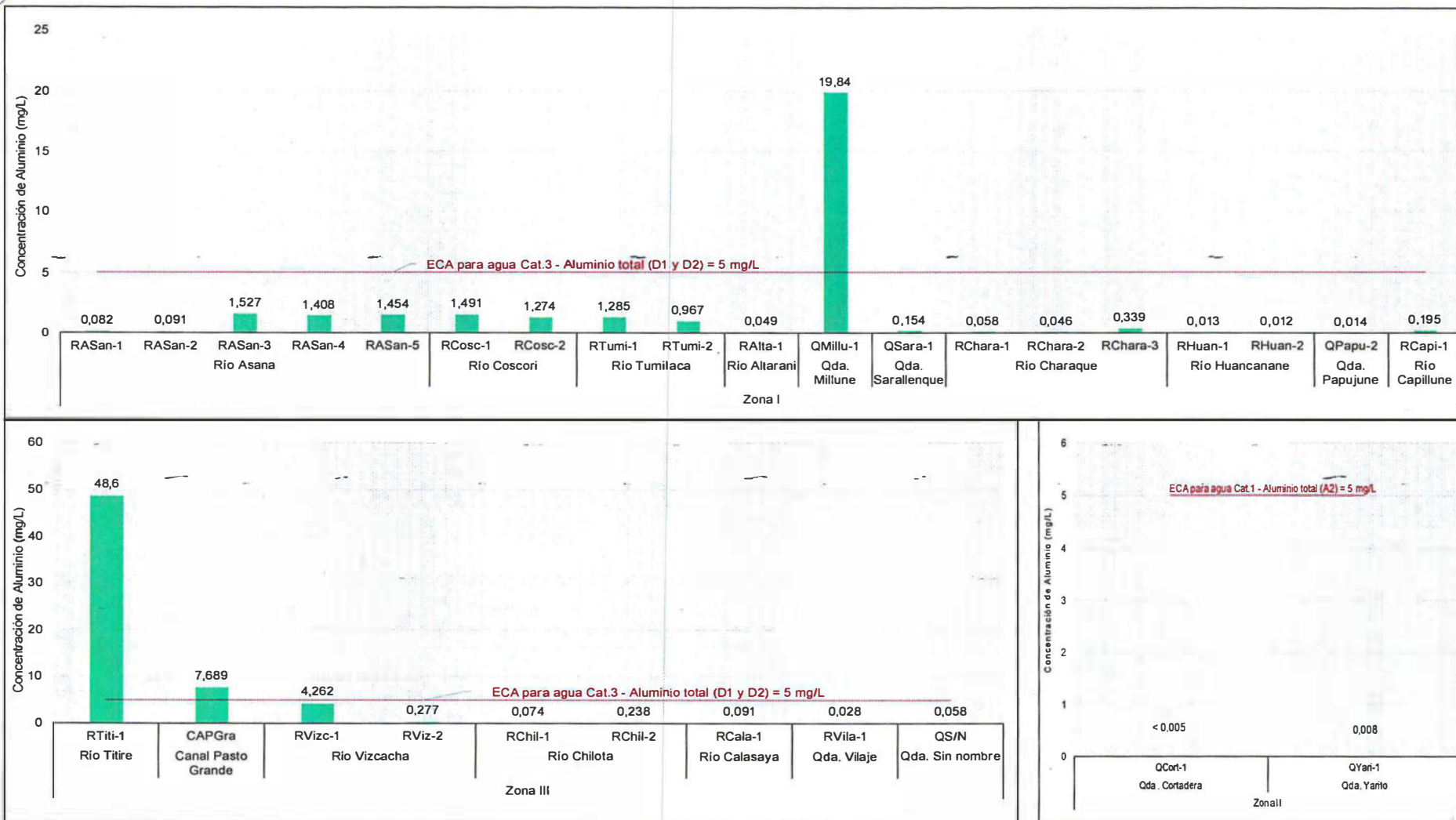


Figura 11-13. Resultados de aluminio en agua superficial de los cuerpos de agua evaluadas de la EAT



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

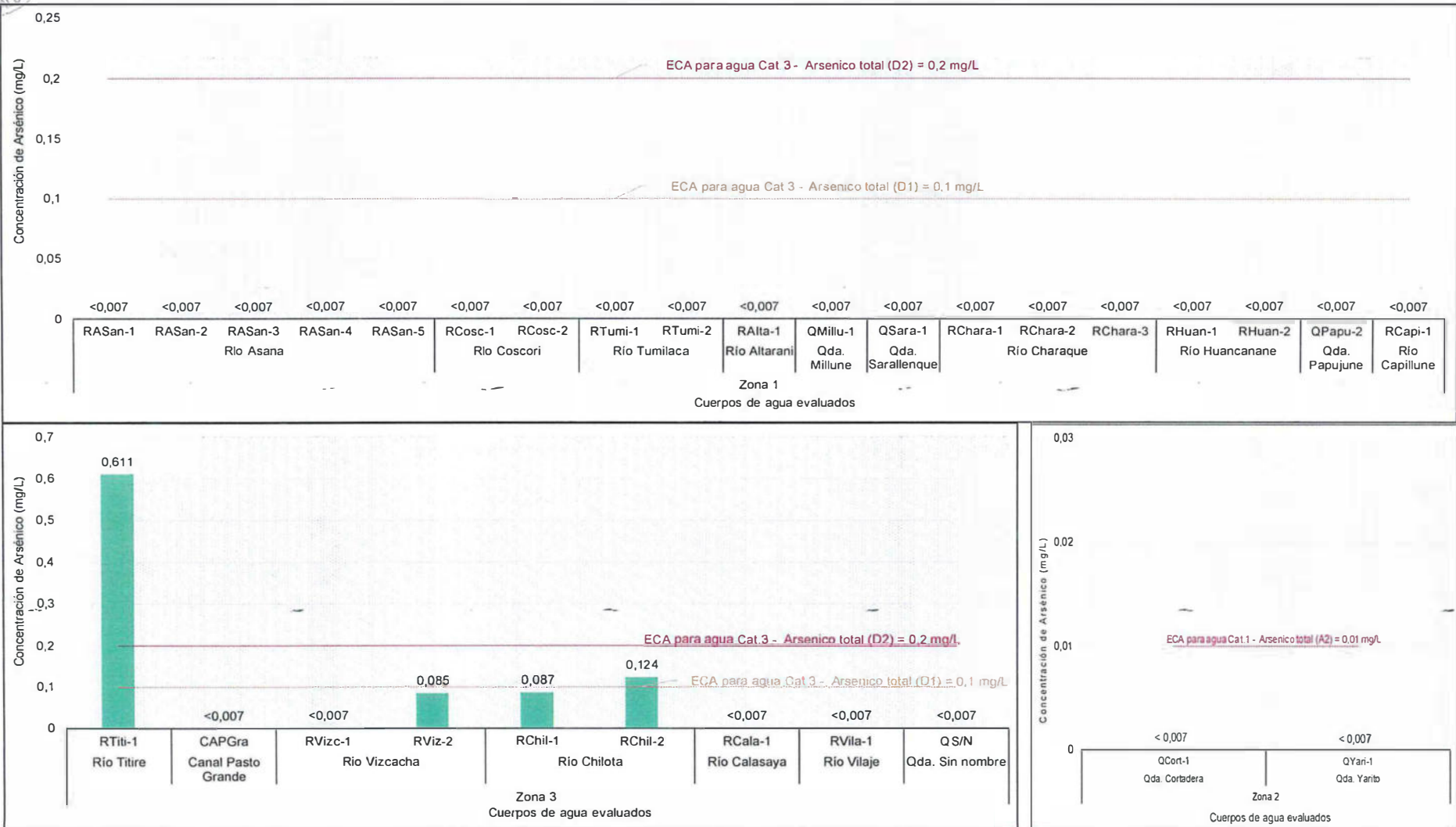


Figura 11-14. Resultados de arsénico en agua superficial de los cuerpos de agua evaluados de la EAT



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

P  
1  
1  
D  
E  
9

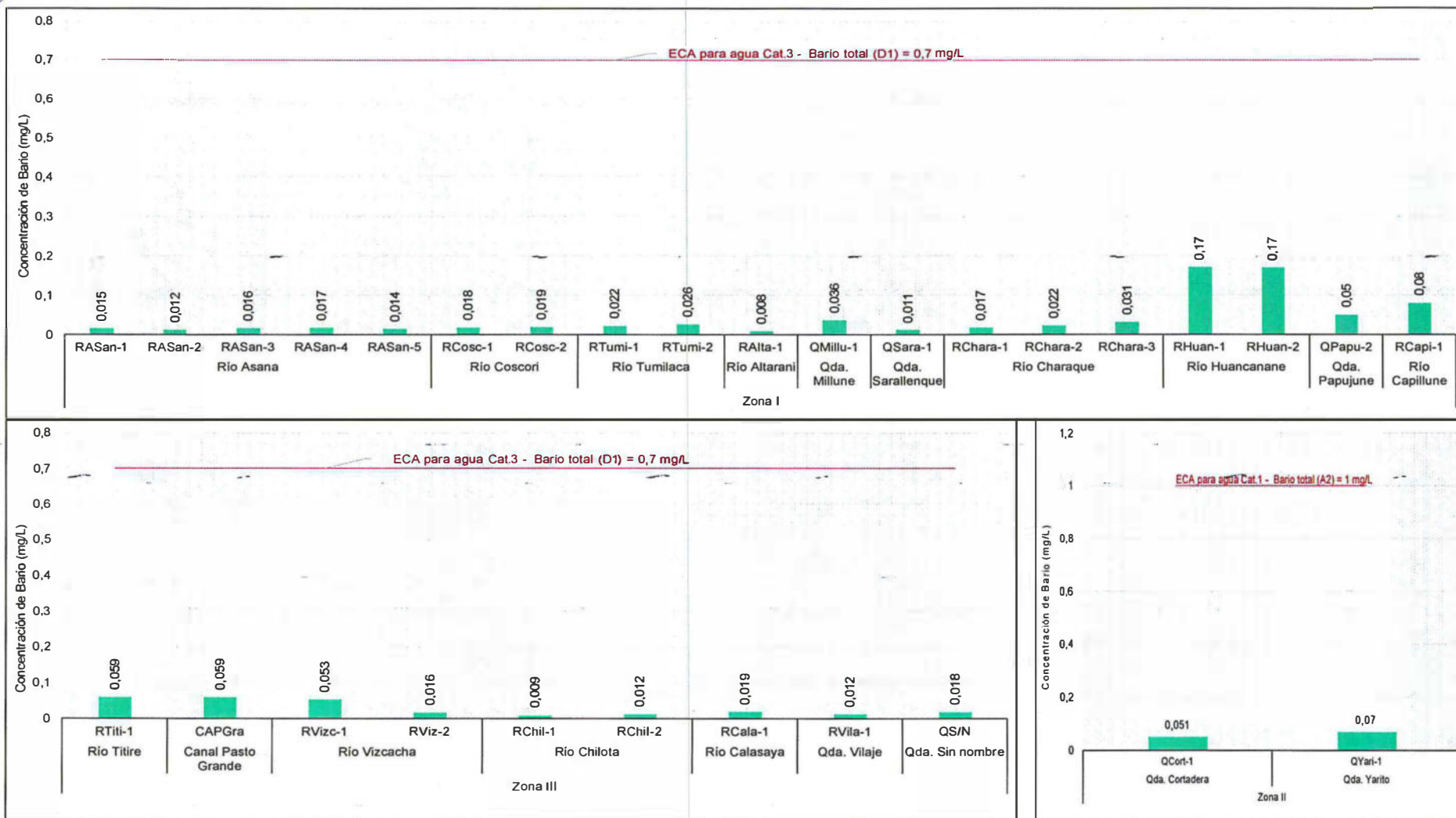


Figura 11-15. Resultados de bario en agua superficial de los cuerpos de agua evaluados de la EAT







"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

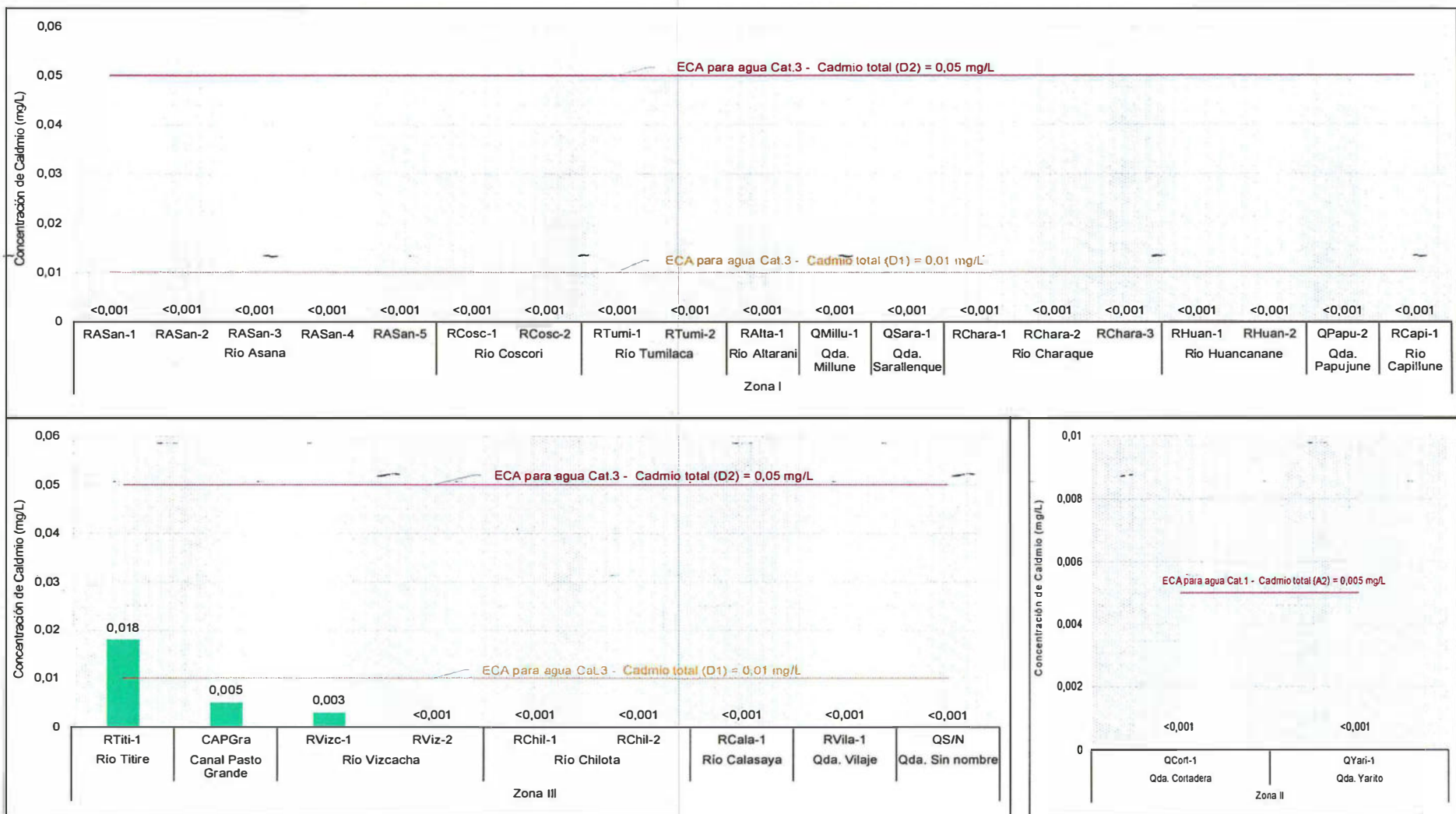


Figura 11-17. Resultados de cadmio en agua superficial de los cuerpos de agua evaluados de la EAT



1112 491

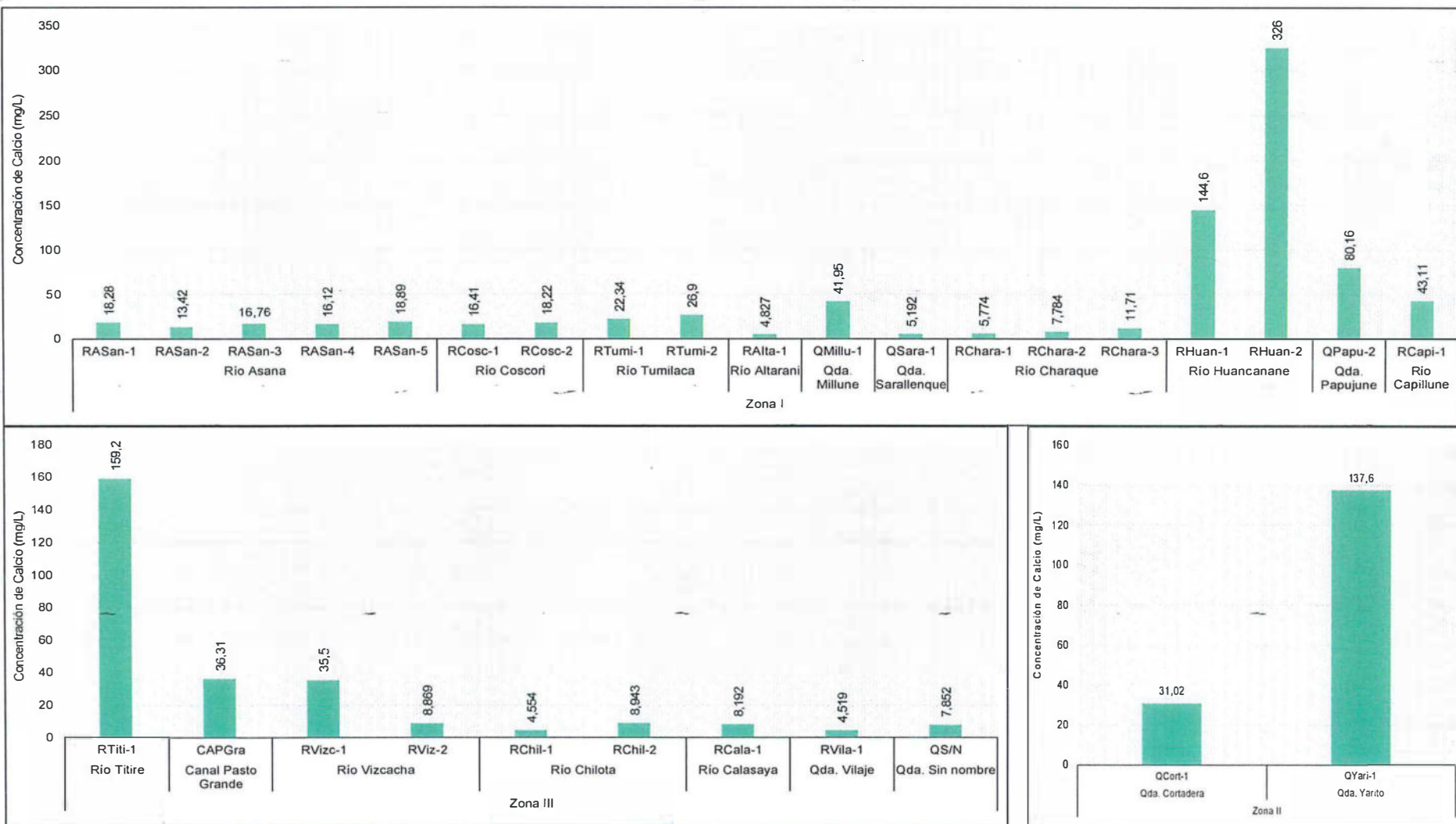


Figura 11-18. Resultados de calcio en agua superficial de los cuerpos de agua evaluados de la EAT



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

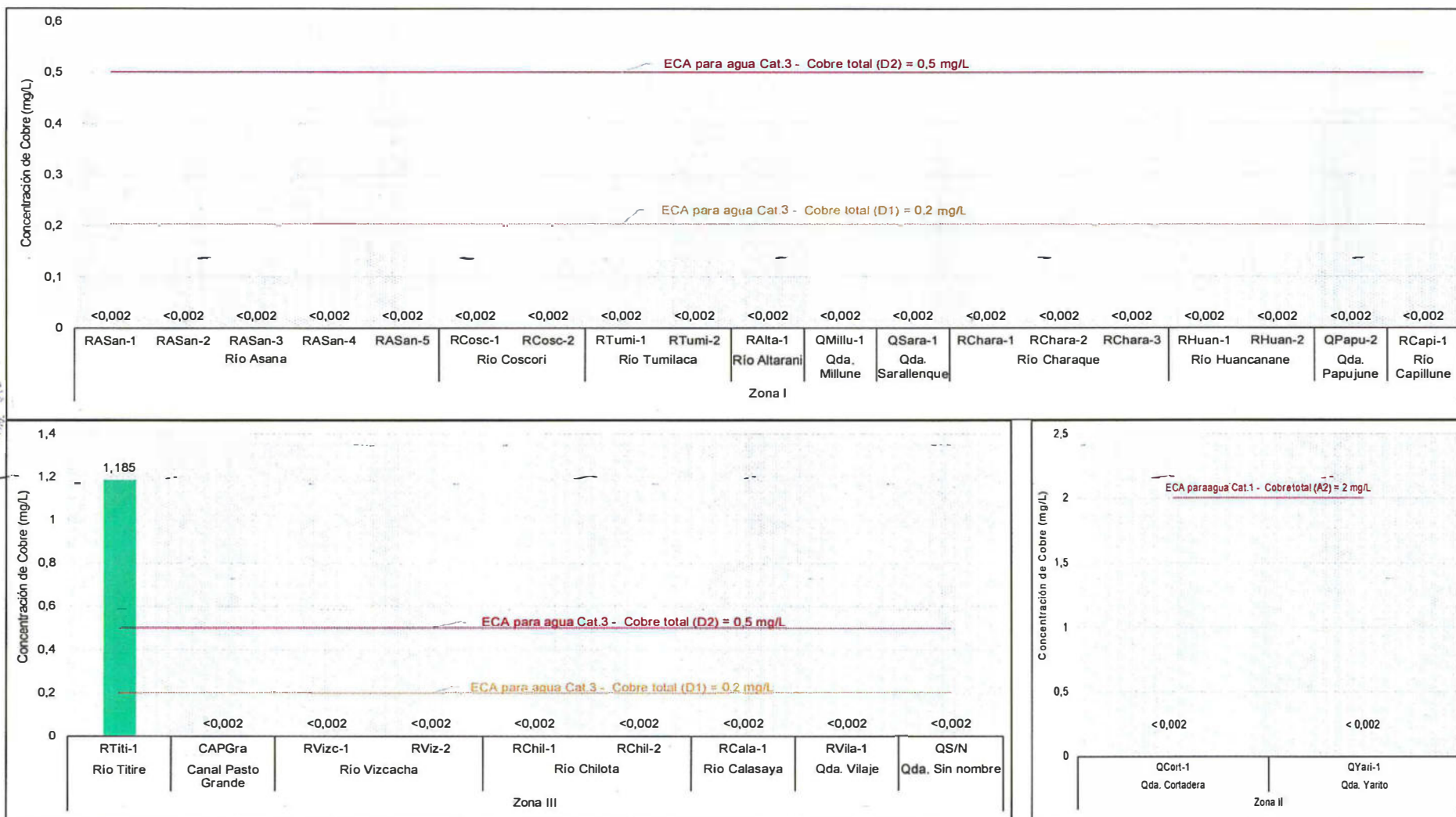


Figura 11-19. Resultados de cobre en agua superficial de los cuerpos de agua evaluadas de la EAT



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

1  
 1  
 P  
 E  
 7

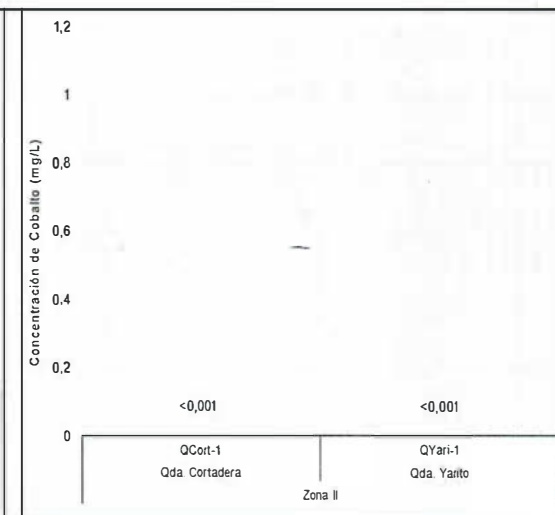
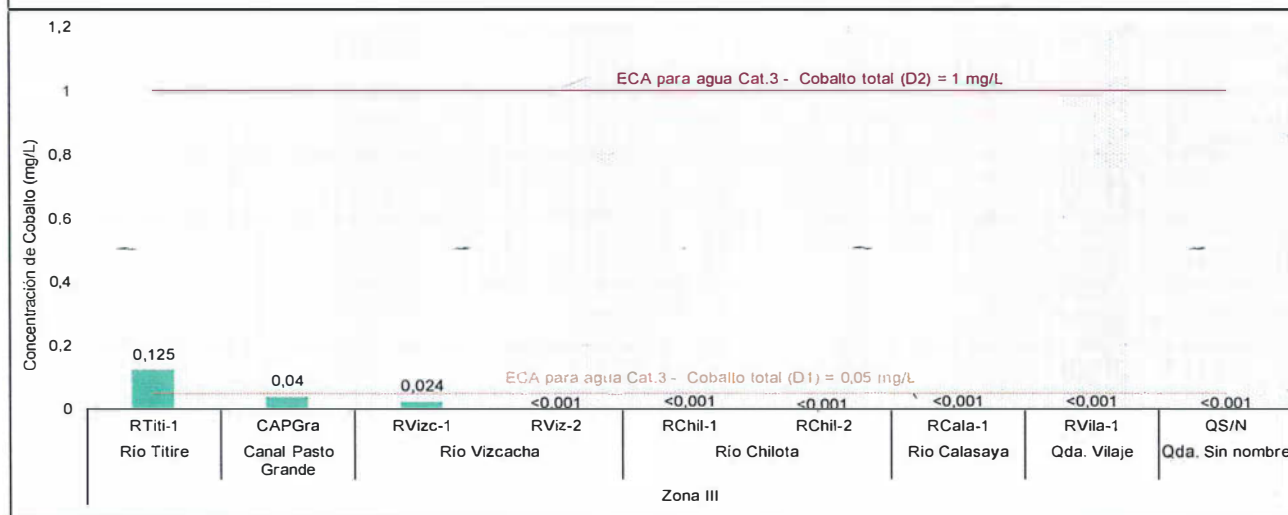
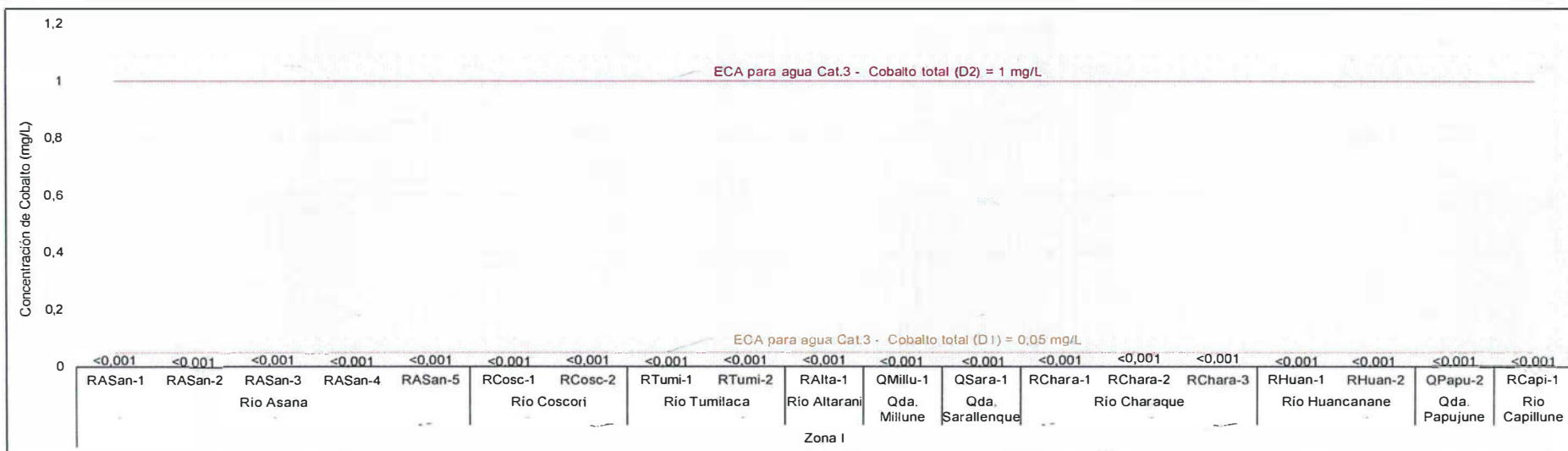


Figura 11-20. Resultados de cobalto en agua superficial de los cuerpos de agua evaluados de la EAT



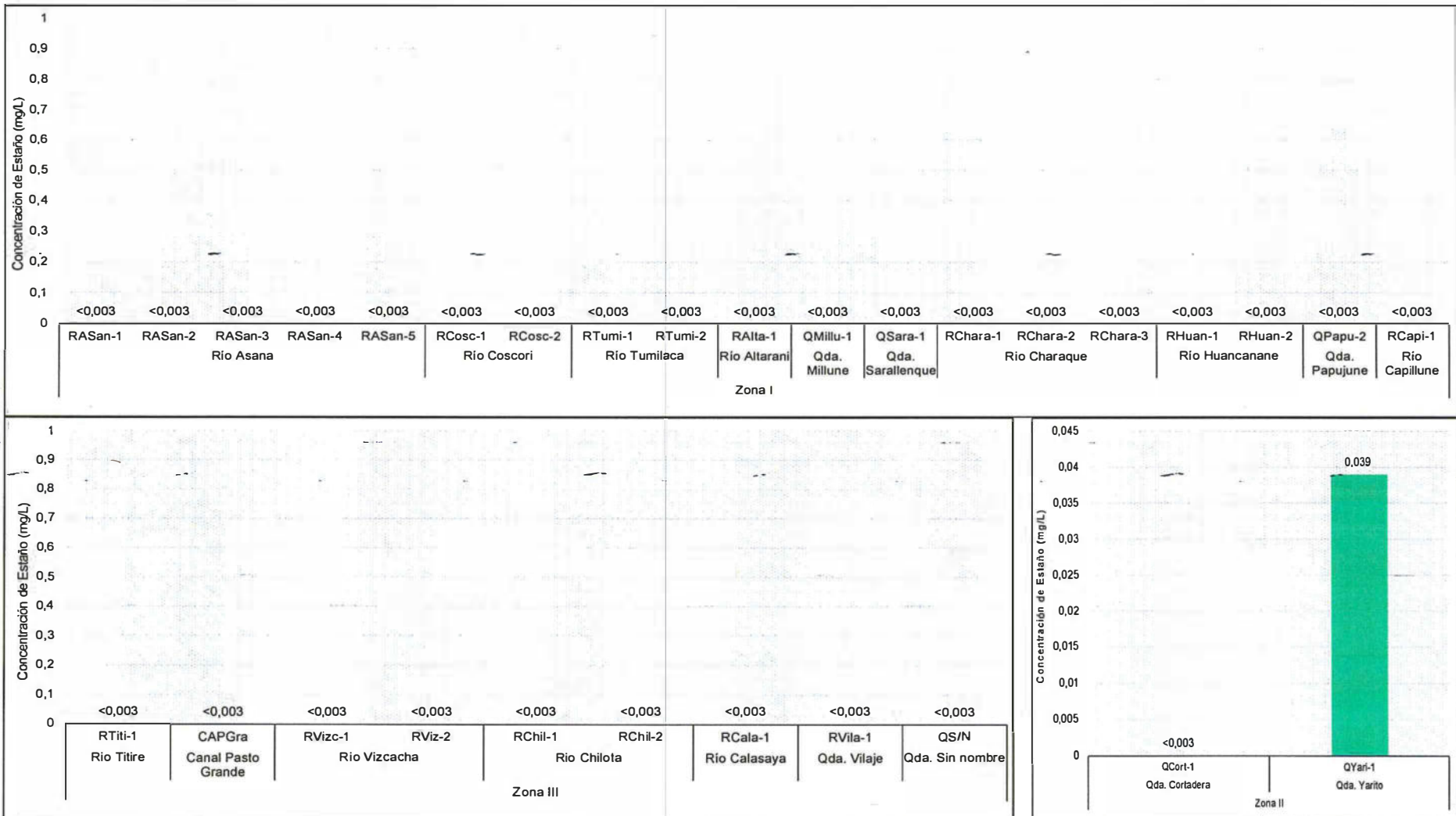
PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"



11087

Figura 11-21. Resultados de estaño en agua superficial de los cuerpos de agua evaluadas de la EAT







P  
 1  
 1  
 P  
 Sg  
 1

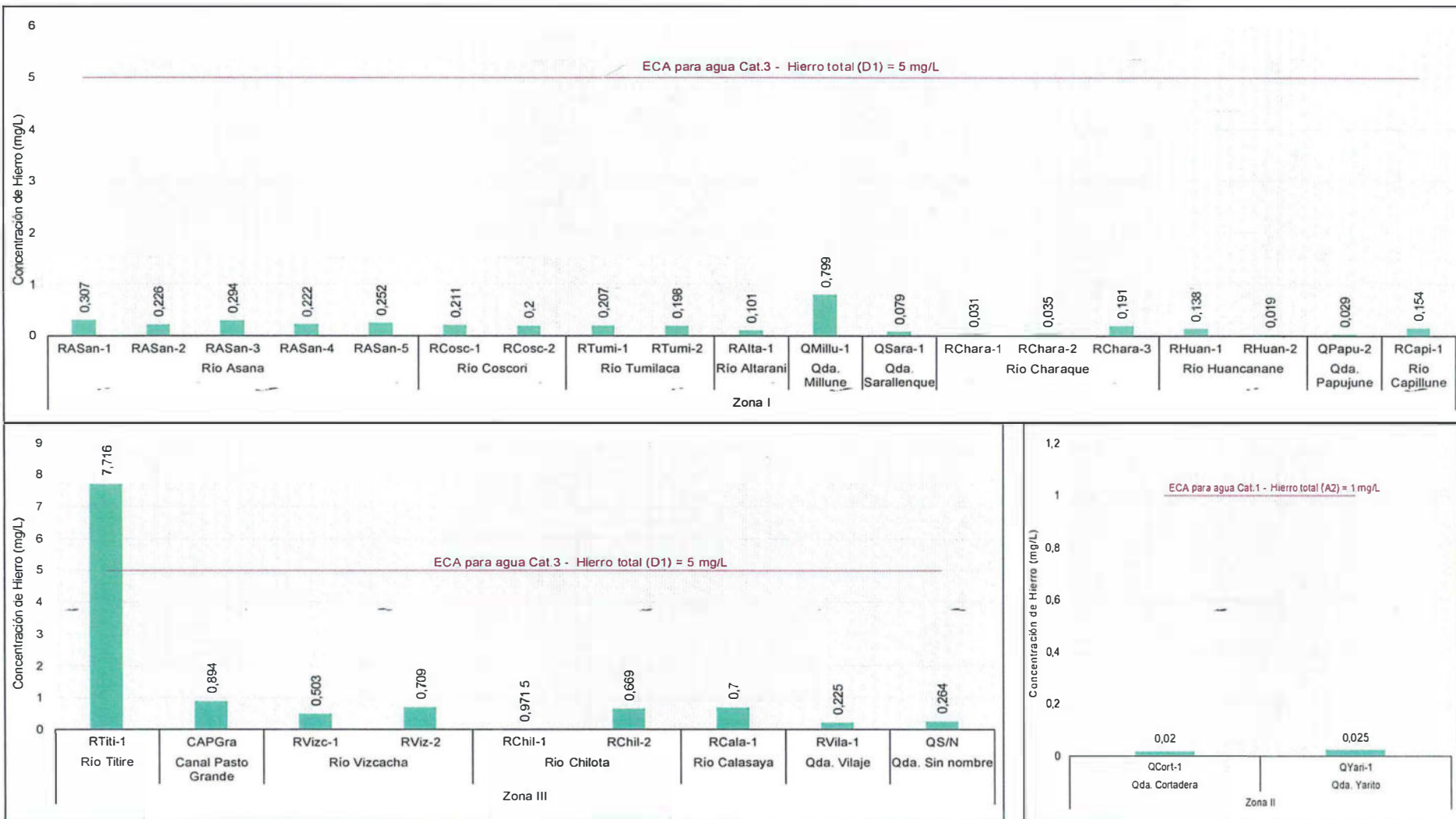


Figura 11-24. Resultados de hierro en agua superficial de los cuerpos de agua evaluados de la EAT



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

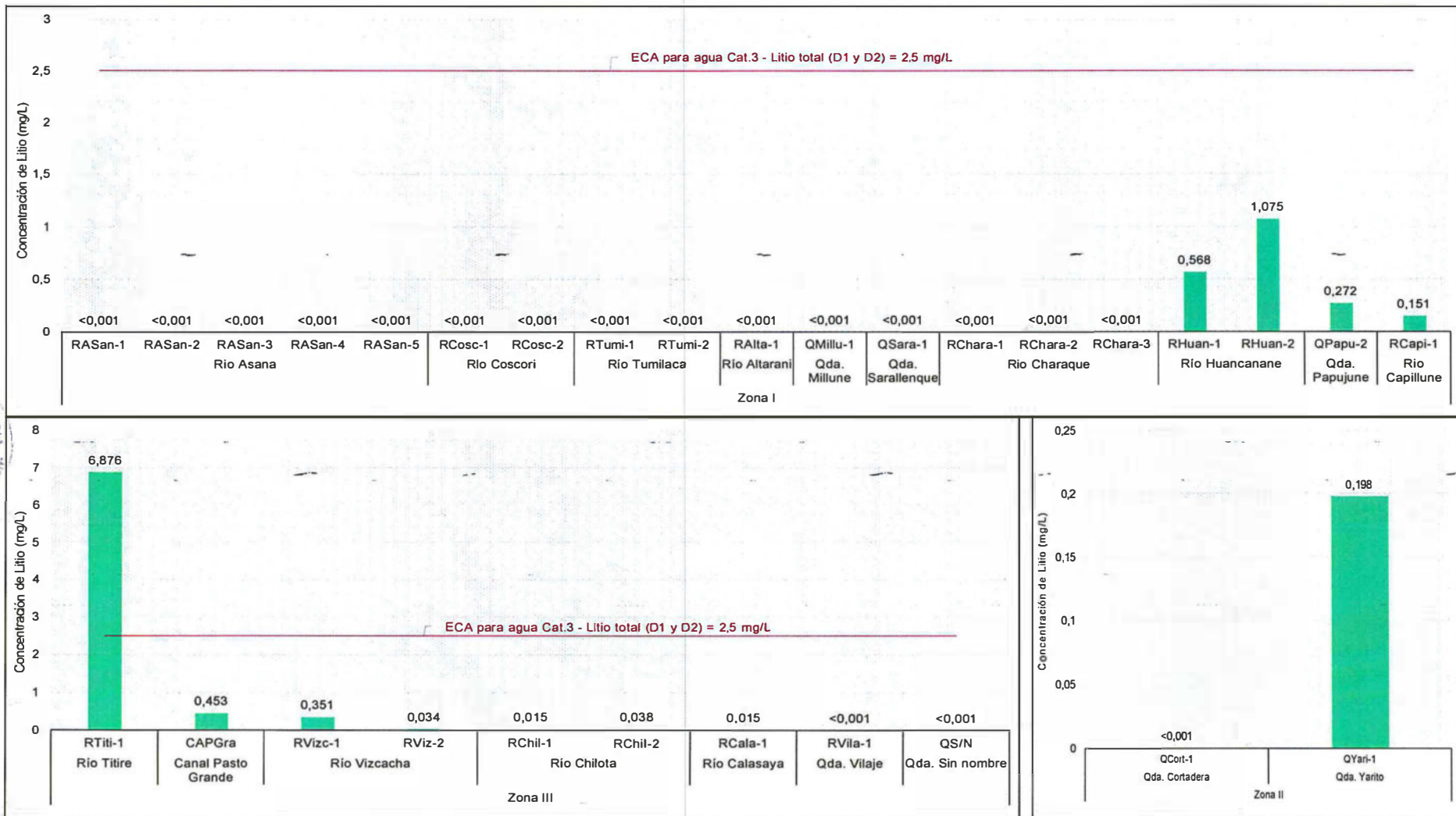


Figura 11-25. Resultados de litio en agua superficial de los cuerpos de agua evaluadas de la EAT

CONTROL Y VIGILANCIA  
VOBO  
SECCIÓN DE EVALUACIÓN  
1111  
D  
EB  
1

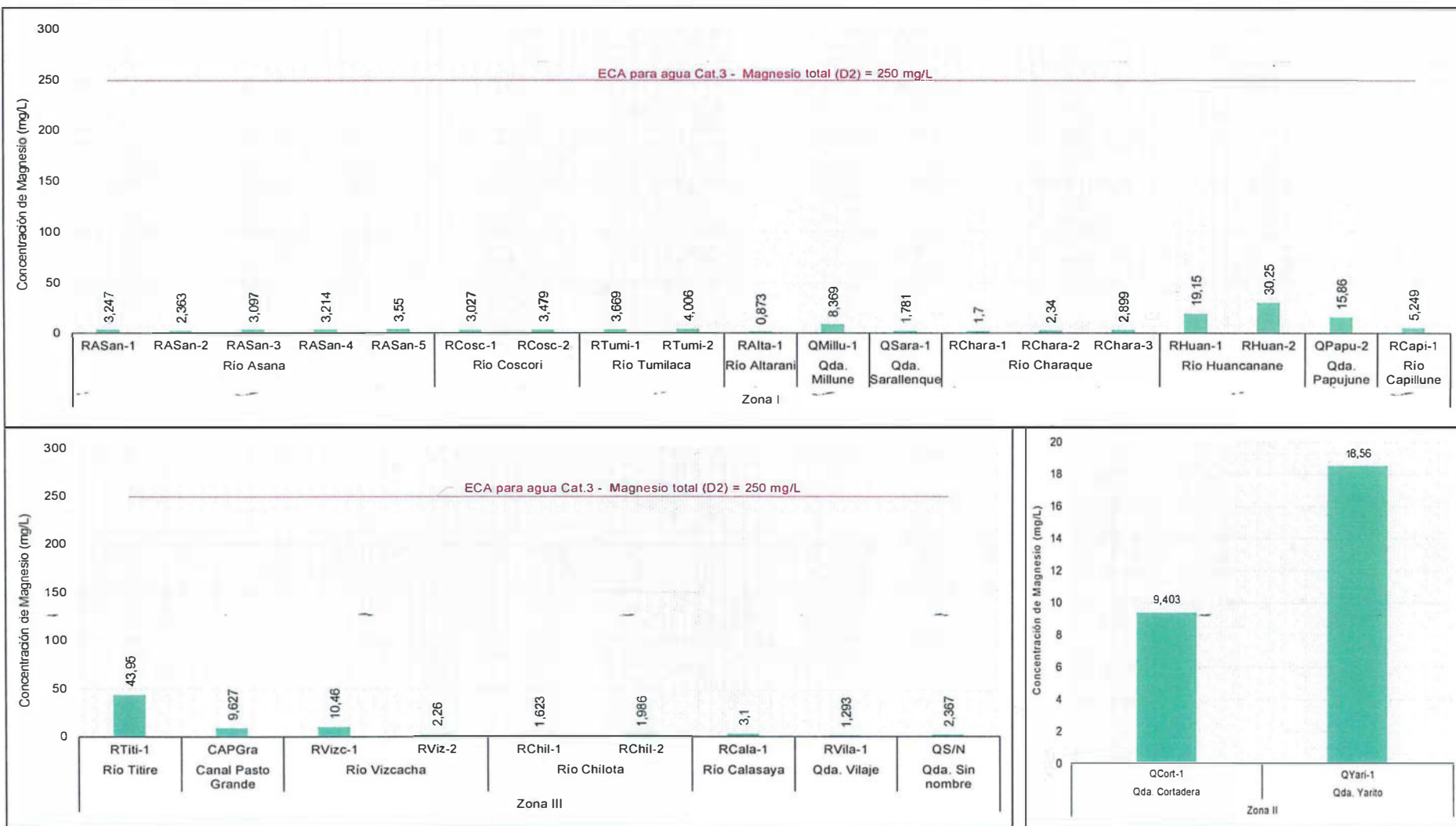


Figura 11-26. Resultados de magnesio en agua superficial de los cuerpos de agua evaluados de la EAT



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

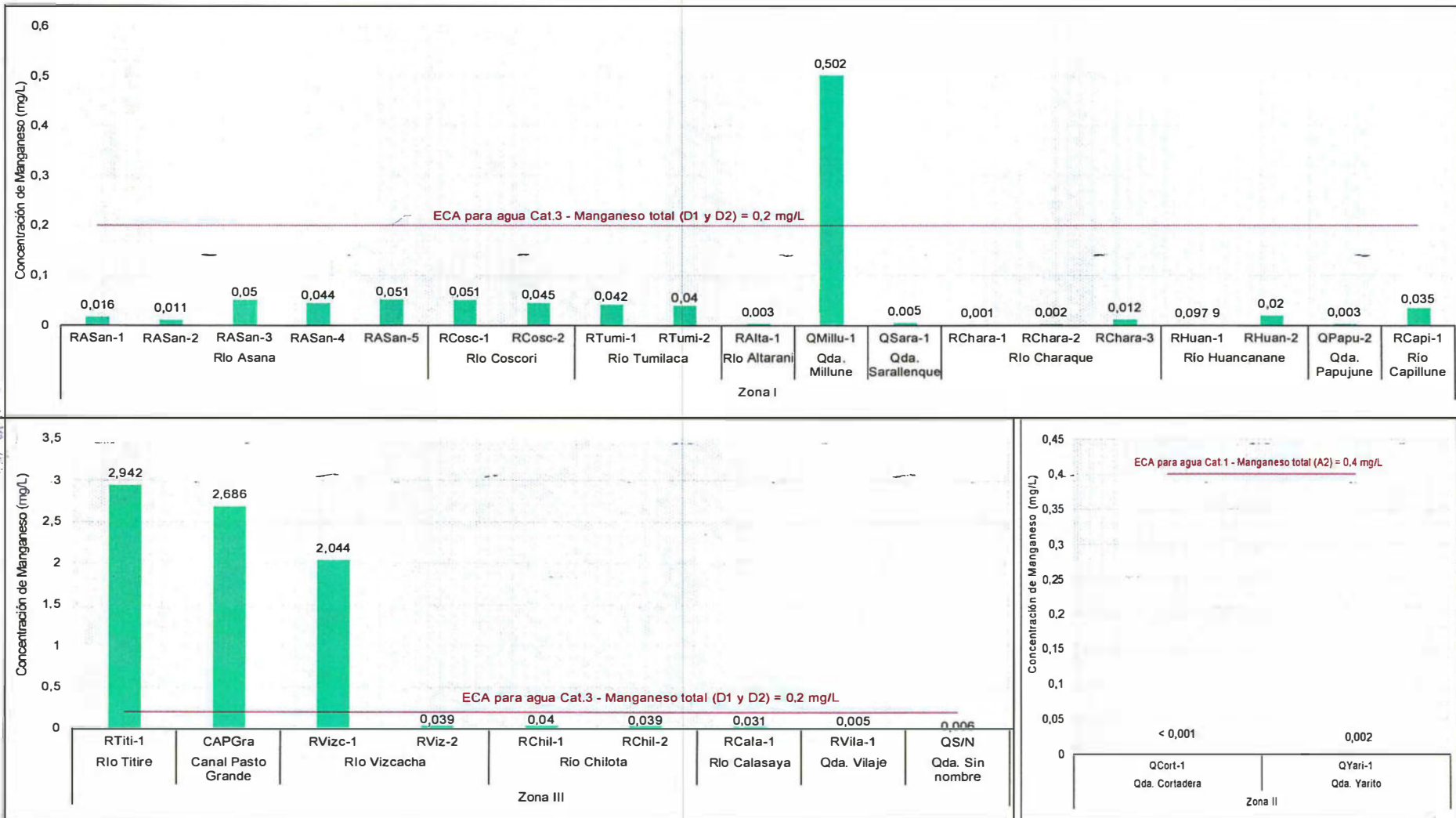


Figura 11-27. Resultados de manganeso en agua superficial de los cuerpos de agua evaluados de la EAT



"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

1  
 1  
 1  
 1  
 1

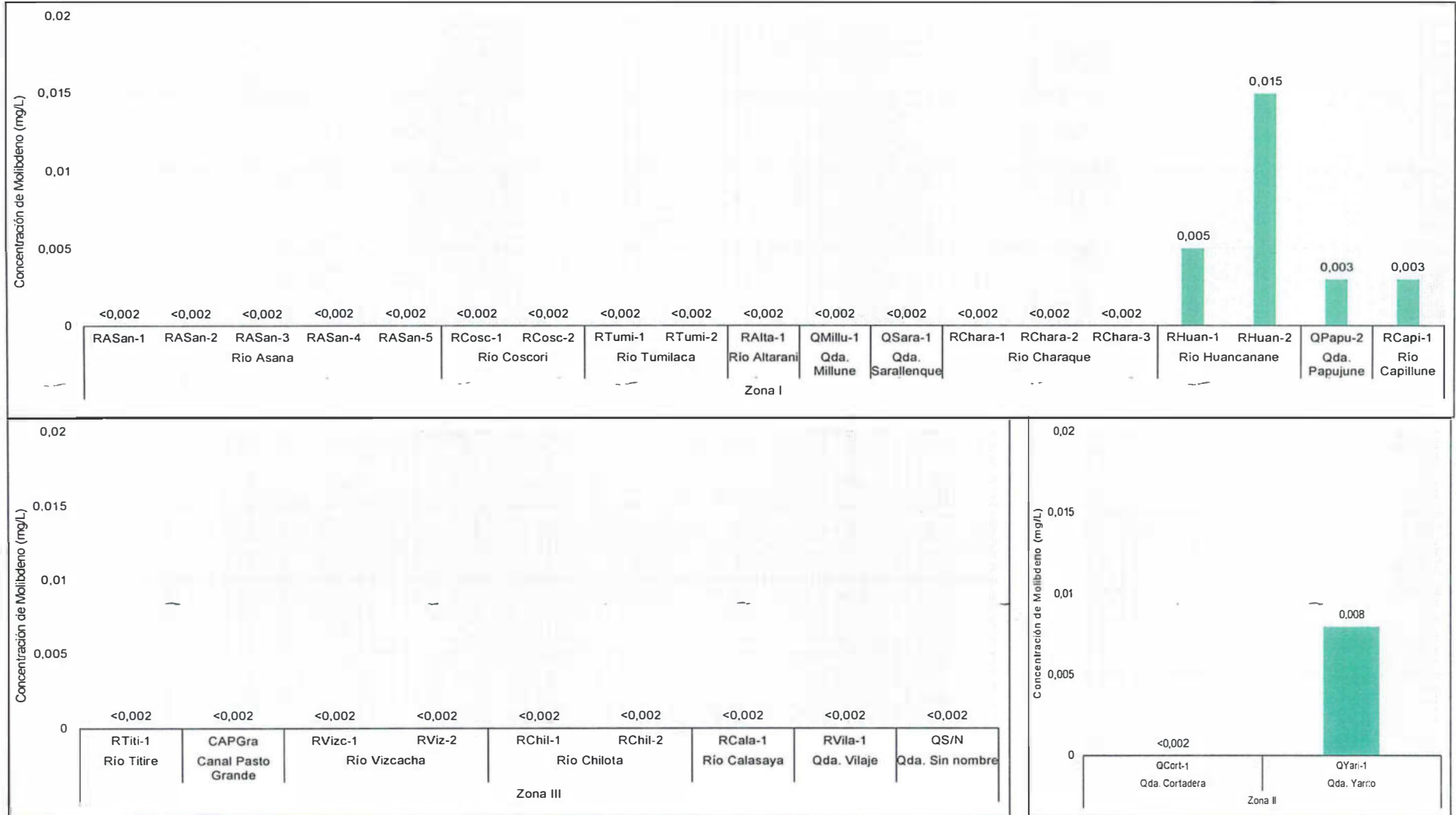


Figura 11-28. Resultados de molibdeno en agua superficial de los cuerpos de agua evaluados de la EAT



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

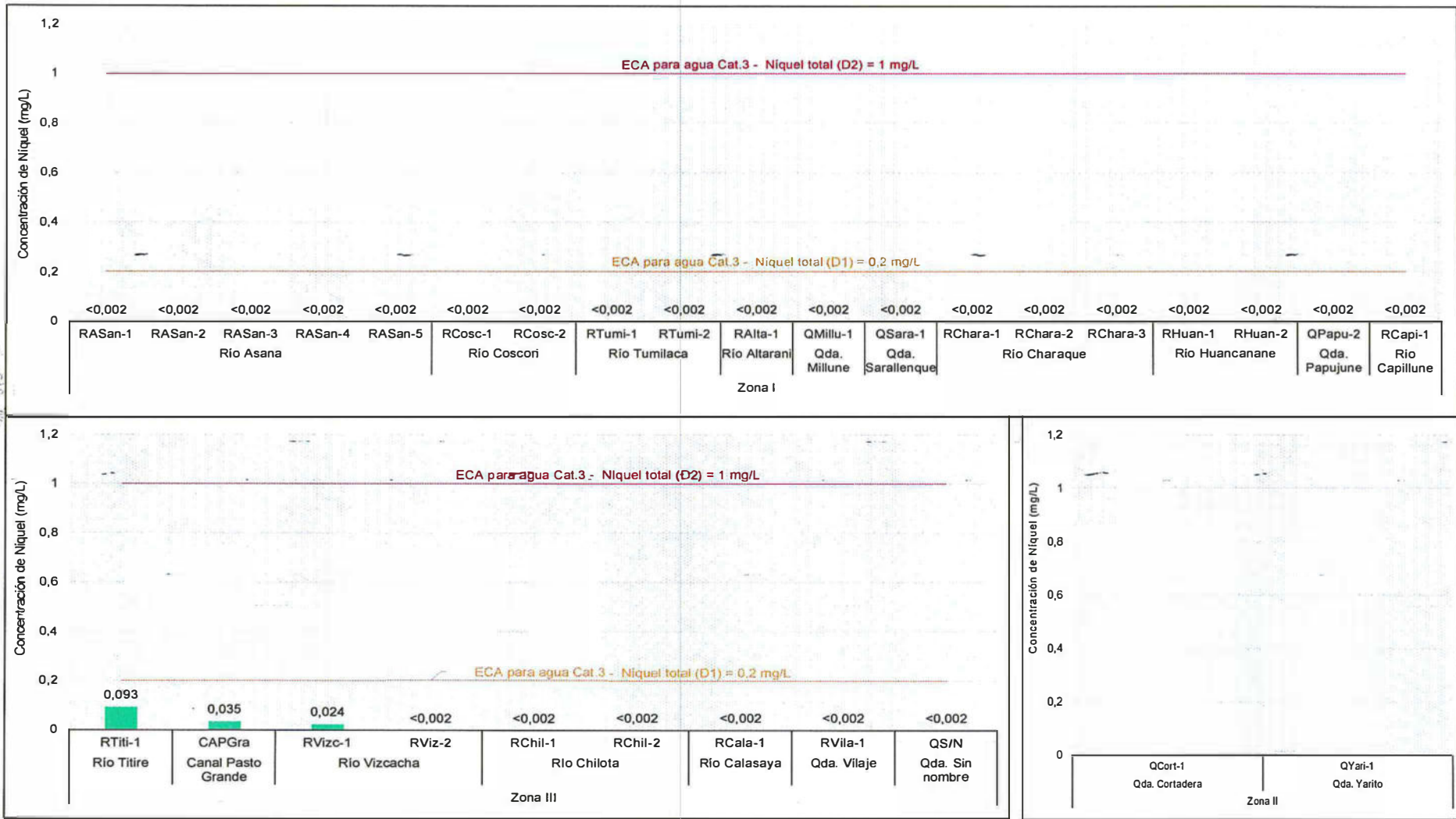


Figura 11-29. Resultados de níquel en agua superficial de los cuerpos de agua evaluados de la EAT

VIBO  
DIRECCIÓN DE EVALUACIÓN



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

Handwritten notes: 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1

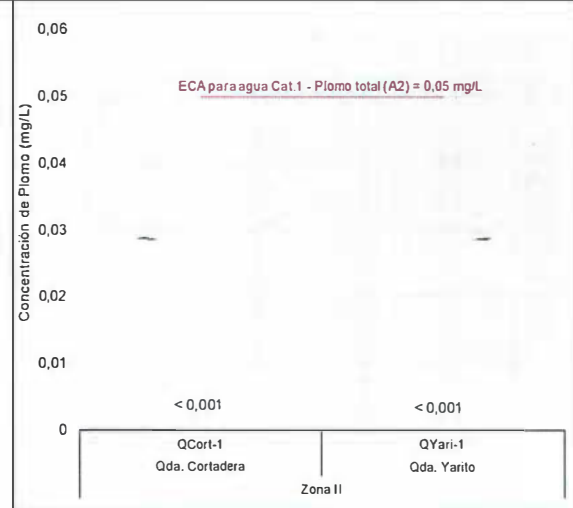
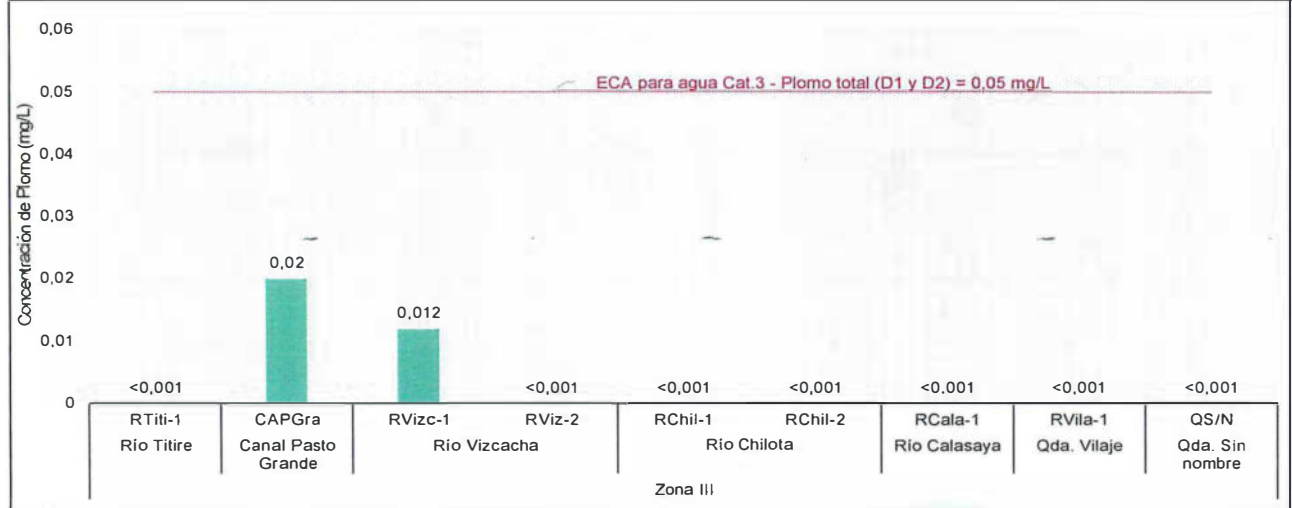
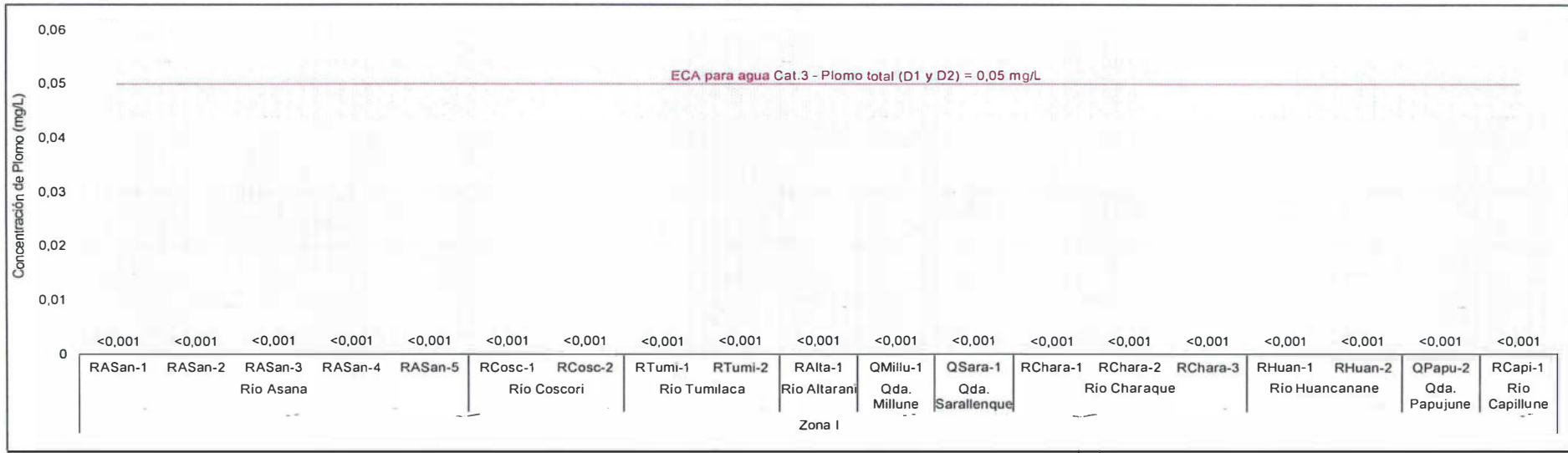


Figura 11-30. Resultados de plomo en agua superficial de los cuerpos de agua evaluados de la EAT

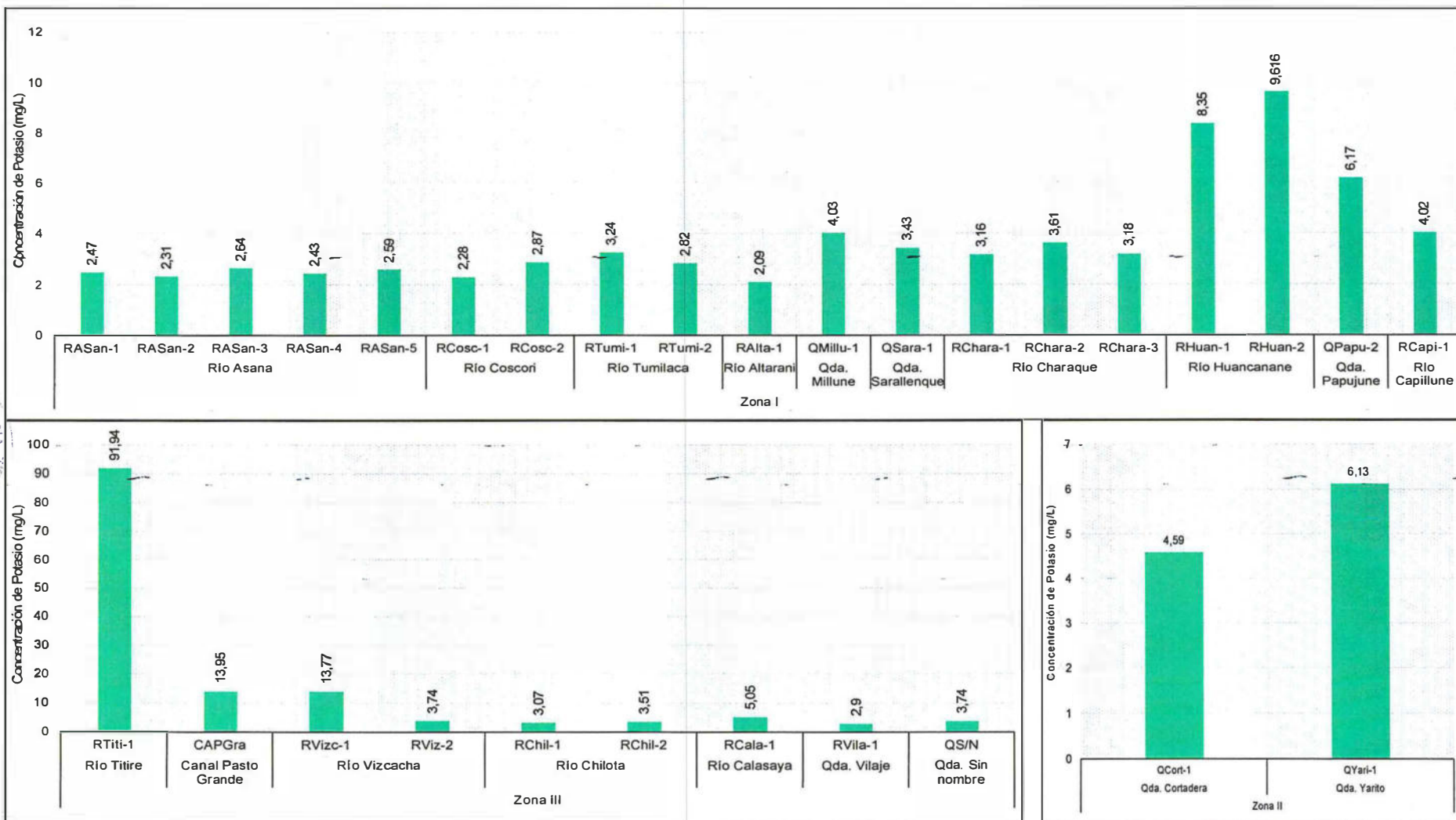


Figura 11-31. Resultados de potasio en agua superficial de los cuerpos de agua evaluados de la EAT

CONTROL Y VIGILANCIA  
 V/B  
 DIRECCIÓN DE EVALUACIÓN  
 11/10/18





PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

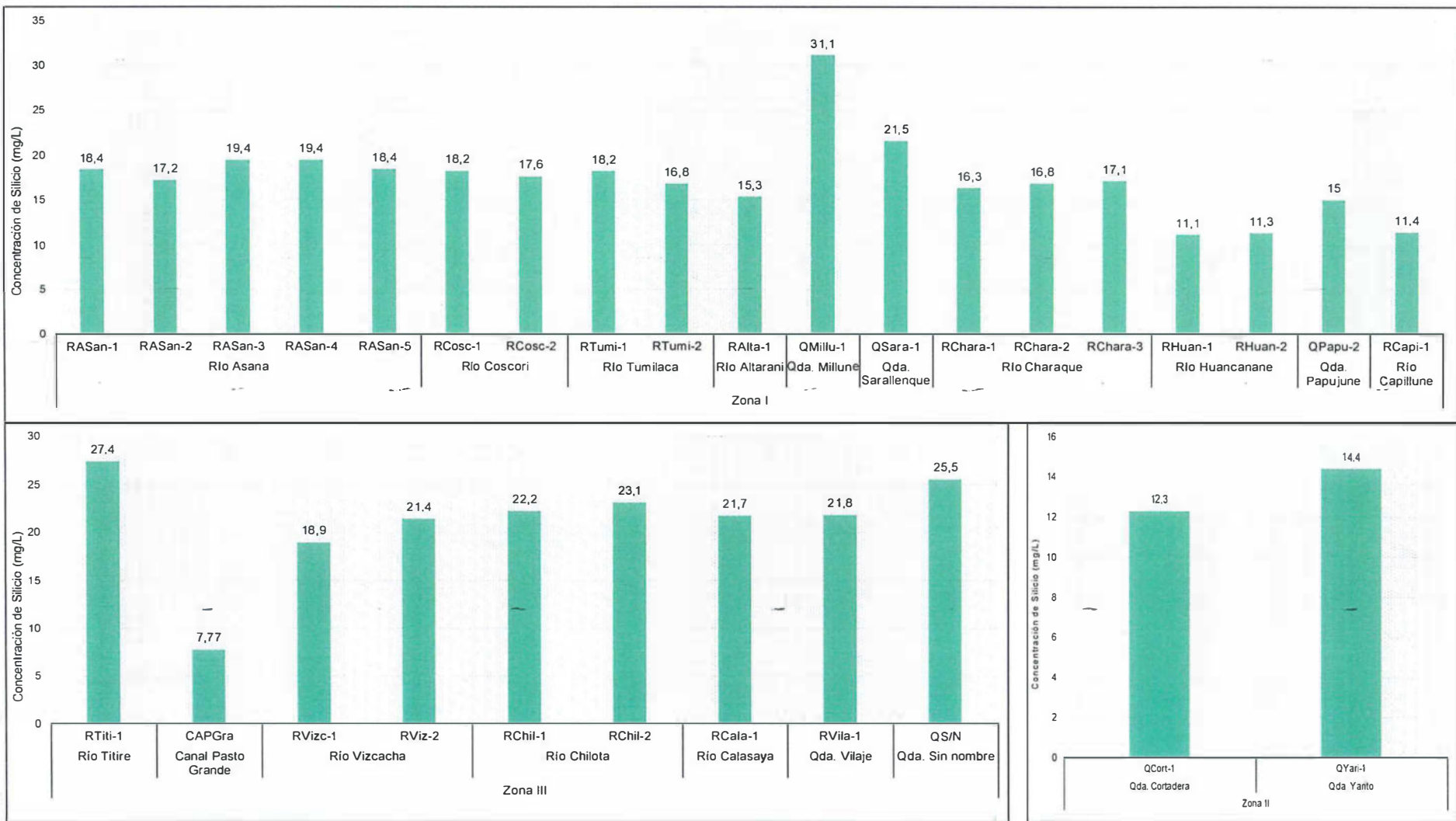


Figura 11-32. Resultados de silicio en agua superficial de los cuerpos de agua evaluados de la EAT

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

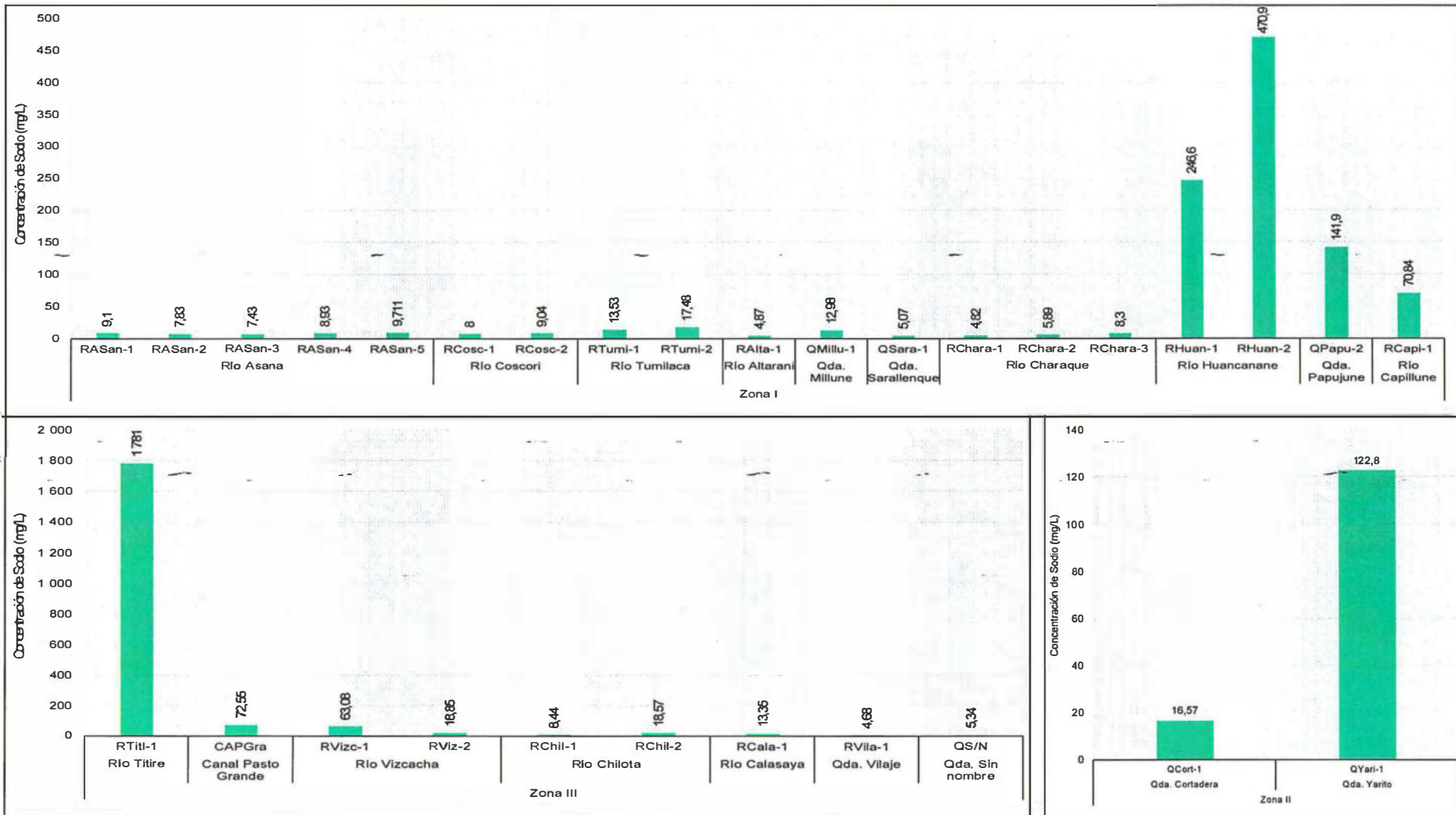


Figura 11-33. Resultados de sodio en agua superficial de los cuerpos de agua evaluadas de la EAT

ORDEN Y VIGILANCIA  
 VOBQ  
 DIRECCIÓN DE EVALUACIÓN

11-11-11  
 P  
 E  
 1



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

1  
1  
1  
A  
E  
1

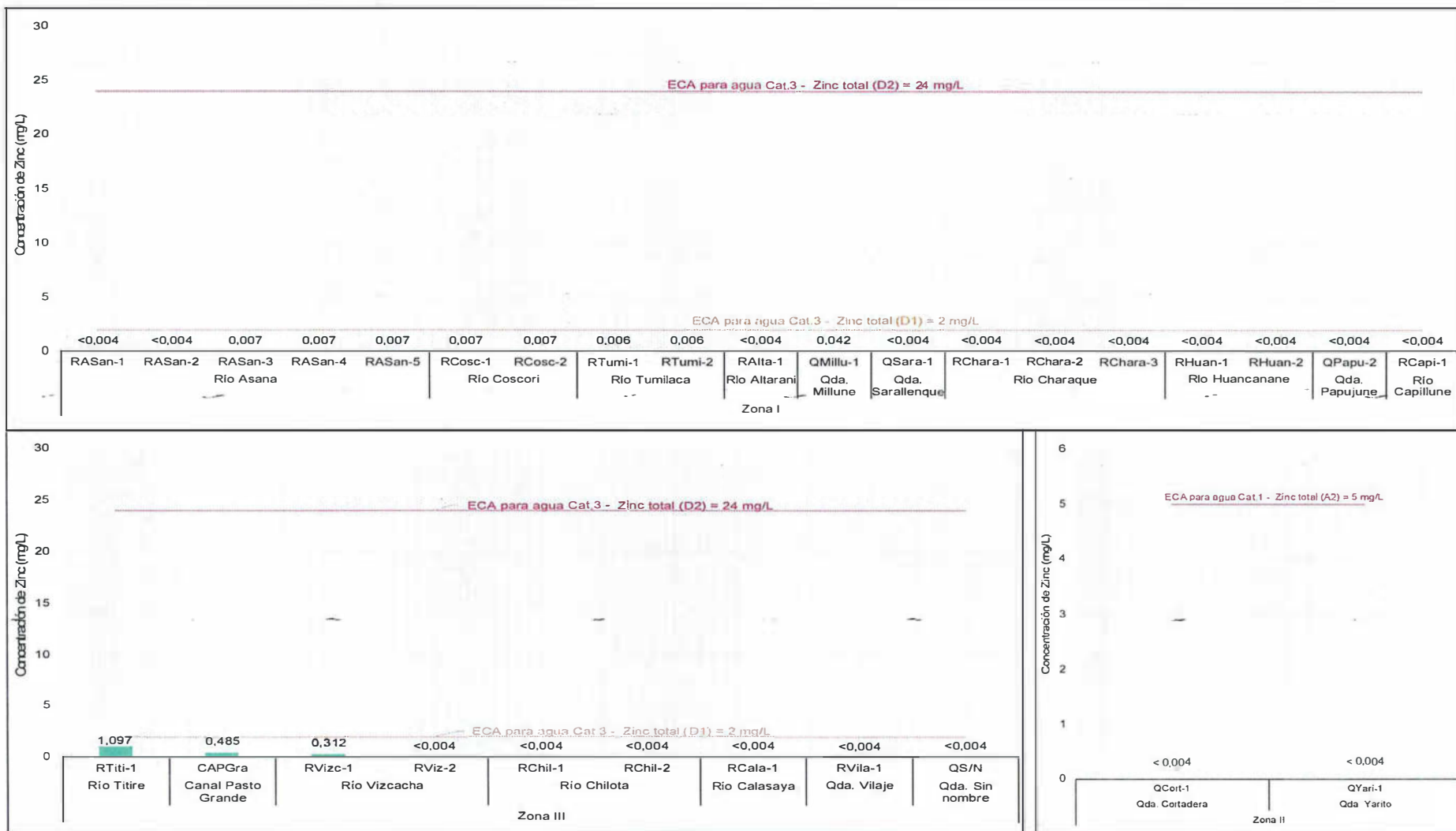


Figura 11-34. Resultados de zinc en agua superficial de los cuerpos de agua evaluados de la EAT

### 11.1.2. Comportamiento de los metales disueltos y suspendidos

388. Los resultados analíticos de metales totales y disueltos sirvieron para realizar los cálculos de los metales suspendidos, mediante la diferencia entre ellos. A continuación se analiza el comportamiento de las formas de los metales en cuanto a su fracción (a nivel de porcentajes) correspondiente a disueltos y suspendidos, y la correlación de los metales disueltos con los sólidos totales disueltos.

#### 11.1.2.1. A nivel de porcentaje

389. Dentro de los resultados obtenidos de metales totales y disueltos, fueron descartados para este análisis los metales que resultaron, en la totalidad de los puntos muestreados, menores al límite de cuantificación del método de laboratorio empleado (antimonio, berilio, bismuto, cromo, estaño, plata, selenio, talio, titanio, vanadio y mercurio).

390. Los metales suspendidos fueron obtenidos calculando la diferencia entre las concentraciones de metales totales y disueltos. De este modo, la fracción en sus formas de los metales (disueltos y suspendidos) es representada en porcentajes, la cual proporciona información de la predominancia de cualquiera de ellos en los respectivos cuerpos de agua evaluados en las tres zonas establecidas; cabe resaltar que se considera predominante, cuando la forma del metal representa más del 50% de su concentración total.

391. En la Tabla 11-1, se detalla para la **Zona I**, la fracción representada en porcentaje de 15 metales en su forma disuelta y suspendida. De ellos, se aprecia que el metal hierro, presentó una concentración mayor al 50% en su forma suspendida, a nivel de todos los puntos de muestreo donde se presentó; sin embargo, los metales que predominaron con concentraciones bajo la forma disuelta en los puntos de muestreo registrados, son: bario (mayor al 55%), boro (mayor al 85%), calcio (mayor al 85%), estroncio (mayor al 55%), litio (mayor al 88%), magnesio (mayor al 56%), potasio (a excepción de RCosc-2, mayor al 69%), sodio (a excepción de RCosc-2, mayor al 80%), zinc (mayor al 57%) y silicio (mayor al 81%). De los metales que compartieron predominancia de sus formas, de acuerdo al cuerpo de agua evaluado, tenemos: aluminio (a excepción de 3 puntos de muestreo, su predominancia fue suspendida, mayor al 50%), fósforo (río Asana, Tumilaca y Coscori predominó la forma suspendida al 100%, río Charaque, Huancanane, Capillune y quebradas Sarallenque, Papujune, predominó la forma disuelta mayor al 80%) y manganeso (a excepción del río Charaque y la quebrada Sarallenque, predominó su forma disuelta mayor al 50%).

392. En la Tabla 11-2, se detalla para la **Zona II**, la fracción representada en porcentaje de 13 metales en su forma disuelta y suspendida. De ellos, se aprecia que el metal hierro, presentó una concentración mayor al 52% en su forma suspendida, a nivel de los 2 puntos de muestreo donde se presentó; sin embargo, los metales que predominaron con concentraciones bajo la forma disuelta en los puntos de muestreo registrados, son: bario (mayor al 96%), boro (mayor al 93%), calcio (mayor al 94%), estroncio (mayor al 94%), fósforo (mayor al 93%), litio (mayor al 97%), magnesio (mayor al 94%), molibdeno (mayor al



Handwritten signature and initials in blue ink.



88%), potasio (mayor al 95%), sodio (mayor al 91%) y silicio (mayor al 92%). De los metales que compartieron predominancia de sus formas al 50%, fue manganeso.

393. En la Tabla 11-3, se detalla para la **Zona III**, la fracción representada en porcentaje de 20 metales en su forma disuelta y suspendida. De ellos, se aprecia que el metal cobre presentó una concentración mayor al 62% en su forma suspendida, a nivel del punto de muestreo donde se presentó; sin embargo, los metales que predominaron con concentraciones bajo la forma disuelta en los puntos de muestreo registrados, son: bario (mayor al 53%), boro (mayor al 89%), calcio (mayor al 92%), cobalto (mayor al 96%), estroncio (mayor al 85%), magnesio (mayor al 87%), manganeso (mayor al 51% a excepción del río Chilota), níquel (mayor al 86%), potasio (mayor al 83%), plomo (mayor al 83%), sodio (mayor al 88%), zinc (mayor al 95%) y silicio (mayor al 81%). De los metales que compartieron predominancia de sus formas al 50%, de acuerdo al cuerpo de agua evaluado, tenemos: aluminio (la red hídrica de la parte alta del río Vizcacha, que incluye el canal Pasto Grande y la quebrada Vilaje, predominó su forma disuelta mayor al 72%; y en la parte baja del Vizcacha y tributarios predominó su forma suspendida mayor al 74%), cadmio (en el río Titire predominó su forma disuelta mayor al 94%, y en la parte alta del río Vizcacha incluyendo el Canal de Pasto Grande, predominó su forma suspendida, mayor al 74%), hierro (en el río Titire y la parte baja del río Vizcacha, predominó su forma suspendida mayor al 53%; en la parte alta del río Vizcacha y el río Calasaya predominó su forma disuelta mayor al 71%), fósforo (en el río Titire y la parte alta del río Vizcacha predominó su forma suspendida al 100%, en la parte baja del río Vizcacha predominó su forma disuelta mayor al 67%) y litio (en la mayoría de los cuerpos de agua predominó su forma disuelta mayor al 64%, a excepción del río Calasaya en el cual predominó la forma suspendida).



4  
1  
1  
P  
4  
1



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

Tabla 11- 1. Proporción en porcentajes de los metales disueltos y suspendidos en la Zona I

Parámetro	Cuerpo agua	Río Asana					Río Coscori		Río Tumilaca		Río Altarani	Qda. Millune	Qda. Sarallinque	Río Charaque			Río Huancanane		Qda. Papujune	Río Capillune
		Pto. Muestreo	RAS an-1	RASa n-2	RASa n-3	RASa n-4	RASa n-5	RCos c-1	RCos c-2	RTu mi-1	RTu mi-2	RAIta -1	QMillu-1	QSara-1	RCha ra-1	RCha ra-2	RCha ra-3	RHuan-1	RHuan-2	QPapu-2
Aluminio	Susp.	84%	22%	95%	91%	95%	94%	92%	94%	94%	82%	9%	61%	60%	54%	67%	62%	50%	43%	72%
	Dis.	16%	78%	5%	9%	5%	6%	8%	6%	6%	18%	91%	39%	40%	46%	33%	38%	50%	57%	28%
Bario	Susp.	7%	17%	38%	41%	29%	17%	21%	5%	12%	13%	14%	9%	41%	5%	3%	8%	3%	20%	11%
	Dis.	93%	83%	63%	59%	71%	83%	79%	95%	88%	88%	86%	91%	59%	95%	97%	92%	97%	80%	89%
Boro	Susp.	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	8%	5%	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	1%	11%	6%	8%	15%
	Dis.	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	92%	95%	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	99%	89%	94%	92%	85%
Calcio	Susp.	7%	8%	12%	9%	15%	8%	9%	4%	9%	10%	7%	8%	6%	10%	9%	6%	2%	4%	12%
	Dis.	93%	92%	88%	91%	85%	92%	91%	96%	91%	90%	93%	92%	94%	90%	91%	94%	98%	96%	88%
Estroncio	Susp.	11%	12%	12%	9%	9%	9%	45%	2%	10%	9%	6%	10%	6%	19%	10%	9%	7%	6%	13%
	Dis.	89%	88%	88%	91%	91%	91%	55%	98%	90%	91%	94%	90%	94%	81%	90%	91%	93%	94%	87%
Hierro	Susp.	72%	65%	88%	100%	96%	98%	95%	100%	94%	75%	64%	81%	77%	83%	75%	96%	68%	45%	87%
	Dis.	28%	35%	12%	0%	4%	2%	5%	0%	6%	25%	36%	19%	23%	17%	25%	4%	32%	55%	13%
Fósforo	Susp.	50%	25%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	25%	80%	0%	0%	17%	0%	0%	0%	0%	17%
	Dis.	50%	75%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	75%	20%	100%	100%	83%	100%	100%	100%	100%	83%
Litio	Susp.	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	12%	8%	5%	23%
	Dis.	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	88%	92%	95%	77%
Magnesio	Susp.	11%	10%	12%	9%	11%	11%	44%	3%	17%	10%	6%	12%	14%	10%	9%	9%	7%	5%	11%
	Dis.	89%	90%	88%	91%	89%	89%	56%	97%	83%	90%	94%	88%	86%	90%	91%	91%	93%	95%	89%
Manganeso	Susp.	37%	27%	18%	11%	25%	22%	18%	14%	7%	33%	5%	80%	100%	100%	50%	6%	20%	33%	26%
	Dis.	63%	73%	82%	89%	75%	78%	82%	86%	93%	67%	95%	20%	0%	0%	50%	94%	80%	67%	74%
Molibdeno	Susp.	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	20%	7%	33%	100%
	Dis.	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	80%	93%	67%	0%
Potasio	Susp.	31%	22%	14%	9%	22%	7%	84%	20%	7%	23%	12%	12%	11%	10%	8%	11%	5%	10%	13%
	Dis.	69%	78%	86%	91%	78%	93%	16%	80%	93%	77%	88%	88%	89%	90%	92%	89%	95%	90%	87%
Sodio	Susp.	14%	12%	13%	17%	17%	10%	50%	9%	9%	12%	10%	12%	12%	8%	12%	9%	3%	7%	15%
	Dis.	86%	88%	87%	83%	83%	90%	50%	91%	91%	88%	90%	88%	88%	92%	88%	91%	97%	93%	85%
Zinc	Susp.	<L.C	<L.C	14%	14%	43%	43%	14%	33%	33%	<L.C	5%	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

Parámetro	Cuerpo agua	Río Asana					Río Coscori		Río Tumulaca		Río Altar ani	Qda. Millune	Qda. Saralleneque	Río Charaque			Río Huancanane		Qda. Papujune	Río Capillune
		Pto. Muestreo	RAS an-1	RASa n-2	RASa n-3	RASa n-4	RASa n-5	RCos c-1	RCos c-2	RTu mi-1	RTu mi-2	RAlta -1	QMillu-1	QSara-1	RCha ra-1	RCha ra-2	RCha ra-3	RHuan-1	RHuan-2	QPapu-2
	Dis.	<L.C	<L.C	86%	86%	57%	57%	86%	67%	67%	<L.C	95%	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C
Silicio	Susp.	10%	10%	11%	5%	7%	8%	4%	19%	14%	12%	5%	13%	11%	13%	8%	10%	5%	7%	11%
	Dis.	90%	90%	89%	95%	93%	92%	96%	81%	86%	88%	95%	87%	89%	88%	92%	90%	95%	93%	89%

LEYENDA: Rango de colores que definen porcentajes

0 - 49%	50% - 74%	75% - 90%	91% - 100%

<L.C: Menor al límite de Cuantificación.

Dis: Metales disueltos

Sus: Metales suspendidos



Handwritten signature and date: 11/10/2011







PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

Tabla 11- 3. Proporción en porcentajes de los metales disueltos y suspendidos en la Zona III

Parámetro	Cuerpo agua	Río Titire	Captac. Pasto Grande	Río Vizcacha		Río Chilota		Río Calasaya	Qda. Vilaje	Qda. Sin nombre
	Pto. Muestreo	RTiti-1	CAPGra	RVizc-1	RViz-2	RChil-1	RChil-2	RCala-1	RVila-1	QS/N
Aluminio	Susp.	<L.C	6%	28%	88%	80%	87%	74%	21%	74%
	Dis.	<L.C	94%	72%	12%	20%	13%	26%	79%	26%
Arsénico	Susp.	41%	<L.C	<L.C	6%	2%	3%	<L.C	<L.C	<L.C
	Dis.	59%	<L.C	<L.C	94%	98%	97%	<L.C	<L.C	<L.C
Bario	Susp.	2%	15%	6%	25%	33%	25%	47%	17%	11%
	Dis.	98%	85%	94%	75%	67%	75%	53%	83%	89%
Boro	Susp.	11%	2%	9%	8%	8%	8%	8%	10%	9%
	Dis.	89%	98%	91%	92%	92%	92%	92%	90%	91%
Cadmio	Susp.	6%	60%	67%	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C
	Dis.	94%	40%	33%	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C
Calcio	Susp.	2%	7%	8%	8%	5%	5%	7%	7%	0%
	Dis.	98%	93%	92%	92%	95%	95%	93%	93%	100%
Cobalto	Susp.	2%	3%	4%	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C
	Dis.	98%	98%	96%	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C
Cobre	Susp.	62%	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C
	Dis.	38%	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C
Estroncio	Susp.	1%	6%	9%	7%	4%	4%	8%	5%	15%
	Dis.	99%	94%	91%	93%	96%	96%	92%	95%	85%
Hierro	Susp.	78%	7%	15%	61%	58%	62%	29%	75%	88%
	Dis.	22%	93%	85%	39%	42%	38%	71%	25%	13%
Fósforo	Susp.	100%	<L.C	100%	20%	29%	33%	33%	20%	15%
	Dis.	0%	<L.C	0%	80%	71%	67%	67%	80%	85%
Litio	Susp.	2%	6%	9%	21%	36%	29%	60%	<L.C	<L.C
	Dis.	98%	94%	91%	79%	64%	71%	40%	<L.C	<L.C
Magnesio	Susp.	1%	4%	8%	6%	8%	2%	13%	9%	3%
	Dis.	99%	96%	92%	94%	92%	98%	87%	91%	97%
Manganeso	Susp.	2%	0%	7%	46%	73%	49%	3%	20%	33%
	Dis.	98%	100%	93%	54%	28%	51%	97%	80%	67%
Níquel	Susp.	3%	14%	8%	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

Parámetro	Cuerpo agua	Río Titire	Captac. Pasto Grande	Río Vizcacha		Rio Chilota		Río Calasaya	Qda. Vilaje	Qda. Sin nombre
	Pto. Muestreo	RTiti-1	CAPGra	RVizc-1	RViz-2	RChil-1	RChil-2	RCal-1	RVila-1	QS/N
Potasio	Dis.	97%	86%	92%	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C
	Susp.	0%	10%	9%	0%	11%	9%	13%	17%	7%
Plomo	Dis.	100%	90%	91%	100%	89%	91%	87%	83%	93%
	Susp.	<L.C	5%	17%	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C
Sodio	Dis.	<L.C	95%	83%	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C
	Susp.	10%	6%	10%	12%	10%	9%	12%	10%	8%
Zinc	Dis.	90%	94%	90%	88%	90%	91%	88%	90%	92%
	Susp.	5%	0%	1%	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C
Silicio	Dis.	95%	100%	99%	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C	<L.C
	Susp.	19%	1%	7%	9%	8%	8%	11%	12%	8%
	Dis.	81%	99%	93%	91%	92%	92%	89%	88%	92%

LEYENDA: Rango de colores que definen porcentajes

0 - 49%	50% - 74%	75% - 90%	91% - 100%

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

Dis: Metales disueltos

Sus: Metales suspendidos



Handwritten signature

### 11.1.2.2. Correlación entre metales disueltos y sólidos disueltos totales

394. La correlación entre dos elementos que se relacionan de manera lineal, nos muestra el grado de dependencia entre ambos. La relación de los metales disueltos, como una de las formas más importantes a nivel biológico, con parámetros como son los sólidos disueltos totales, marcarán la importancia de establecer su concentración de manera indirecta.
395. En base al coeficiente de correlación de Person o de determinación ( $R^2$ ) calculados entre los resultados, de sólidos disueltos totales (variable Y) y las concentraciones cuantificables de metales disueltos (variable X) se seleccionaron los metales arsénico, boro, estroncio, litio, magnesio, molibdeno, níquel, sodio y zinc que obtuvieron un  $R^2$  mayor al 76%.
396. Investigaciones comprueban una correlación directa entre la conductividad y los sólidos totales disueltos, por lo cual, en este caso, también fue comprobada, arrojando un coeficiente de determinación  $R^2= 0,9815$ . Es decir, existe una correlación del 98% que explica el incremento de los sólidos disueltos totales como resultado del incremento de la conductividad (Ver Figura 11-35)

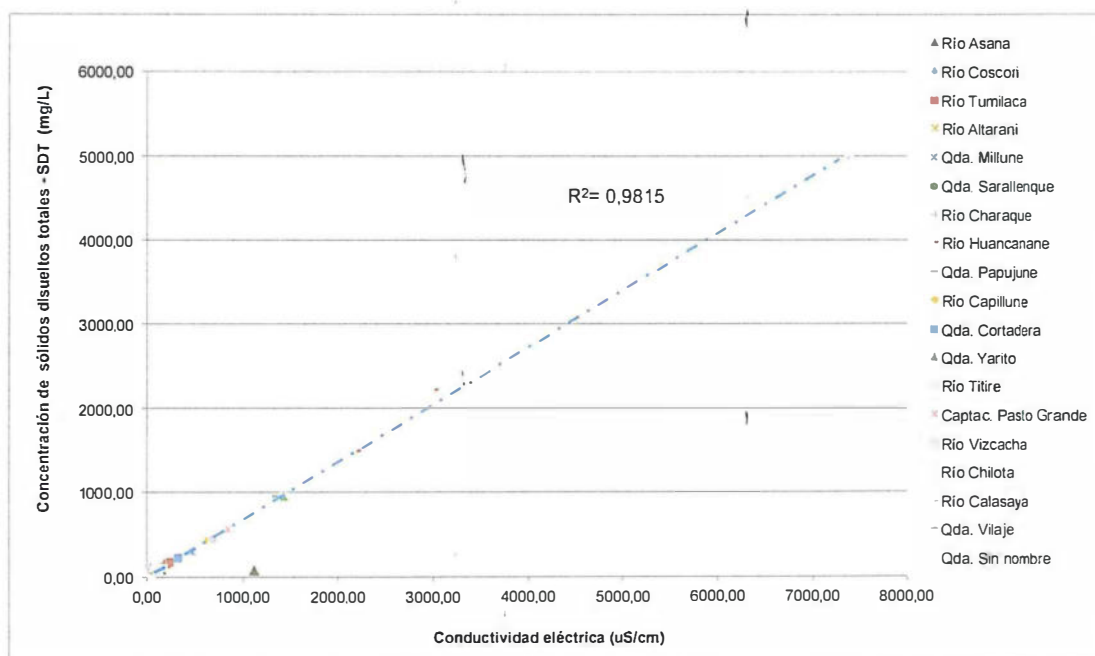


Figura 11-35. Correlación entre conductividad eléctrica y sólidos disueltos totales

397. Al realizar dicho análisis se puede también apreciar la dispersión de los valores obtenidos entre la mayoría de los cuerpos de agua con el río Titire y la de la captación de Pasto Grande, por poseer características particulares. Así tenemos:
398. La correlación entre el arsénico disuelto (en los tres cuerpos de agua registrados) y los sólidos disueltos totales es de  $R^2= 0,9825$ . Es decir, existe una correlación del 98% que explica el incremento de los sólidos disueltos totales como consecuencia del incremento del arsénico disuelto, tal como se aprecia en la Figura 11-36).



*[Handwritten signature]*

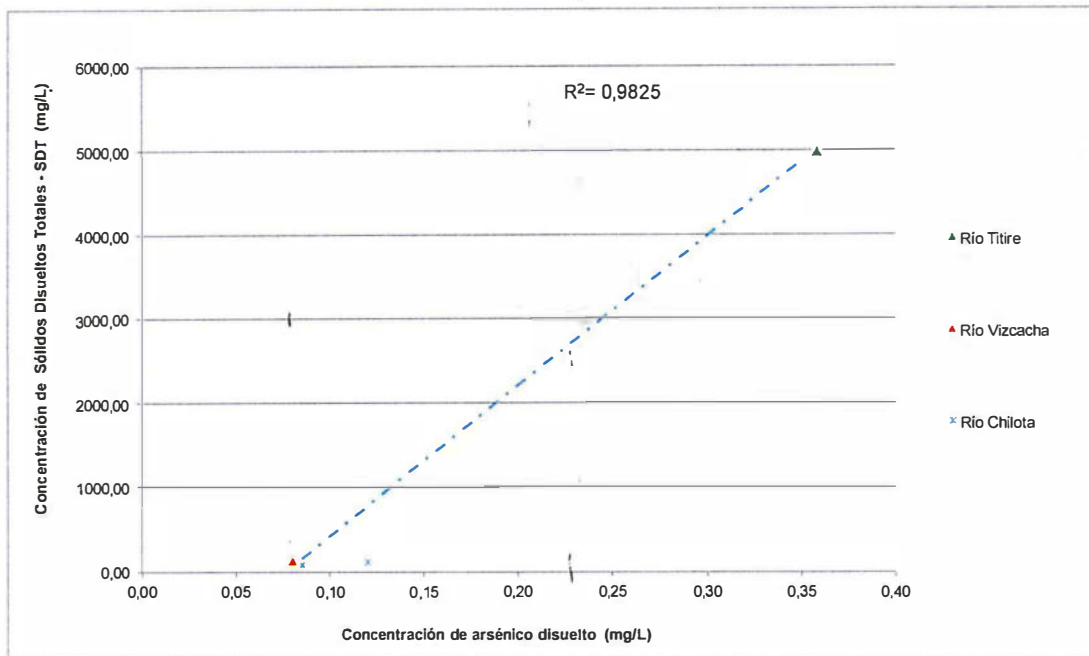


Figura 11-36. Correlación entre arsénico disuelto y sólidos disueltos totales

399. La correlación entre el boro disuelto (en los catorce cuerpos de agua registrados) y los sólidos disueltos totales es de  $R^2 = 0,9423$ . Es decir, existe una correlación del 94% que explica el incremento de los sólidos disueltos totales como consecuencia del incremento del boro disuelto, tal como se aprecia en la Figura 11-37).

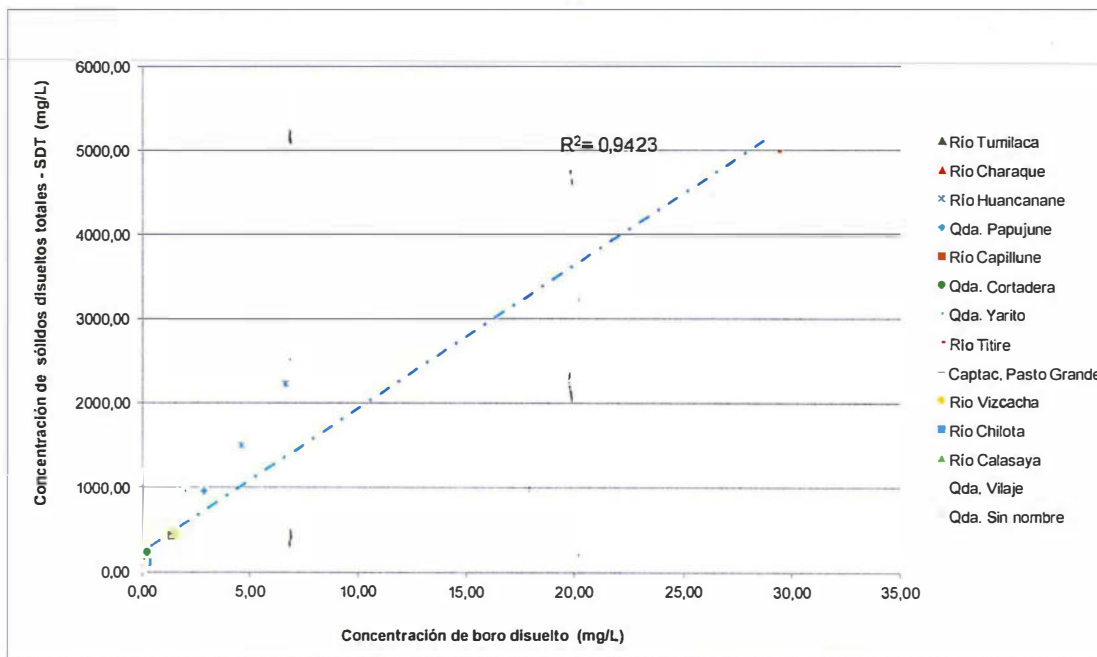


Figura 11-37. Correlación entre boro disuelto y sólidos disueltos totales

400. La correlación entre el estroncio disuelto (en los dieciocho cuerpos de agua registrados) y los sólidos disueltos totales es de  $R^2 = 0,993$ . Es decir, existe una



Handwritten signature and initials in blue ink.

correlación del 99% que explica el incremento de los sólidos disueltos totales como consecuencia del incremento del estroncio disuelto, tal como se aprecia en la Figura 11-38).

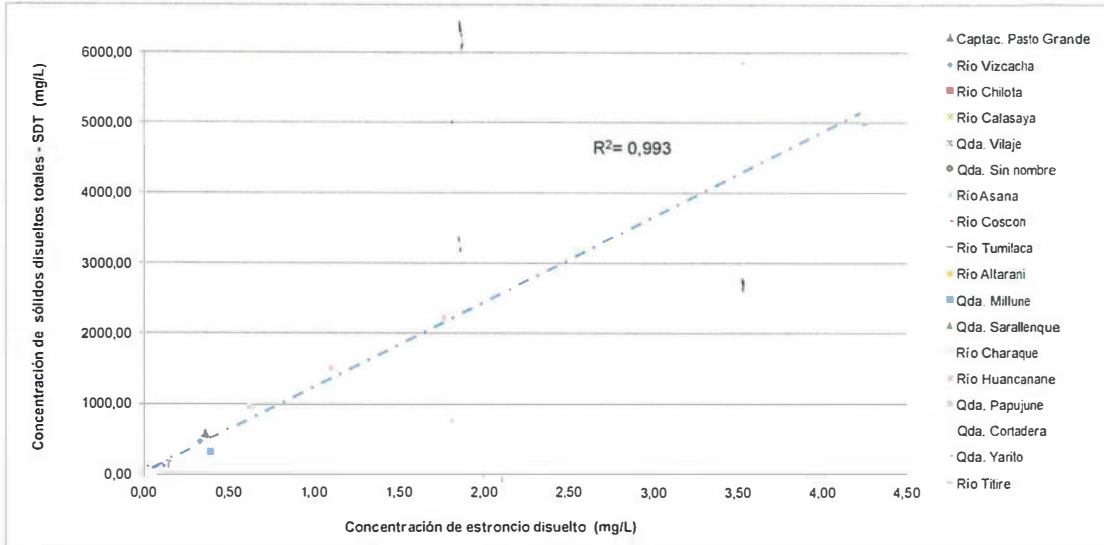


Figura 11-38. Correlación entre estroncio disuelto y sólidos disueltos totales

401. La correlación entre el litio disuelto (en los nueve cuerpos de agua registrados) y los sólidos disueltos totales es de  $R^2 = 0,882$ . Es decir, existe una correlación del 88% que explica el incremento de los sólidos disueltos totales como consecuencia del incremento del litio disuelto, tal como se aprecia en la Figura 11-39).



0  
1  
1  
1  
D  
S  
1

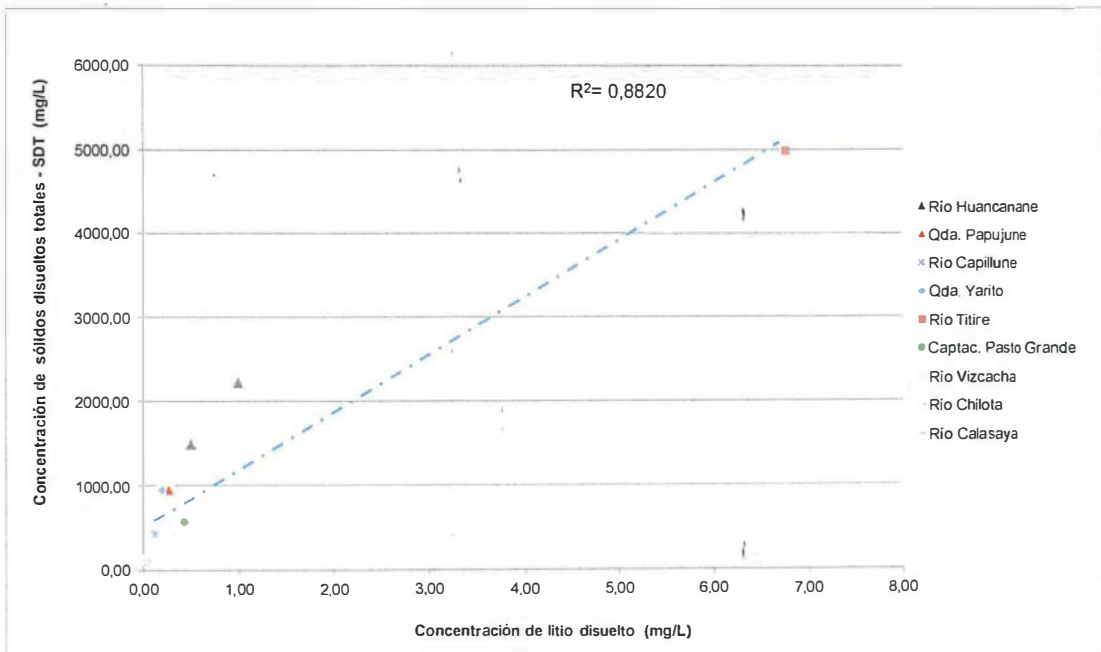


Figura 11-39. Correlación entre litio disuelto y sólidos disueltos totales

402. La correlación entre el magnesio disuelto (en los 19 cuerpos de agua registrados) y los sólidos disueltos totales es de  $R^2= 0,929$ . Es decir, existe una correlación del 92,9% que explica el incremento de los sólidos disueltos totales como consecuencia del incremento del magnesio disuelto, tal como se aprecia en la Figura 11-40).

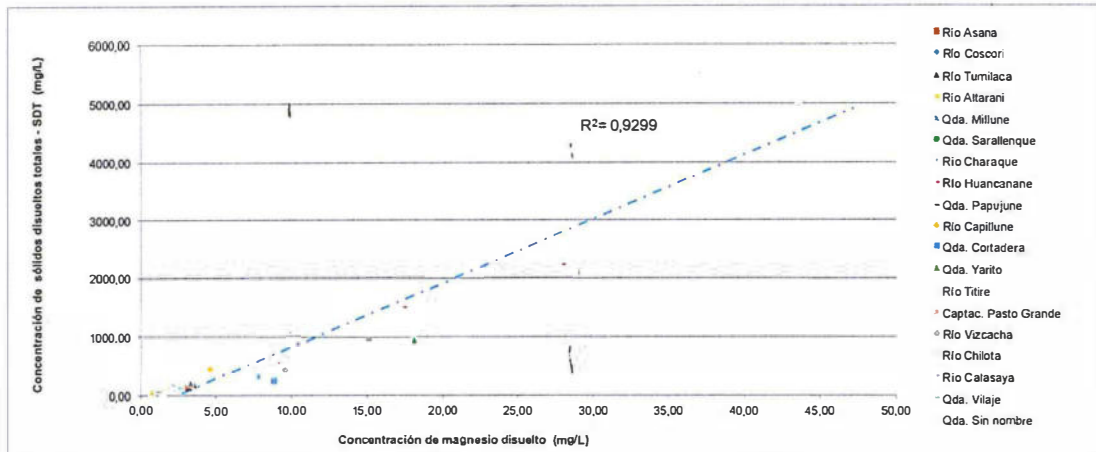


Figura 11-40. Correlación entre magnesio disuelto y sólidos disueltos totales

403. La correlación entre el molibdeno disuelto (en los cuatro cuerpos de agua registrados) y los sólidos disueltos totales es de  $R^2= 0,761$ . Es decir, existe una correlación del 76,1% que explica el incremento de los sólidos disueltos totales como consecuencia del incremento del molibdeno disuelto, tal como se aprecia en la Figura 11-41).

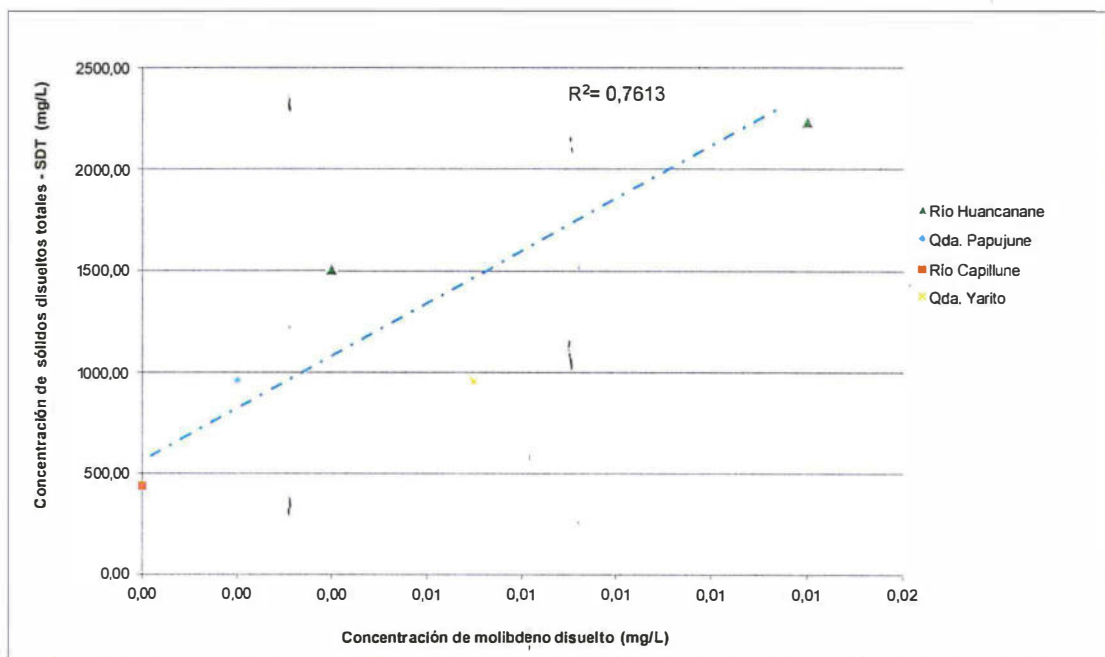


Figura 11-41. Correlación entre molibdeno disuelto y sólidos disueltos totales

404. La correlación entre el níquel disuelto (en los tres cuerpos de agua registrados) y los sólidos disueltos totales es de  $R^2= 0,992$ . Es decir, existe una correlación del

99,2% que explica el incremento de los sólidos disueltos totales como consecuencia del incremento del níquel disuelto, tal como se aprecia en la Figura 11-42).

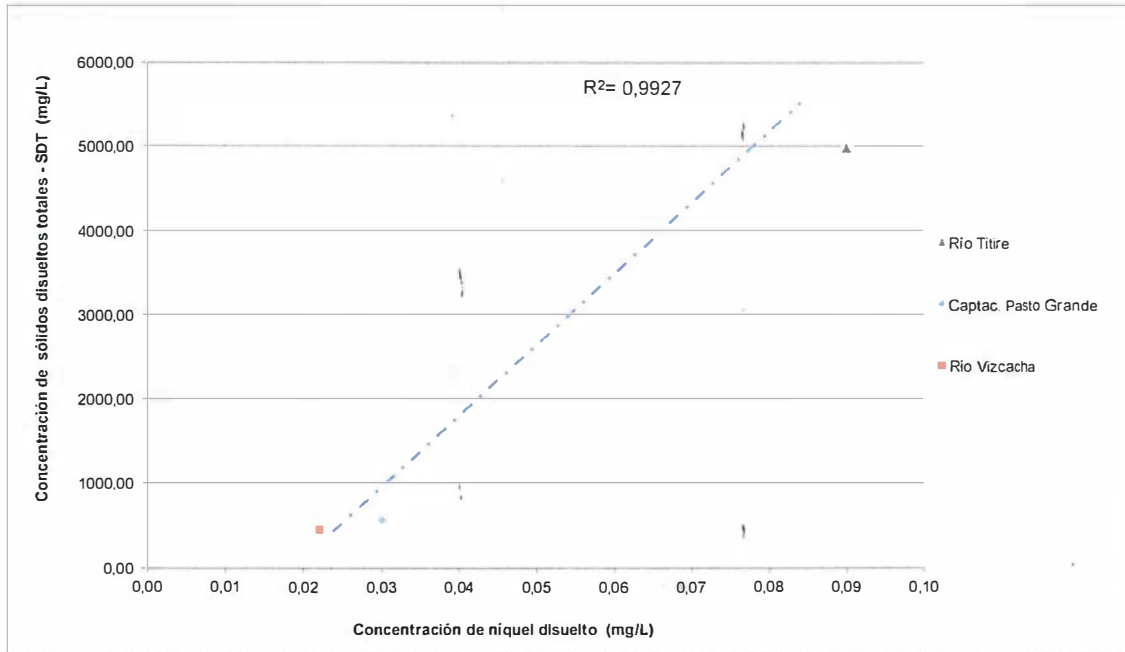


Figura 11-42. Correlación entre níquel disuelto y sólidos disueltos totales

405. La correlación entre el sodio disuelto (en los 19 cuerpos de agua registrados) y los sólidos disueltos totales es de  $R^2= 0,949$ . Es decir, existe una correlación del 94,9% que explica el incremento de los sólidos disueltos totales como consecuencia del incremento del sodio disuelto, tal como se aprecia en la Figura 11-43).



*[Handwritten signature]*

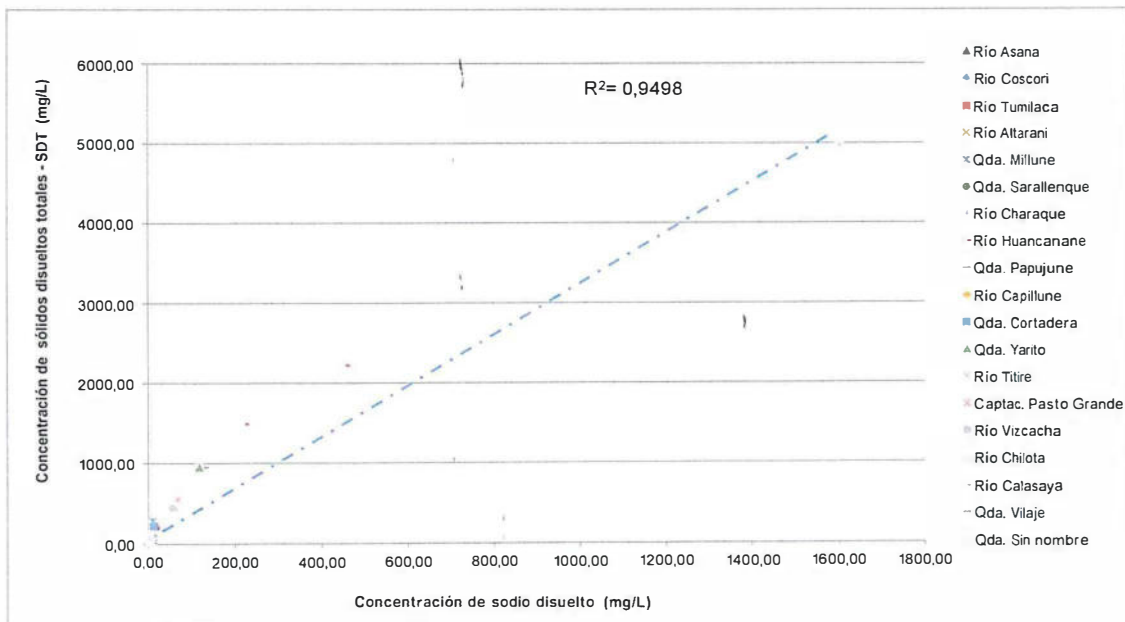


Figura 11-43. Correlación entre sodio disuelto y sólidos disueltos totales

406. La correlación entre el zinc disuelto (en los 7 cuerpos de agua registrados) y los sólidos disueltos totales es de  $R^2= 0,845$ . Es decir, existe una correlación del 84,5% que explica el incremento de los sólidos disueltos totales como consecuencia del incremento del sodio disuelto, tal como se aprecia en la Figura 11-44).

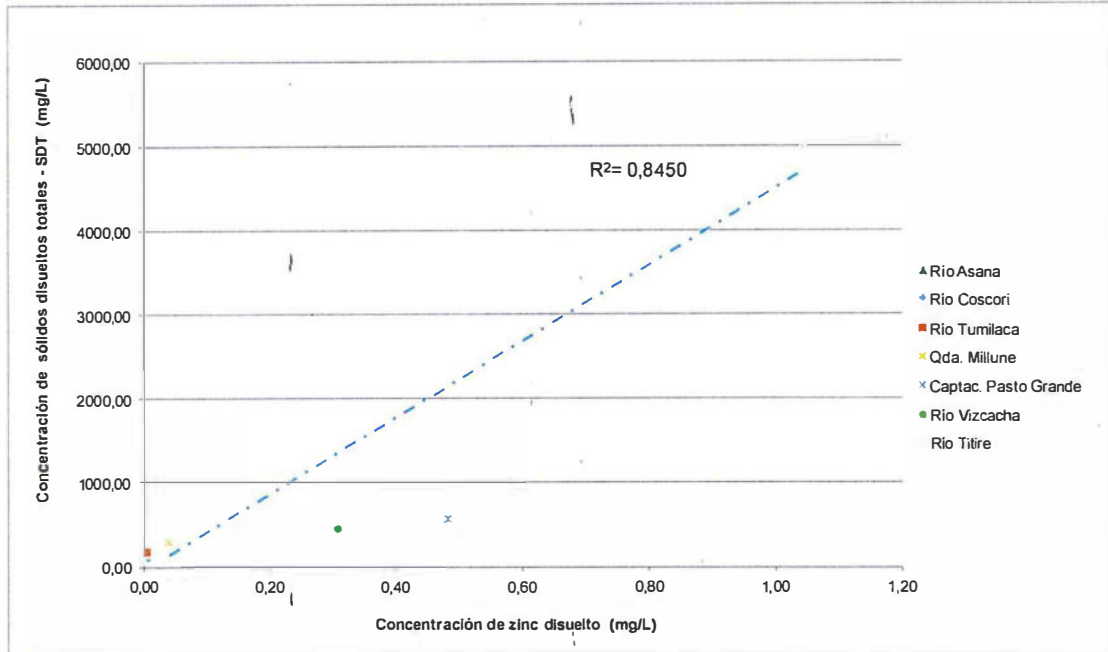


Figura 11-44. Correlación entre zinc disuelto y sólidos disueltos totales

### 11.1.3. Hidrometría

407. En el presente apartado se realiza una caracterización de los caudales resultantes, producto de las mediciones realizadas en los cuerpos de agua.
408. La medición del caudal en cuerpos de agua lenticos con profundidades cerca de los 40 cm, se realizó mediante el método de correntómetro (Ver Ecuación 9,1 y 9,2) usando una sola profundidad (0,2d) en un solo tirante de agua. Cuando el cuerpo de agua disponía de pequeños cauces con capacidad de encajonamiento, se utilizó el método volumétrico (Ver Ecuación 9,3). En todos, ellos se estandarizó los resultados a las unidades de L/s. Los caudales son presentados en las Figuras 10-1 al 10-3.
409. Cabe resaltar que las mediciones realizadas para el estudio, pertenecieron a la temporada seca o de estiaje. Los resultados son presentados de acuerdo a la Zona a la que pertenecen, así tenemos:
410. En la Figura 10-1 (**Zbna I**), se aprecia que el caudal del río Asana en su parte alta registra 419 L/s, para posteriormente recibir el aporte de los tributarios, que fueron máximos (256 L/s) del río Altarani, mínimos (21,2 L/s) de la quebrada Sarallénque y nulos (seca) de la quebrada Quimsuta, finalizando el registro del río Asana, en su parte baja con 878,9 L/s. Para formar el río Coscori, el río Asana se une con el río Charaque, el cual registra en su parte alta 80,5 L/s, y en su parte baja, 11,2 L/s (la disminución en sus registros se debe a desviaciones del río en



Handwritten signature and initials in blue ink.



su parte media para usos de riego). Por otro lado, para formar el río Tumilaca, el río Coscori se une con el río Huancanane que registra 2,7 L/s y que ha recibido aporte de tributarios, que fueron máximos como la el río Capillune con 2,5 L/s y mínimos de la quebrada Papujune con 0,5 L/s. Finalmente, el río Tumilaca registra un caudal de 1002,4 L/s.

- 411. En la Figura 10-2 (**Zona II**), se aprecia una red hídrica menor, que en su parte alta, la quebrada Cortadera registra 0,17 L/s, para posteriormente, con aporte de tributarios menores formar la quebrada Yarito con 1,6 L/s. Finalmente en su parte baja se forma el río Huancanane, que no presenta caudal para esta temporada, debido a que el poco flujo observado en la parte alta, se filtra en la parte media de la red hídrica.
- 412. Finalmente, en la Figura 10-3 (**Zona III**), se aprecia que el caudal en la parte alta del río Vizcacha registra 3,8 L/s, para posteriormente recibir aportes de sus tributarios, que fueron máximos (577,4 L/s) por parte del río Chilota y mínimos (28,8 L/s) por parte del río Calasaya. En consecuencia, en su parte baja, el río Vizcacha registra 610,2 L/s y se une con el río Titire de 402,2 L/s para formar el río Coralaque.

**11.2. Calidad de sedimentos**

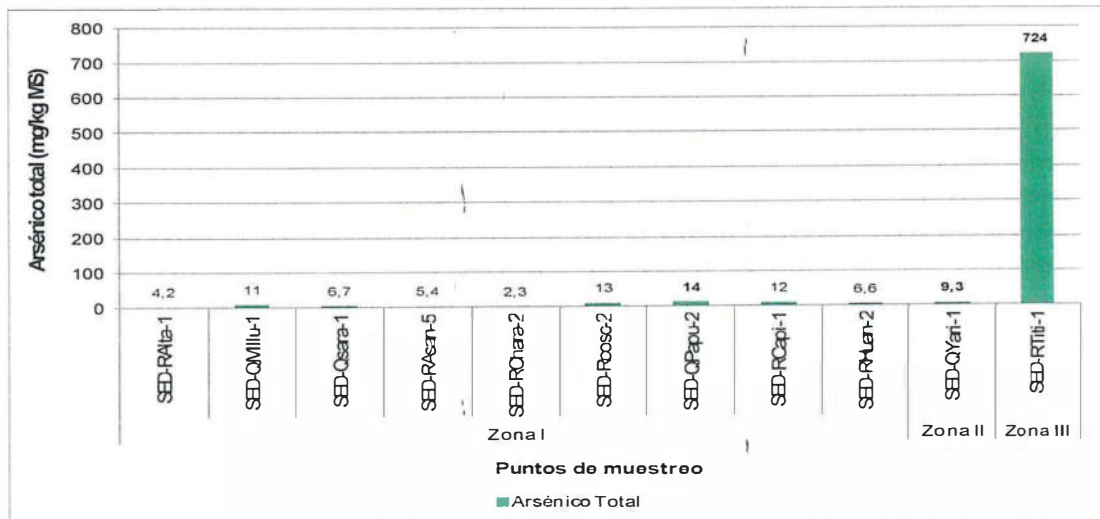
- 413. El presente apartado, se muestran los resultados y análisis de las zonas evaluadas (ítem 7.2). Los resultados de laboratorio del componente sedimento, se presentan en el Anexo C4.

**11.2.1. Concentraciones de los principales metales pesados**

- 414. A continuación, se muestran las gráficas de los principales metales pesados que presentaron significativas concentraciones, de acuerdo a las zonas evaluadas.

**a. Arsénico total**

- 415. En la Figura 11-45, se presentan las concentraciones de arsénico total en el área de influencia del proyecto minero Quellaveco.



**Figura 11-45.** Concentraciones de arsénico total en las tres zonas evaluadas

416. Respecto a la **Zona I**, las concentraciones de arsénico total de los puntos SED-RAlta-1, SED-QMillu-1, SED-QSara-1, SED-RAsan-5, SED-RChara2, SED-RCosc-2, SED-QPapu2, SED-RCapi-1 y SED-RHuan-2 fueron de 4,2; 11; 6,7; 5,4; 2,3; 13; 14; 12 y 6,6 mg/kg MS respectivamente. Es importante señalar, que la menor concentración encontrada pertenece a uno de los aportantes de la microcuenca principal del río Coscori, el mismo que se encuentra ubicado en el Río Charaque (SED-RChara-2) presentando un valor de 2,3 mg/kg MS. Además se aprecia que en el punto de muestreo SED-QPapu-2 (ubicado en la quebrada Papujune), se encontró la mayor concentración con un valor de 14 mg/kg MS.
417. Respecto a la **Zona II**, se aprecia que el único punto evaluado en la zona donde se ubicará la presa de relaves fue el SED-QYari-1 (ubicado en la quebrada Yarito) presentando una concentración de 9,3 mg/kg MS.
418. En la **Zona III**, el punto SED-RTiti-1 presentó una concentración de 724 mg/kg MS; es importante mencionar que este fue el único punto evaluado en la microcuenca del río Titire.

#### b. Cadmio total

419. En la Figura 11-46, se presentan las concentraciones de cadmio total en las zonas evaluadas de la presente evaluación.

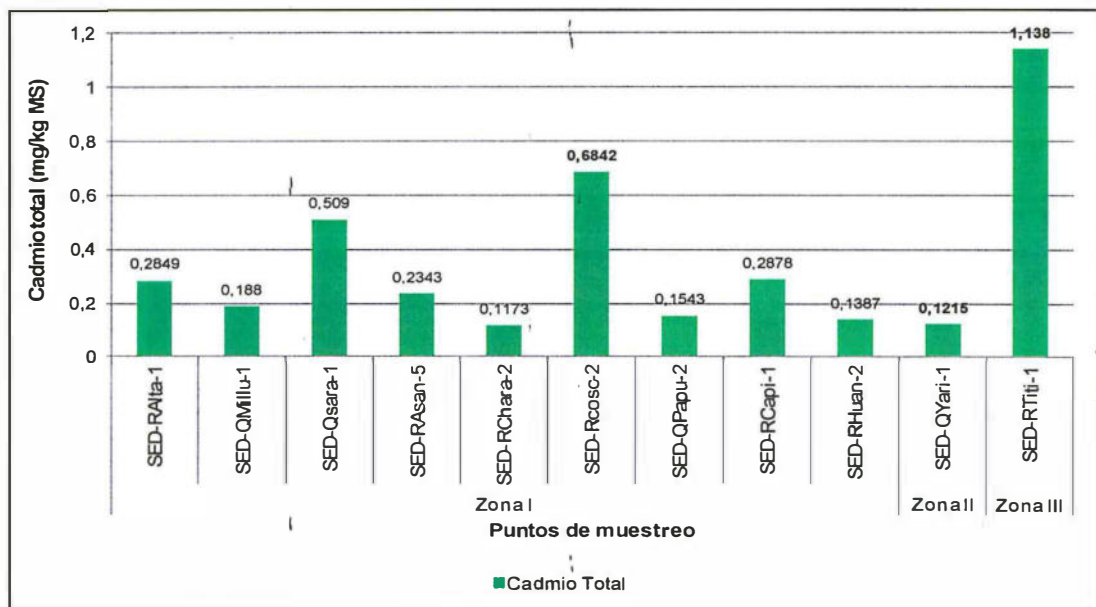


Figura 11-46. Concentraciones de cadmio total en las tres zonas evaluadas

420. Respecto a la **Zona I**, las concentraciones de cadmio total de los puntos SED-RAlta-1, SED-QMillu-1, SED-QSara-1, SED-RAsan-5, SED-RChara2 y SED-RCosc-2, SED-QPapu-2, SED-RCapi-1 y SED-RHuan-2, fueron de 0,2849; 0,188; 0,509; 0,2343; 0,1173 y 0,6842; 0,1543; 0,2878 y 0,1387 mg/kg MS respectivamente. Es importante señalar, que la menor concentración encontrada pertenece a uno de los aportantes de la microcuenca principal del río Coscori, el mismo que se encuentra ubicado en el Río Charaque (SED-RChara-2) presentando un valor de 0,1173 mg/kg MS. Además se aprecia que en el punto de muestreo SED-RCosc-2 (río Coscori), se encontró la mayor concentración con un



valor de 0,6842 mg/kg MS; el referido punto se encuentra en su parte más baja altitudinalmente de la zona evaluada.

421. Respecto a la **Zona II**, se aprecia que el único punto evaluado en la zona donde se ubicará la presa de relaves fue el SED-QYari-1 (ubicado en la quebrada Yarito) presentando una concentración de 0,1215 mg/kg MS.
422. En la **Zona III**, el punto SED-RTiti-1 presentó una concentración de 1,138 mg/kg MS; es importante mencionar que este fue el único punto evaluado en la microcuenca del río Titire.

### c. Cobre total

423. En la Figura 11-47, se presentan las concentraciones de cobre total en las zonas evaluadas.

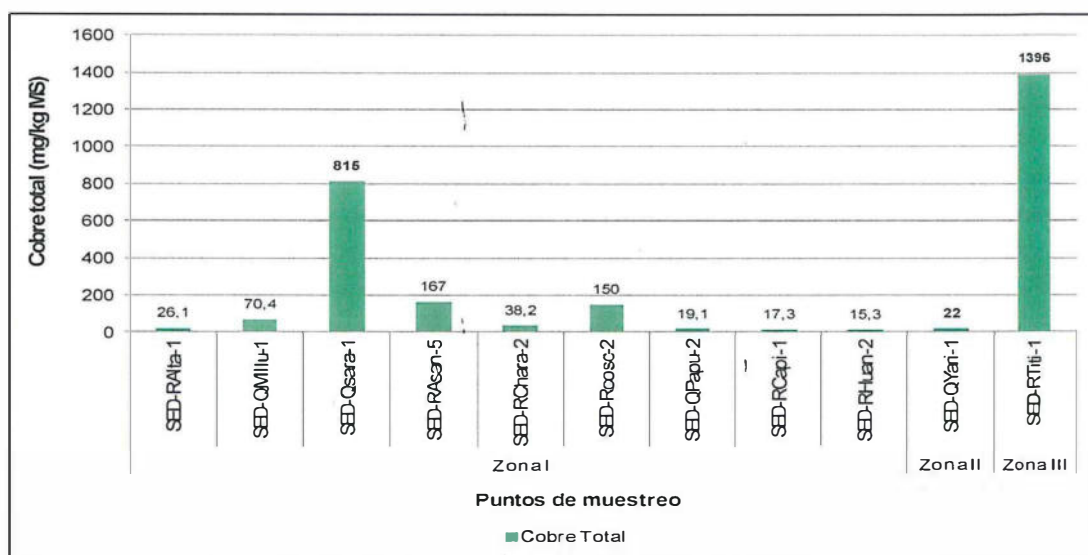


Figura 11-47. Concentraciones de cobre total en las cuatro zonas evaluadas

424. Respecto a la **Zona I**, las concentraciones de cobre total de los puntos SED-RAIta-1, SED-QMillu-1, SED-QSara-1, SED-RAsan-5, SED-RChara2, SED-RCosc-2, SED-QPapu-2, SED-RCapi-1 y SED-RHuan-2 fueron de 26,1; 70,4; 815; 167; 38,2; 150; 19,1; 17,3 y 15,3 mg/kg MS respectivamente. Es importante señalar, que la menor concentración encontrada fue de 15,3 mg/kg MS (SED-RHuan-1, ubicado en el río Huancanane, perteneciente parte más baja altitudinalmente de la zona evaluada de la microcuenca). Por otro lado el punto SED-QSara-1 (qda. Sarallenque) presentó la mayor concentración con un valor de 815 mg/kg MS; la misma que es un aporte del río Asana.
425. Respecto a la **Zona II**, se aprecia que el único punto evaluado en la zona donde se ubicará la presa de relaves fue el SED-QYari-1 (ubicado en la quebrada Yarito) presentando una concentración de 22 mg/kg MS.
426. En la **Zona III**, el punto SED-RTiti-1 presentó una concentración de 1396 mg/kg MS; es importante mencionar que este fue el único punto evaluado en la microcuenca del río Titire.

**d. Plomo total**

427. En la Figura 11-48, se presentan las concentraciones de plomo total en las zonas evaluadas del área de influencia del proyecto minero Quellaveco.

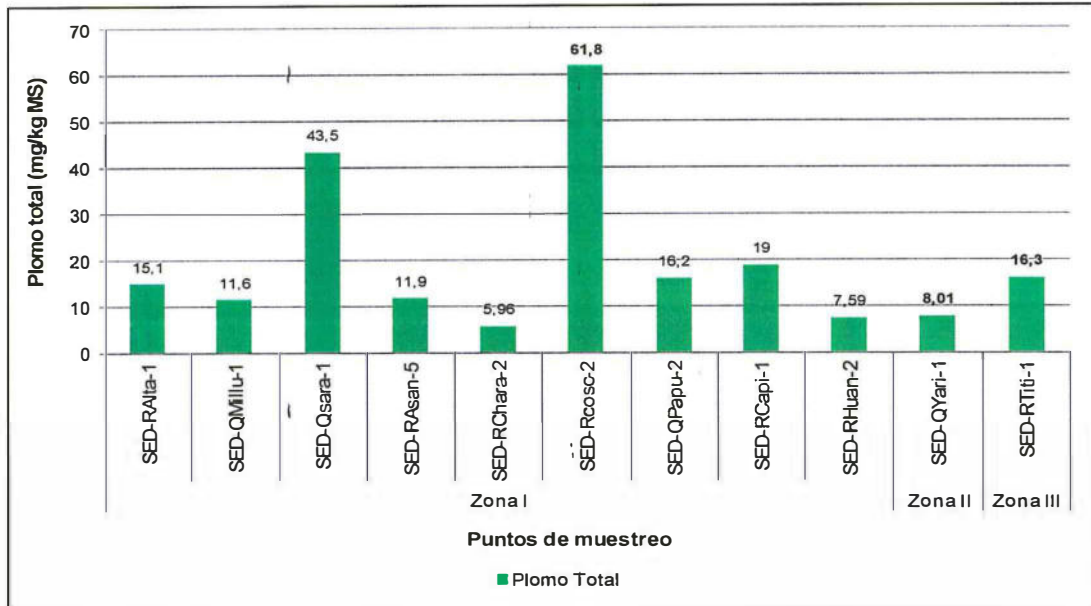


Figura 11-48. Concentraciones de plomo total en las cuatro zonas evaluadas

428. Respecto a la **Zona I**, las concentraciones de plomo total de los puntos SED-RAIta-1, SED-QMillu-1, SED-QSara-1, SED-RASan-5, SED-RChara2, SED-RCosc-2, SED-QPapu-2, SED-RCapi-1 y SED-RHuan-2 fueron de 15,1; 11,6; 43,5; 11,9; 5,96; 61,8 16,2; 19 y 7,59 mg/kg MS respectivamente. Es importante señalar, que la menor concentración encontrada pertenece a uno de los aportantes de la microcuenca principal del río Coscori, el mismo que se encuentra ubicado en el Río Charaque (SED-RChara-2) presentando un valor de 5,96 mg/kg MS. Además se aprecia que en el punto de muestreo SED-RCosc-2 (ubicado en el río Coscori), se encontró la mayor concentración con un valor de 61,8mg/kg MS; el referido punto se encuentra en la parte más baja altitudinalmente de la zona evaluada.



429. Respecto a la **Zona II**, se aprecia que el único punto evaluado en la zona donde se ubicará la presa de relaves fue el SED-QYari-1 (ubicado en la quebrada Yarito) presentando una concentración de 8,01 mg/kg MS.

430. En la **Zona III**, el punto SED-RTiti-1 presentó una concentración de 16,3 mg/kg MS; es importante mencionar que este fue el único punto evaluado en la microcuenca del río Titire.

**e. Zinc total**

431. En la Figura 11-49, se presentan las concentraciones de zinc total en las zonas evaluadas del área de influencia del proyecto minero Quellaveco.

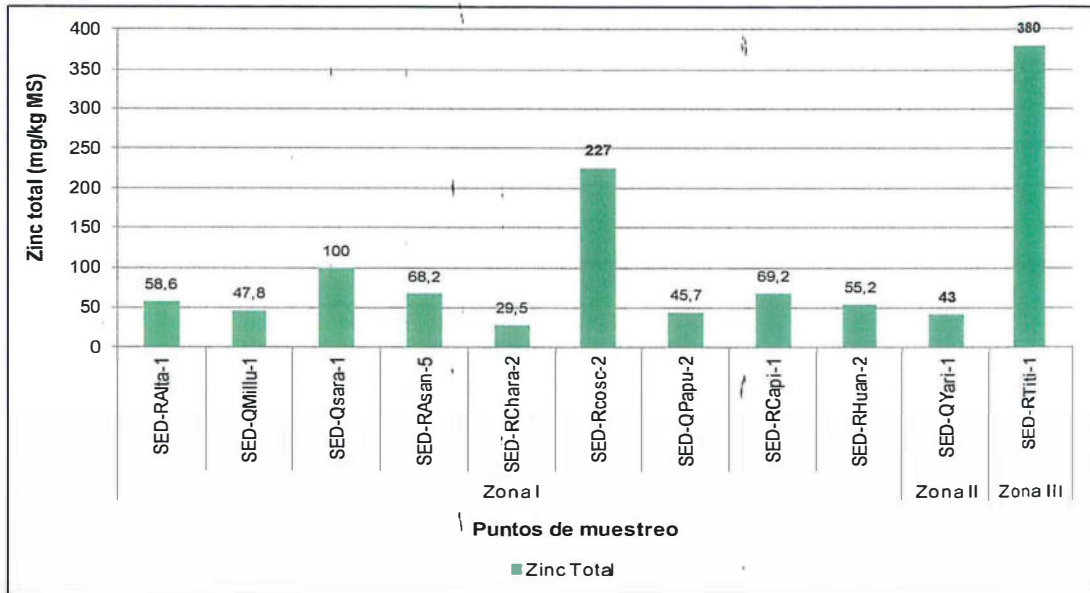


Figura 11-49. Concentraciones de zinc total en las tres zonas evaluadas

432. Respecto a la Zona I, las concentraciones de zinc total de los puntos SED-RAIta-1, SED-QMillu-1, SED-QSara-1, SED-RASan-5, SED-RChara2, SED-RCosc-2, SED-QPapu-2, SED-RCapi-1 y SED-RHuan-2 fueron de 58,6; 47,8; 100; 68,2; 29,5; 227; 45,6; 69,2 y 55,2 mg/kg MS respectivamente. Es importante señalar, que la menor concentración encontrada pertenece a uno de los aportantes de la microcuenca principal del río Coscori, el mismo que se encuentra ubicado en el Río Charaque (SED-RChara-2) presentando un valor de 29,5 mg/kg MS. Además se aprecia que en el punto de muestreo SED-RCosc-2 (ubicado en el río Coscori), se encontró la mayor concentración con un valor de 227 mg/kg MS; el referido punto se encuentra en la parte más baja altitudinalmente de la zona.
433. Respecto a la Zona II se aprecia que el único punto evaluado en la zona donde se ubicará la presa de relaves fue el SED-QYari-1 (ubicado en la quebrada Yarito) presentando una concentración de 43 mg/kg MS.
434. En la Zona III, el punto SED-RTiti-1 presentó una concentración de 380 mg/kg MS; es importante mencionar que este fue el único punto evaluado en la microcuenca del río Titire.

**11.3. Comunidades hidrobiológicas**

435. En el presente apartado se presentan y analizan los resultados de la evaluación de las comunidades hidrobiológicas de las tres cuencas de interés identificadas en el área de influencia del proyecto minero Quellaveco. En la Tabla 11-4 se detallan las comunidades hidrobiológicas evaluadas por punto de muestreo y cuenca.

Tabla 11-4. Comunidades hidrobiológicas evaluadas por punto de muestreo

Punto de muestreo	Muestreo de comunidades hidrobiológicas	
	Identificación taxonómica	
	Perifiton	Macroinvertebrados bentónicos

MONITOREO Y VIGILANCIA  
 4  
 /  
 /  
 /  
 D  
 /  
 /  
 /

Punto de muestreo			Muestreo de comunidades hidrobiológicas	
			Identificación taxonómica	
			Perifiton	Macroinvertebrados bentónicos
1	Cuenca del río Ilo-Moquegua (ZONA I)	HID-RAsan-1	X	X
2		HID-RAlta-1	X	X
3		HID-RAsan-2	X	X
4		HID-QMillu-1	X	X
5		HID-RAsan-3	X	X
6		HID-RAsan-5	X	X
7		HID-RChara-2	X	X
8		HID-RChara-3	X	X
9		HID-RCosc-1	X	X
10		HID-QPapu-2	X	X
11		HID-RCapi-1	X	X
12		HID-RHuan-2	X	X
13		HID-RTumi-1	X	X
14		HID-RTumi-2	X	X
15	Cuenca del río Locumba (ZONA II)	HID-QCort-1	X	X
16		HID-QYari-1	X	X
17	Cuenca del río Tambo (ZONA III)	HID-QS/N	X	X
18		HID-RVila-1	X	X
19		HID-RCala-1	X	X
20		HID-RChil-1	X	X
21		HID-RChil-2	X	X
22		HID-RViz-2	X	X
23	HID-RTiti-1	X	X	
Total de puntos muestreados			23	23



W  
1  
1  
D  
W  
1

436. Como se aprecia en la Tabla 11-4, se colectaron un total de 23 muestras de perifiton y 23 de macroinvertebrados bentónicos distribuidas en las tres cuencas de interés. A continuación, se muestran los resultados de cada comunidad hidrobiológica y la estimación del estado ecológico realizada sobre la base de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos. Se tuvo contemplado realizar el muestreo de peces, sin embargo no fue posible, debido a que los ambientes evaluados no contaron con hábitats disponibles para su captura. Las únicas excepciones fueron los puntos HID-RViz-2, donde se realizaron lances con atarraya y no hubo captura, e HID-RChara2, donde se observaron peces en estadio larvario, probablemente truchas, cuyos pesos y tallas fueron muy pequeños para extraer la cantidad mínima de muestra necesaria para el análisis de concentración de metales en tejido muscular



### 11.3.1. Perifiton

437. Teniendo como base los resultados del informe de ensayo, el análisis de esta comunidad fue realizado por separado para cada uno de sus dos componentes: i) ficoperifiton o perifiton vegetal y ii) zooperifiton o perifiton animal. Estos resultados son presentados en el Anexo D4.

#### 11.3.1.1 Ficoperifiton

##### a. Composición y riqueza

438. Fueron encontrados un total de 151 taxa de ficoperifiton, distribuidos en 23 puntos de muestreo. Estos organismos pertenecieron a los phyla Bacillariophyta, Cyanobacteria, Charophyta, Chlorophyta, Euglenozoa, Cryptophyta y Ochrophyta. La riqueza varió entre 8 y 37 taxa, perteneciendo el menor valor al punto HID-QMillu-1 (quebrada Millune) en la cuenca del río Ilo-Moquegua (Zona I) y el mayor valor al punto HID-RCala-1 (río Calasaya) en la cuenca del río Tambo (Zona III). En todos los puntos de muestreo el phylum Bacillariophyta fue el más representativo (Ver Figura 11-50).

##### - Cuenca del río Ilo-Moquegua (Zona I)

439. Fueron encontrados un total de 98 taxa de ficoperifiton, distribuidos en catorce puntos de muestreo. Se observó que la mayor riqueza correspondió al punto HID-QPapu-2 (quebrada Papujune), representado por 33 taxa, mientras que la menor riqueza al punto HID-QMillu-1 (quebrada Millune), representado por 8 taxa. En todos los puntos de muestreo el phylum Bacillariophyta presentó el mayor número de taxa, seguido por los phyla Cyanobacteria, Charophyta, Chlorophyta, Euglenozoa y Ochrophyta (Ver Figura 11-50).

##### - Cuenca del río Locumba (Zona II)

440. Fueron encontrados un total de 33 taxa de ficoperifiton, distribuidos en dos puntos de muestreo. Se observó que la mayor riqueza correspondió al punto HID-QYari-1 (quebrada Yarito), representado por 21 taxa, mientras que la menor riqueza al punto HID-QCort-1 (quebrada Cortadera), representado por 18 taxa. En ambos puntos de muestreo el phylum Bacillariophyta alcanzó la mayor riqueza, seguido por Chlorophyta, Cyanobacteria, Charophyta y Ochrophyta (Ver Figura 11-50).

##### - Cuenca del río Tambo (Zona III)

441. Fueron encontrados un total de 104 taxa de ficoperifiton, distribuidos en siete puntos de muestreo. Se observó que la mayor riqueza correspondió al punto HID-RCala-1 (río Calasaya), representado por 37 taxa, mientras que la menor riqueza al punto HID-RVila-1 (quebrada Vilaje), representado por 12 taxa. En todos los puntos de muestreo el phylum Bacillariophyta presentó el mayor número de taxa, seguido por los phyla Cyanobacteria, Charophyta y Chlorophyta (Ver Figura 11-50).



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

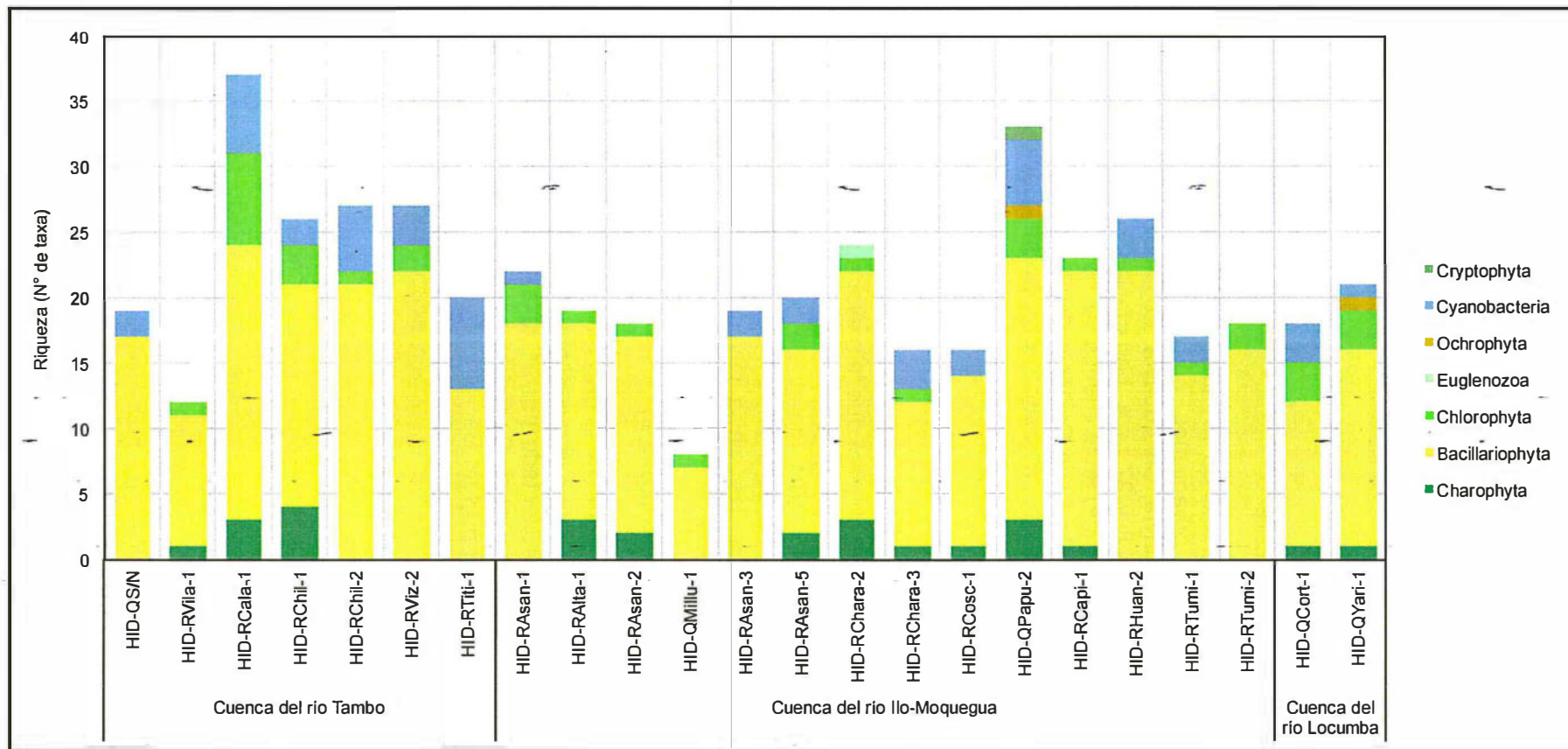


Figura 11-50. Composición y riqueza de ficoperifiton en el área de influencia del proyecto minero Quellaveco





**b. Abundancia**

442. Fueron encontrados un total de 677 653 organismos del ficoperifiton, distribuidos en 23 puntos de muestreo. La abundancia varió entre 5680 y 49 333 organismos, perteneciendo el menor valor al punto HID-QMillu-1 (quebrada Millune) y el mayor al punto HID-RChara-2 (río Charaque), ubicándose ambos puntos en la cuenca del río Ilo-Moquegua. En todos los puntos de muestreo el phylum Bacillariophyta presentó la mayor abundancia (Ver Figura 11-51).

**- Cuenca del río Ilo-Moquegua (Zona I)**

443. Fueron encontrados un total de 449 120 organismos, distribuidos en 14 puntos de muestreo. Se observó que la mayor abundancia correspondió al punto HID-RChara-2 (río Charaque), representado por 49 333 organismos, mientras que la menor abundancia al punto HID-QMillu-1 (quebrada Millune), representado por 5680 organismos. En todos los puntos de muestreo, Bacillariophyta fue el phylum dominante, seguido por Cyanobacteria, Charophyta, Chlorophyta, Euglenozoa y Ochrophyta (Ver Figura 11-51).

**- Cuenca del río Locumba (Zona II)**

444. Fueron encontrados un total de 54 427 organismos, distribuidos en 2 puntos de muestreo. Se observó que la mayor abundancia correspondió al punto HID-QYari-1 (quebrada Yarito), representado por 31 040 organismos, mientras que la menor abundancia al punto HID-QCort-1 (quebrada Cortadera), representado por 23 387 organismos. En todos los puntos de muestreo Bacillariophyta fue el phylum dominante; seguido por Cyanobacteria, Chlorophyta, Charophyta y Ochrophyta (Ver Figura 11-51).

**- Cuenca del río Tambo (Zona III)**

445. Fueron encontrados un total de 174 107 organismos, distribuidos en 7 puntos de muestreo. Se observó que la mayor abundancia correspondió al punto HID-RCala-1 (río Calasaya), representado por 38 773 organismos, mientras que la menor abundancia al punto HID-RTiti-1 (río Titire), representado por 16 267 organismos. En todos los puntos de muestreo, Bacillariophyta fue el phylum dominante, seguido por Cyanobacteria, Chlorophyta y Charophyta (Ver Figura 11-51).



Handwritten signature and initials in blue ink.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

Handwritten vertical text: 4-1-1-1-1

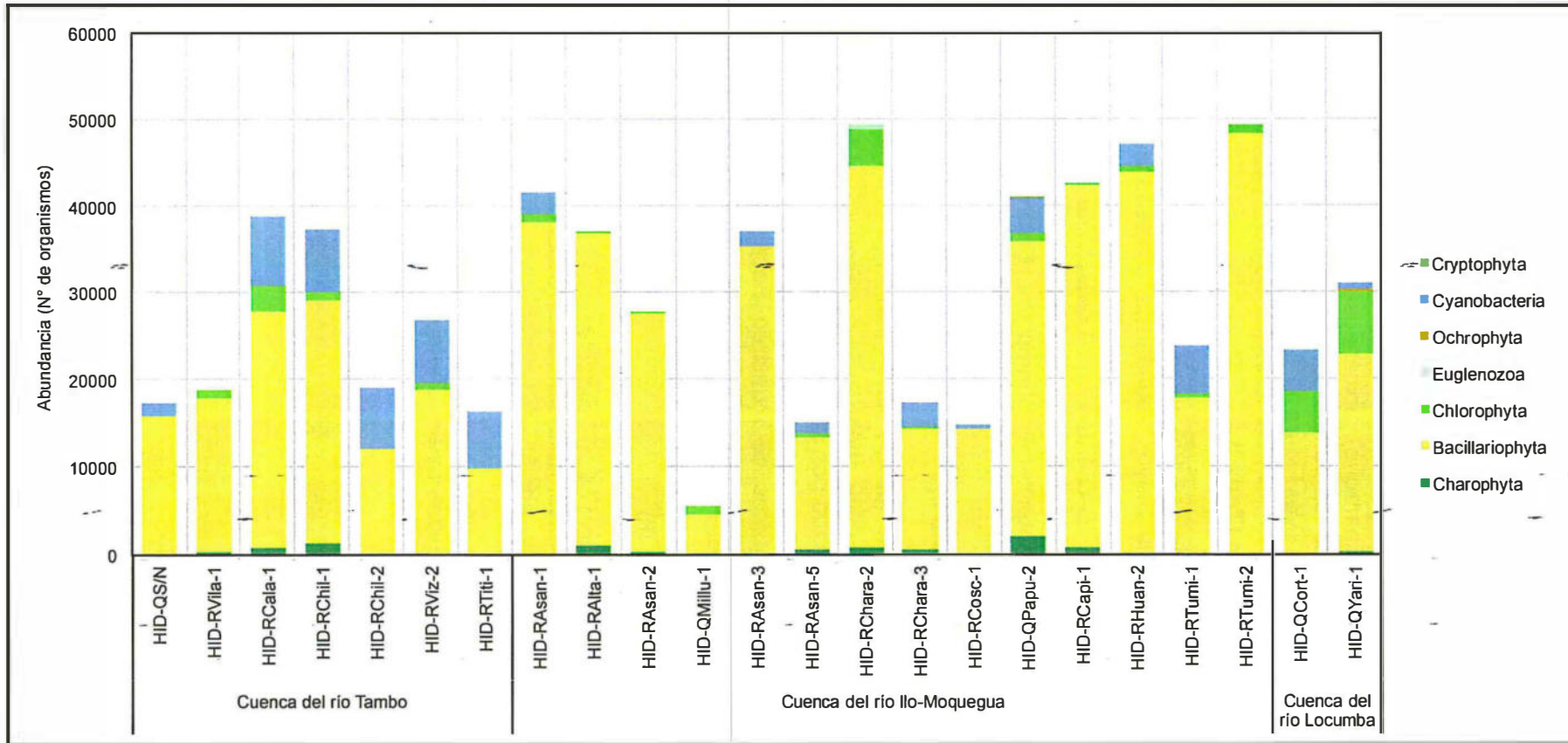


Figura 11-51. Abundancia de ficoperifiton en el área de influencia del proyecto minero Quellaveco

**c. Diversidad alfa**

446. En la Figura 11-52 se presentan los valores de los índices de diversidad alfa del fycoprifiton en el área de evaluación. Los mayores valores pertenecieron a la cuenca del río Tambo, específicamente a la parte baja de la cuenca.

**- Cuenca del río Ilo-Moquegua (Zona I)**

447. Con respecto al índice N1, el mayor valor se presentó en el punto HID-RHuan-2 (río Huancanane), mientras que el menor valor en el punto HID-QMillu-1 (quebrada Millune). Con respecto al índice N2, el mayor valor se presentó en el punto HID-RChara-2 (río Charaque), mientras que el menor valor en el punto HID-QMillu-1 (quebrada Millune). Con respecto al índice J', el mayor valor se presentó en el punto HID-RChara-3 (río Charaque), mientras que el menor valor en el punto HID-QPapu-2 (quebrada Papujune). De acuerdo con estos resultados, los puntos ubicados en el río Huancanane y su afluentes son los que presentaron los indicadores más altos de diversidad (Ver Figura 11-52).

**- Cuenca del río Locumba (Zona II)**

448. Con respecto a los índices N1, N2 y J', los mayores valores se presentaron en el punto HID-QCort-1 (quebrada Cortadera), mientras que los menores valores en el punto HID-QYari-1 (quebrada Yarito). De acuerdo con estos resultados, los puntos ubicados en esta cuenca son los que presentaron los indicadores más bajos de diversidad a nivel de cuencas (Ver Figura 11-52).

**- Cuenca del río Tambo (Zona III)**

449. Con respecto al índice N1, el mayor valor se presentó en el punto HID-RCala-1 (río Calasaya), mientras que el menor valor en el punto HID-RVila-1 (quebrada Vilaje). Con respecto al índice N2, el mayor valor se presentó en el punto HID-RViz-2 (río Vizcacha), mientras que el menor valor en el punto HID-RVila-1 (quebrada Vilaje). Con respecto al índice J', el mayor valor se presentó en el punto HID-RTiti-1 (río Titire), mientras que el menor valor en el punto HID-RVila-1 (quebrada Vilaje). De acuerdo con estos resultados, los puntos ubicados en la parte más baja de la cuenca son los que presentaron los indicadores más altos de diversidad (Ver Figura 11-52).



uf  
1  
1  
D  
my  
1

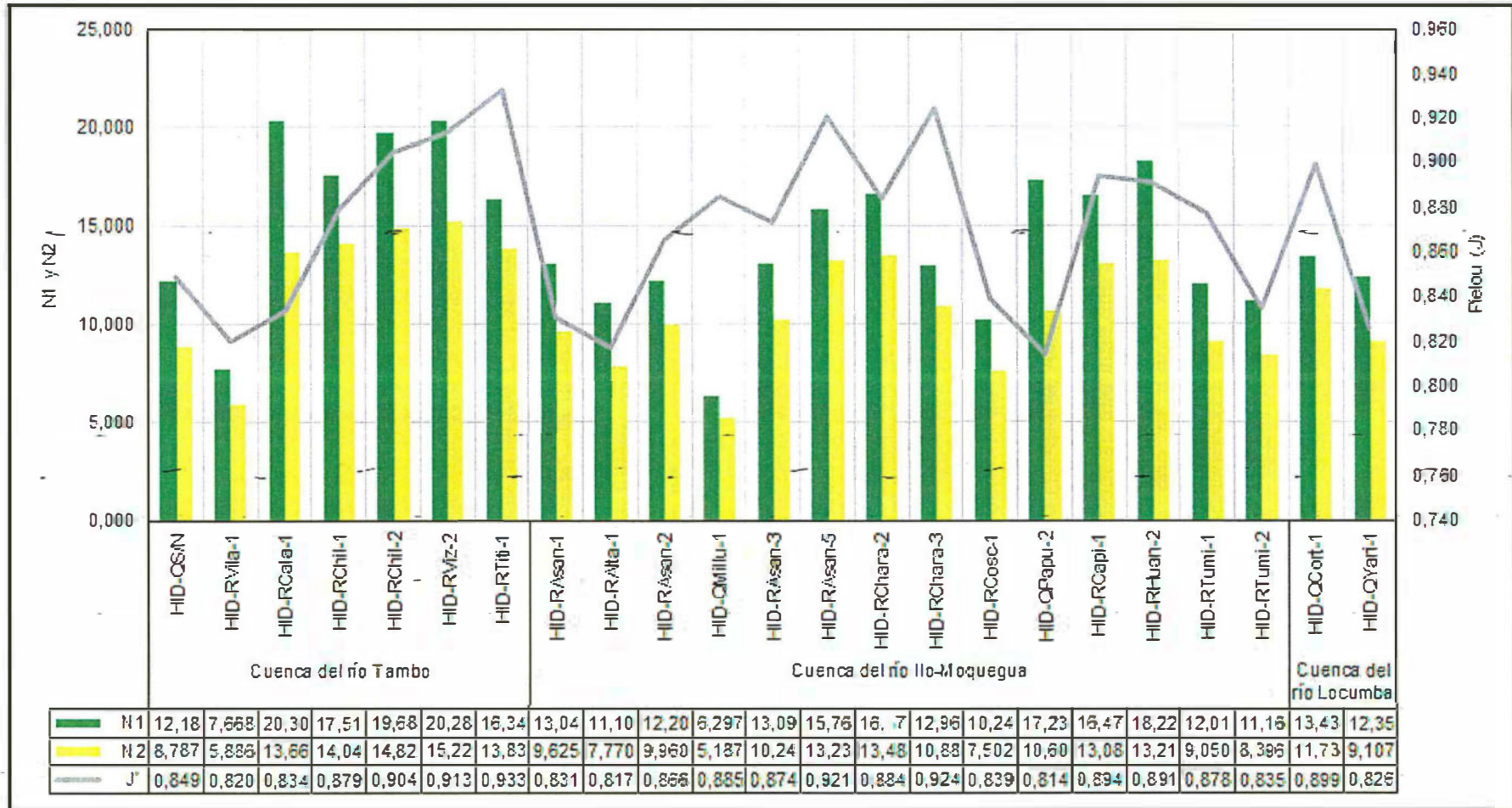


Figura 11-52. Índices de diversidad alfa del ficoperifiton en el área de influencia del proyecto minero Quellaveco



Handwritten signature and the number '4'.

#### d. Diversidad beta

450. En la Figura 11-53 se presenta el dendrograma de similitud del ficoperifiton calculado mediante el índice de Bray Curtis. Se aprecia que los puntos HID-QMillu-1, HID-RVila-1 e HID-RTiti-1 son los que tienen una menor similitud (<25%) con los puntos de muestreo restantes, por lo cual quedaron al margen de los siguientes agrupamientos. Al 25% de similitud, se puede observar que los puntos de muestreo pertenecientes a la cuenca del río Tambo (Zona III) se encuentran a la izquierda (en letras negras), los que pertenecen a la cuenca del río Ilo-Moquegua (Zona I) en el centro (en letras rojas) y los que pertenecen a la cuenca del río Locumba (Zona II) a la derecha (en letras azules). También se puede notar a este nivel que las comunidades de perifiton de las cuencas de los ríos Tambo (Zona III) e Ilo-Moquegua (Zona I) son más afines entre sí, con respecto a la cuenca del río Locumba, pese a que las dos primeras presentan una importante diferencia en términos de altitud.

#### e. Análisis de Correspondencia Canónica (ACC)

451. En esta sección se presenta el análisis de correspondencia canónica de los principales parámetros de calidad de agua y de las abundancias de los taxa de ficoperifiton. Los parámetros de calidad de agua elegidos para el análisis fueron pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, temperatura y metales (aluminio, calcio, hierro y magnesio totales), el resto de parámetros fueron excluidos por presentar valores inferiores al límite de cuantificación del respectivo método de laboratorio. No se consideraron para el análisis las especies raras ni las estaciones RTiti-1 y QMillu-1 por tener valores atípicos de algunos parámetros fisicoquímicos.
452. Los tres primeros ejes canónicos extraídos representaron un porcentaje de variabilidad mayor al 50,00 % de la comunidad de perifiton (Tabla 11-5). El primer eje canónico explicó el 19,87 % de la variabilidad y la correlación positiva más fuerte fue con la temperatura, y las negativas con el oxígeno disuelto y el aluminio total (Tabla 11-6). El segundo eje canónico explicó el 17,00 % de la variabilidad y las correlaciones positivas más fuertes fueron con la conductividad eléctrica, el calcio total y el magnesio total, y las negativas con la altitud y el hierro total (Tabla 11-5 y 11-6). El tercer eje canónico explicó el 15,62 % de la variabilidad pero presentó correlaciones más débiles, en ningún caso mayor a 0,5 como valor absoluto (Tabla 11-5 y 11-6).

La distribución de los puntos de muestreo en la Figura 11-54 muestra a la gran mayoría de puntos de la cuenca del río Ilo-Moquegua (Zona I, en color rojo) en el lado izquierdo; a los puntos de la cuenca del río Tambo, en la parte inferior derecha (Zona III en color negro); y a los puntos de la cuenca del río Locumba (Zona II en color azul), en la parte superior derecha. Así, la distribución de los puntos de la **cuenca del río Ilo-Moquegua (Zona I)** ha sido influenciada principalmente por bajos valores de temperatura y altas concentraciones de oxígeno disuelto y aluminio total; los de la **cuenca del río Tambo (Zona III)** por tener una mayor altitud y mayores concentraciones de hierro; y los de la **cuenca del río Locumba (Zona II)** por mostrar valores altos de conductividad eléctrica y temperatura.



1  
1  
1  
1  
1





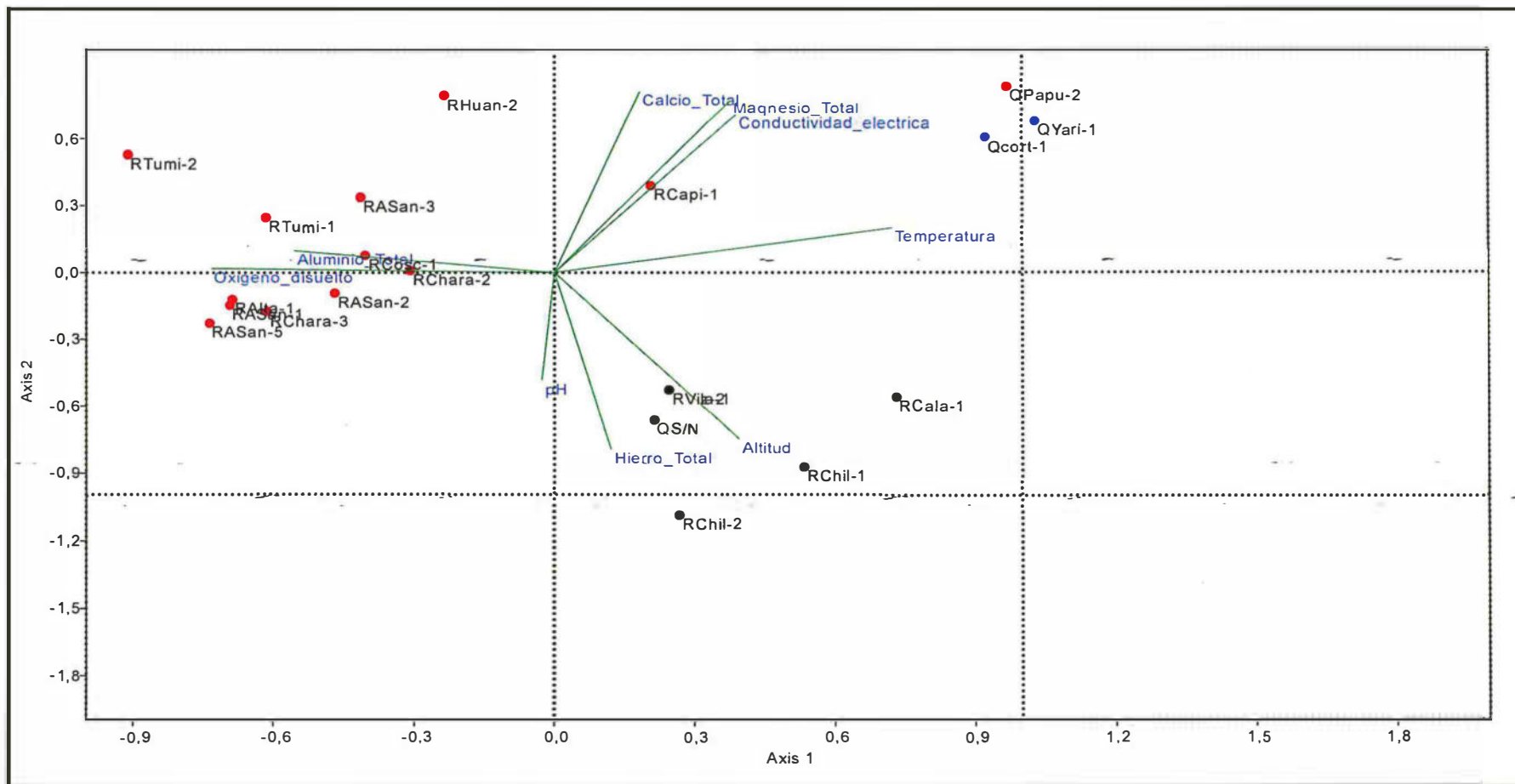
Tabla 11-5. Valores propios y porcentajes de variancia por ejes del ACC.

Eje	Valor propio	% varianza
1	0,361	19,87
2	0,309	17,00
3	0,284	15,62
4	0,217	11,98
5	0,210	11,54

Tabla 11-6. Correlaciones de los parámetros de calidad de agua con los primeros ejes extraídos

Parámetros	Ejes				
	1	2	3	4	5
Altitud	0,395	-0,747	-0,169	-0,020	0,078
pH	-0,027	-0,484	0,402	0,403	-0,357
Oxígeno disuelto	-0,734	0,019	0,469	0,184	0,357
Temperatura	0,723	0,198	0,271	0,443	-0,216
Conductividad eléctrica	0,388	0,708	0,090	0,060	-0,377
Aluminio total	-0,556	0,099	0,045	-0,124	0,014
Calcio total	0,183	0,816	-0,038	0,066	-0,365
Hierro total	0,122	-0,796	0,173	-0,135	0,017
Magnesio total	0,377	0,775	-0,109	0,143	-0,244

P  
1  
1  
P  
99  
1



Legenda: i) puntos en color rojo, cuenca del río Ilo - Moquegua - Zona I; ii) puntos en color azul, cuenca del río Locumba - Zona II; iii) puntos en color negro, cuenca del río Tambo - Zona III.

Figura 11-54. Representación de los resultados del ACC mostrando la ubicación de los puntos de muestreo con respecto a los parámetros de calidad de agua



Handwritten signature and date: 11/1/2011



### 11.3.1.2 Zooperifiton

#### a. Composición y riqueza

453. Fueron encontrados un total de ocho taxa de zooperifiton, distribuidos en ocho puntos de muestreo. Estos organismos pertenecieron a los phyla Rotífera, Nematoda, Amoebozoa y Cercozoa. Cabe decir que organismos del zooperifiton no fueron encontrados en todos los puntos, especialmente en ninguno de la cuenca del río Locumba (Zona II). En las dos cuencas donde se encontró zooperifiton, los valores de riqueza fueron muy bajos, sin superar 4 taxa en ningún caso (Ver Figura 11-55).

#### - Cuenca del río Ilo-Moquegua (Zona I)

454. Fueron encontrados cinco taxa de zooperifiton, distribuidos en cinco puntos de muestreo. Se observó que la mayor riqueza correspondió al punto HID- QPapu-2 (quebrada Papujune), representado por 4 taxa, mientras que la menor riqueza a los puntos HID-RAsan-2 (río Asana) e HID-RChara-3 (río Charaque), ambos representados por 1 taxa. Estos resultados evidencian la escasa representatividad del zooperifiton en esta cuenca (Ver Figura 11-55).

#### - Cuenca del río Locumba (Zona II)

455. No se encontraron organismos del zooperifiton (Ver Figura 11-55).

#### - Cuenca del río Tambo (Zona III)

456. Fueron encontrados seis taxa de zooperifiton, distribuidos en tres puntos de muestreo. Se observó que la mayor riqueza correspondió al punto HID- RChil-1 (río Chilota), representado por 4 taxa, mientras que la menor riqueza a los puntos HID-RCala-1 (río Calasaya) e HID-RViz-2 (río Vizcacha), ambos representados por 2 taxa. Estos resultados evidencian la escasa representatividad del zooperifiton en esta cuenca (Ver Figura 11-55).

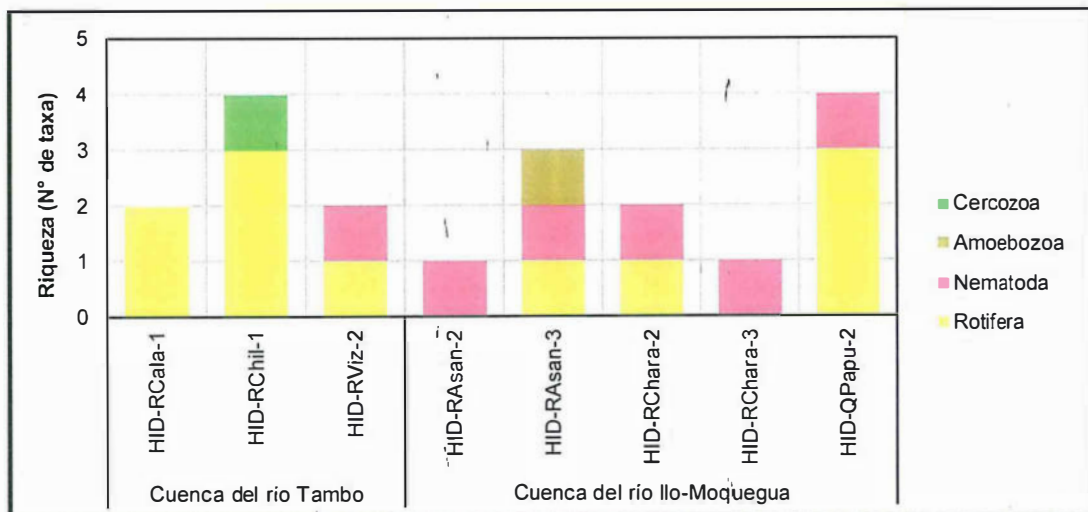


Figura 11-55. Composición y riqueza de zooperifiton en el área de influencia del proyecto minero Quellaveco

**b. Abundancia**

457. Fueron encontrados un total de 152 organismos de zooperifiton, distribuidos en ocho puntos de muestreo. En las dos cuencas donde se encontraron, los mayores valores de abundancia se encontraron en HID-RChil-1 (río Chilota) para la cuenca del río Tambo (Zona III) e HID-QPapu-2 (quebrada Papujune) para la cuenca del río Ilo-Moquegua (Zona I) (Ver Figura 11-56).

**- Cuenca del río Ilo-Moquegua**

458. Fueron encontrados 88 organismos, distribuidos en cinco puntos de muestreo. Se observó que la mayor abundancia correspondió al punto HID-QPapu-2 (quebrada Papujune), representado por 44 organismos, mientras que la menor abundancia al punto HID-RChara-3 (río Charaque), representado por 8 organismos. Estos resultados evidencian la escasa cantidad de organismos del zooperifiton en esta cuenca (Ver Figura 11-56).

**- Cuenca del río Locumba**

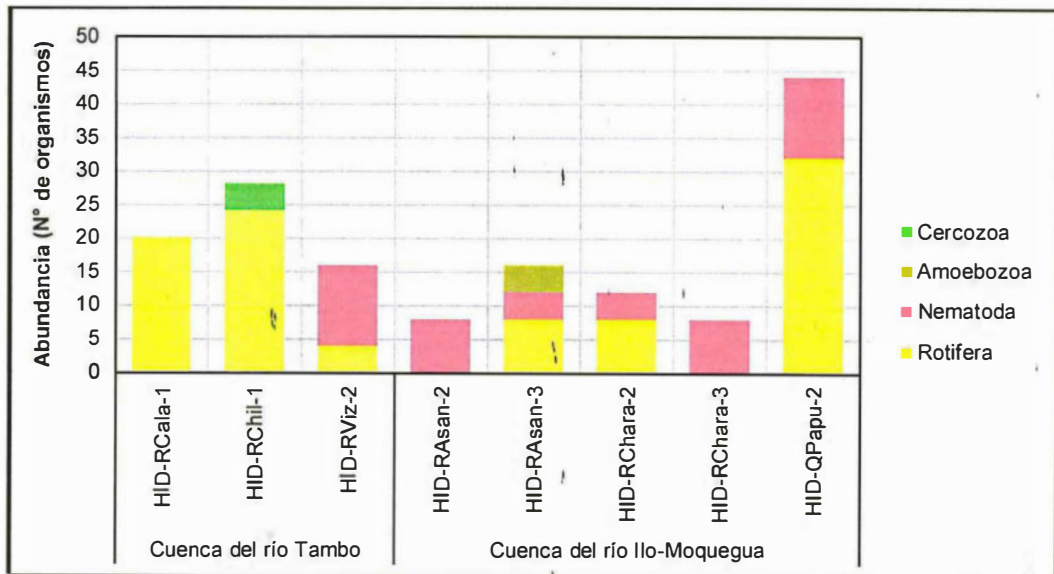
459. No se encontraron organismos del zooperifiton (Ver Figura 11-56).

**- Cuenca del río Tambo**

460. Fueron encontrados 64 organismos, distribuidos en tres puntos de muestreo. Se observó que la mayor abundancia correspondió al punto HID-RChil-1 (río Chilota), representado por 28 organismos, mientras que la menor abundancia al punto HID-RViz-2 (río Vizcacha), representado por 16 organismos. Estos resultados evidencian la escasa cantidad de organismos del zooperifiton en esta cuenca (Ver Figura 11-56).



*Handwritten signature and scribbles.*



**Figura 11-56.** Abundancia de zooperifiton en el área de influencia del proyecto minero Quellaveco

**c. Diversidad alfa**

461. En la Figura 11-57 se presentan los valores de los índices de diversidad alfa del zooperifiton en el área de evaluación. En general, la diversidad fue baja en todos los puntos y su variación corresponde con lo observado en riqueza y abundancia. Con respecto a los índices N1, N2 y J', el mayor valor se presentó en el punto HID-RChil-1 (río Chilota), mientras que el menor valor en los puntos HID-RAsan-2 (río Asana) e HID-RChara-3 (río Charaque). En estos dos últimos puntos, el menor valor registrado se debe a que en ellos solo se encontró un taxón.

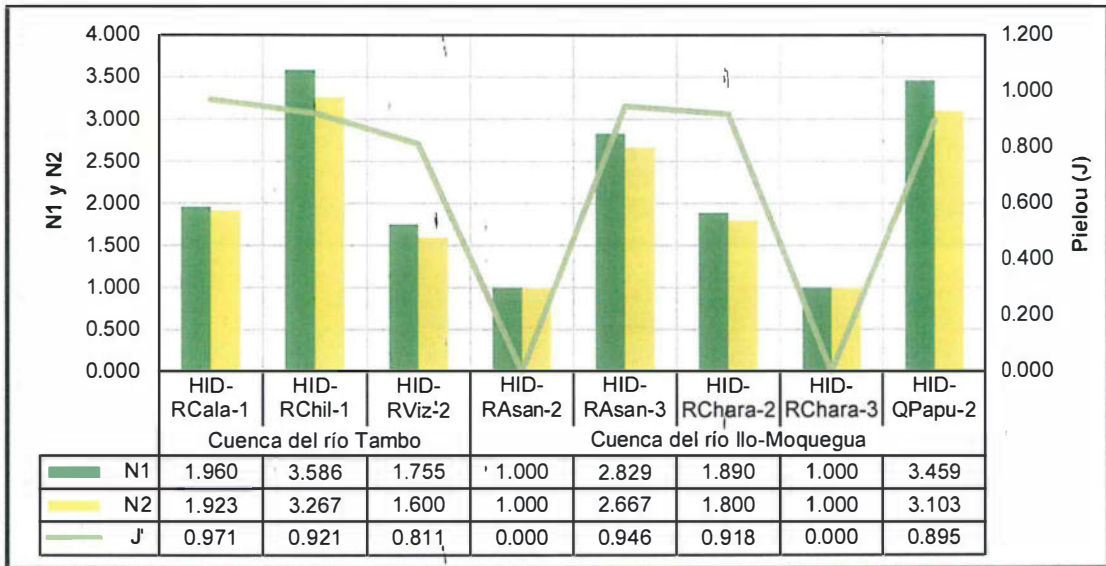


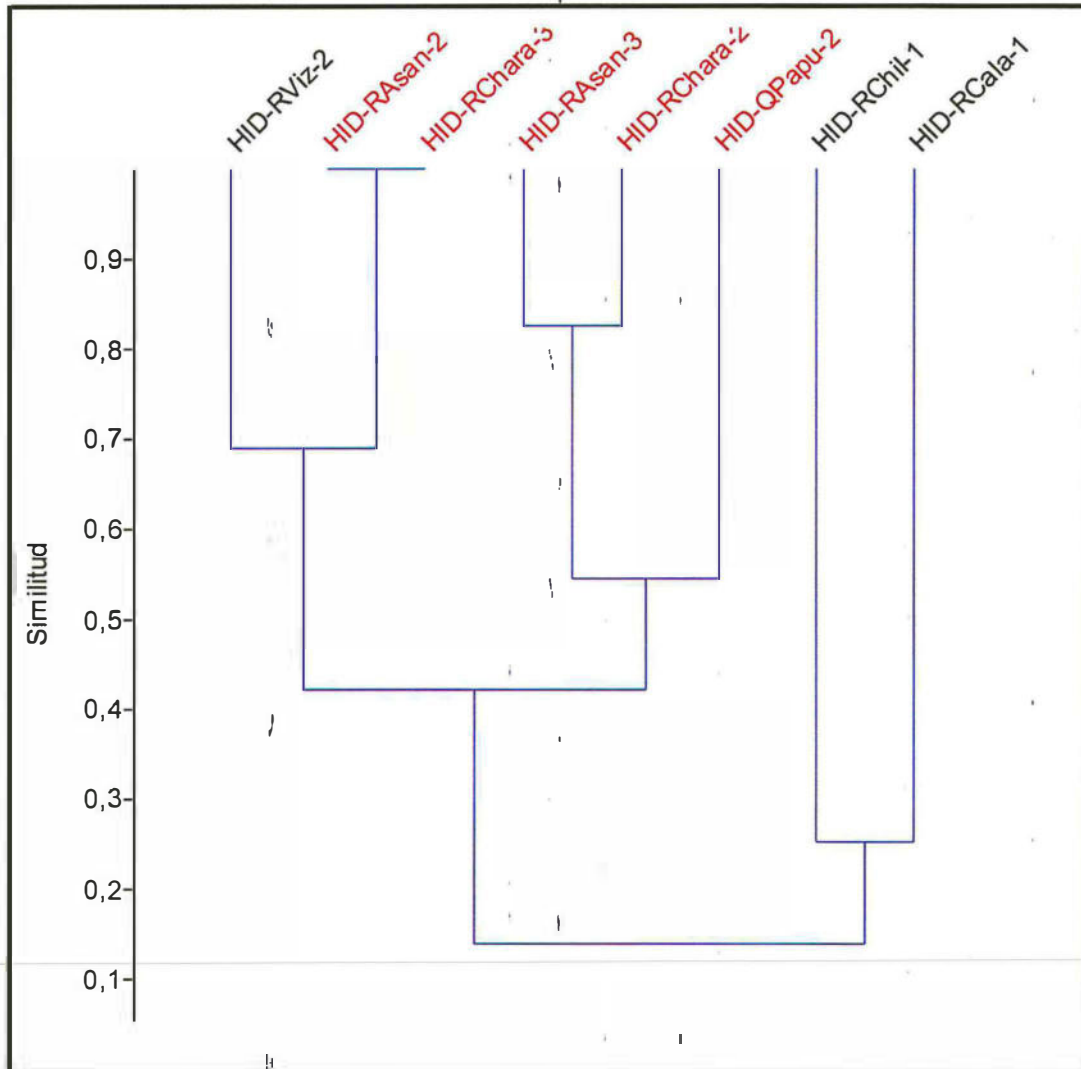
Figura 11-57. Índices de diversidad alfa del zooperifiton en el área de influencia del proyecto minero Quellaveco

**d. Diversidad beta**

462. En la Figura 11-58 se presenta el dendrograma de similitud del zooperifiton calculado mediante el índice de Bray Curtis. Se aprecia la formación de dos grandes grupos a un 25 % de similitud. El primero, estuvo conformado por todos los puntos ubicados en la cuenca del río Ilo-Moquegua (**Zona I**) e HID-RViz-2 (río Vizcacha) perteneciente a la cuenca del río Tambo (**Zona III**), con un porcentaje de similitud de 42%; el segundo, por los puntos restantes de la cuenca del río Tambo (**Zona III**) con un porcentaje de similitud de 25%. Estos resultados reflejan una baja a moderada asociación dentro de cada cuenca.



Handwritten notes and signatures in blue ink on the left margin.



Legenda: i) letras en color rojo, cuenca del río Ilo - Moquegua (Zona I); ii) letras en color negro, cuenca del río Tambo (Zona III)

**Figura 11-58.** Dendrograma de similitud del zooperifiton en el área de influencia del proyecto minero Quellaveco

### 11.3.2. Macroinvertebrados bentónicos

#### a. Composición y riqueza

463. Fueron encontrados un total de 49 taxa de macroinvertebrados bentónicos, distribuidos en 23 puntos de muestreo. Estos organismos pertenecieron a los órdenes Díptera, Coleóptera, Heteróptera, Odonata, Ephemeroptera, Plecóptera, Trichoptera, y "no insectos". La riqueza varió entre 2 y 15 taxa, perteneciendo el menor valor al punto HID-QMillu-1 (quebrada Millune) en la cuenca del río Ilo-Moquegua (**Zona I**) y el mayor al punto HID-RAsan-1 (río Asana) en la cuenca del río Tambo (**Zona III**). En las cuencas de los ríos Ilo-Moquegua (Zona I) y Locumba (Zona II) la mayoría de taxa correspondieron al orden Díptera, en cambio, en la cuenca del río Tambo (Zona III) la composición fue más heterogénea en cuanto a órdenes de insectos (Ver Figura 11-59).

**- Cuenca del río Ilo-Moquegua (Zona I)**

464. Fueron encontrados 38 taxa de macroinvertebrados bentónicos, distribuidos en catorce puntos de muestreo. Se observó que la mayor riqueza correspondió al punto HID-RAsan-1 (río Asana), representado por 15 taxa, mientras que la menor riqueza al punto HID-QMillu-1 (quebrada Millune), representado por 2 taxa. También se observó que el orden Díptera presentó el 50 % o más de la riqueza de cada punto de muestreo, en cambio, los otros órdenes tuvieron una contribución menor (Ver Figura 11-59).

**- Cuenca del río Locumba (Zona II)**

465. Fueron encontrados 13 taxa de macroinvertebrados bentónicos, distribuidos en dos puntos de muestreo. Se observó que la mayor riqueza correspondió al punto HID-QYari-1 (quebrada Yarito), representado por 11 taxa, mientras que la menor riqueza al punto HID-QCort-1 (quebrada Cortadera), representado por 8 taxa. En lo relacionado a la composición de especies, se observó que el orden Díptera constituyó más 60% de la riqueza registrada en ambos puntos de muestreo (Ver Figura 11-59).

**- Cuenca del río Tambo\_(Zona III)**

466. Fueron encontrados 29 taxa de macroinvertebrados bentónicos, distribuidos en siete puntos de muestreo. Se observó que la mayor riqueza correspondió al punto HID-RCala-1 (río Calasaya), representado por 12 taxa, mientras que la menor riqueza al punto HID-QS/N (quebrada sin nombre), representado por 8 taxa. También se observó que los órdenes Ephemeroptera, Coleóptera y Díptera constituyeron juntos el 50% o más de la riqueza registrada en cada punto de muestreo (Ver Figura 11-59).



11/1/14  
1

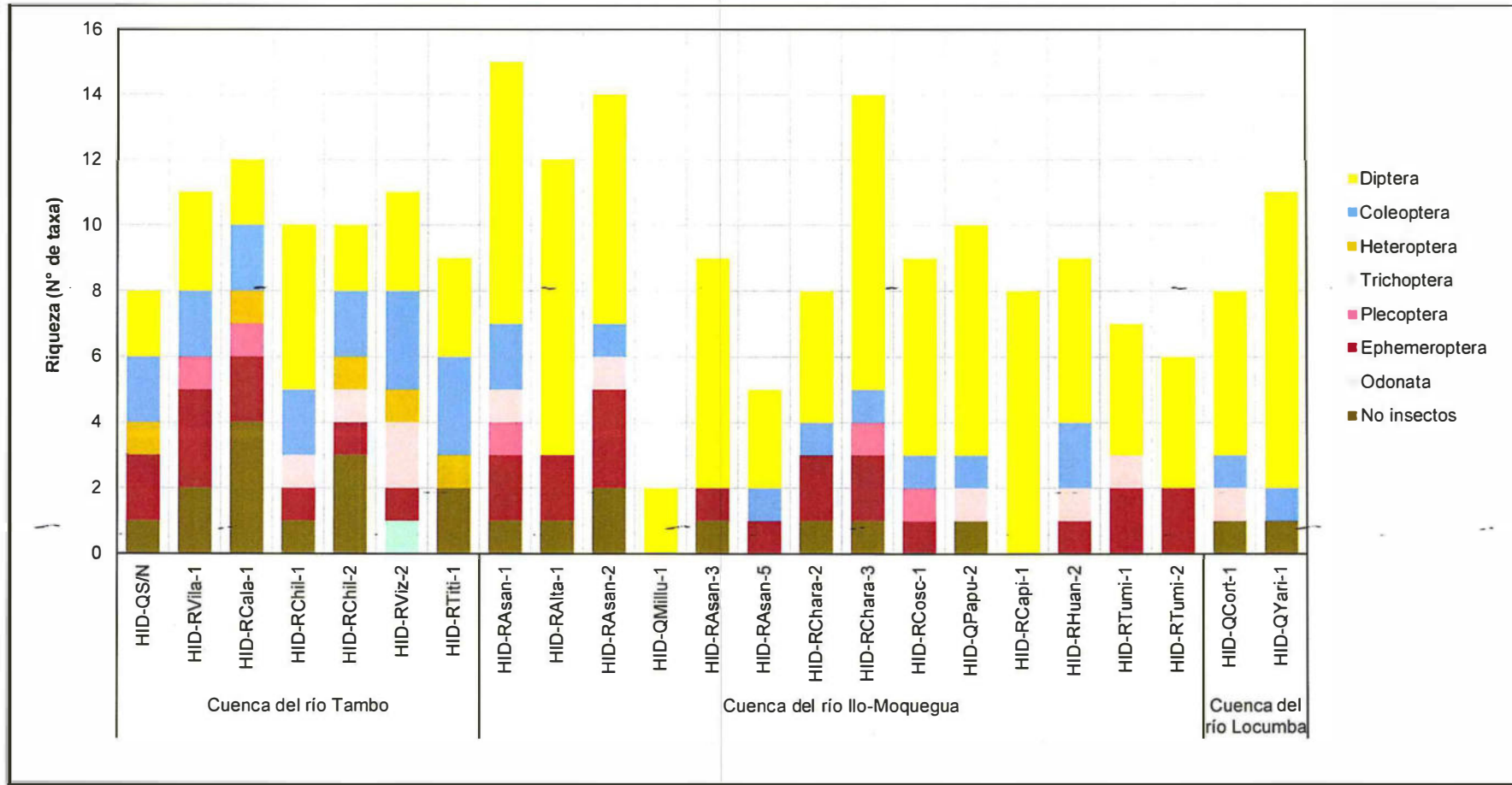


Figura 11-59. Composición y riqueza de macroinvertebrados bentónicos en el área de influencia del proyecto minero Quellaveco



1  
1  
1  
D  
E4  
1

**b. Abundancia**

467. Fueron encontrados un total de 13 070 organismos, distribuidos en un total de 23 puntos de muestreo. En las tres cuencas se observaron cambios abruptos de abundancia entre puntos de muestreo, siendo estos cambios más notables en la cuenca del río Ilo-Moquegua (**Zona I**). En las cuencas de los ríos Ilo-Moquegua (**Zona I**) y Locumba (**Zona II**), la mayor parte de la abundancia correspondió a los órdenes Díptera y, en mucho menor proporción a Ephemeroptera; sin embargo, en la cuenca del río Tambo (**Zona III**), la abundancia fue más heterogénea, encontrándose una codominancia de los órdenes Ephemeroptera, Díptera, Coleóptera y "no insectos" (Ver Figura 11-60).

**- Cuenca del río Ilo-Moquegua (Zona I)**

468. Fueron encontrados un total de 8669 organismos, distribuidos en catorce puntos de muestreo. Se observó que la mayor abundancia correspondió al punto HID-RAsan-1 (río Asana), representado por 1887 organismos, mientras que la menor abundancia al punto HID-RCapi-1 (río Capillune), representado por 65 organismos. En esta cuenca se encontró que los puntos ubicados a lo largo del río Asana (HID-RAsan-1, HID-RAsan-2, HID-RAsan-3 y HID-RAsan-5) presentaron una reducción de su abundancia en dirección río abajo, en cambio, sus tributarios (HID-RAlta-1, HID-QMillu-1, HID-RChara-2 y HID-RChara-3) presentaron mucha variación; así también, se encontró un incremento de abundancia río abajo en la red hídrica del río Huancanane, en el tramo comprendido entre los puntos HID-RCapi-1 (río Capillune) y HID-RTumi-2 (río Tumulaca). En todos los puntos de muestreo estuvo representado el orden Díptera, siendo este el más abundante en todos ellos, a excepción de RAsan-5, HID-RCosc-1, HID-RTumi-1 y HID-RTumi-2, en los cuales Ephemeroptera fue el más abundante (Ver Figura 11-60).

**- Cuenca del río Locumba (Zona II)**

469. Fueron encontrados un total de 878 organismos, distribuidos en 2 puntos de muestreo. Se observó que la mayor abundancia correspondió al punto HID-QYari-1 (quebrada Yarito), representado por 825 organismos, mientras que la menor abundancia al punto HID-QCort-1 (quebrada Cortadera), representado por 53 organismos. En ambos puntos de muestreo estuvieron representados los órdenes Coleóptera y Díptera, siendo este último el más abundante por amplio margen (Ver Figura 11-60).

**- Cuenca del río Tambo (Zona III)**

470. Fueron encontrados un total de 3523 organismos, distribuidos en 7 puntos de muestreo. Se observó que la mayor abundancia correspondió al punto HID-QS/N (quebrada sin nombre), representado por 822 organismos, mientras que la menor abundancia al punto HID-RTiti-1 (río Titire), representado por 26 organismos. En esta cuenca se encontró que los puntos ubicados en las partes más altas mostraron mayores valores de abundancia que los ubicados en las partes más bajas. En todos los puntos de muestreo estuvo representado el orden Coleóptera, no obstante, este no fue el más abundante en ninguno de ellos (Ver Figura 11-60).

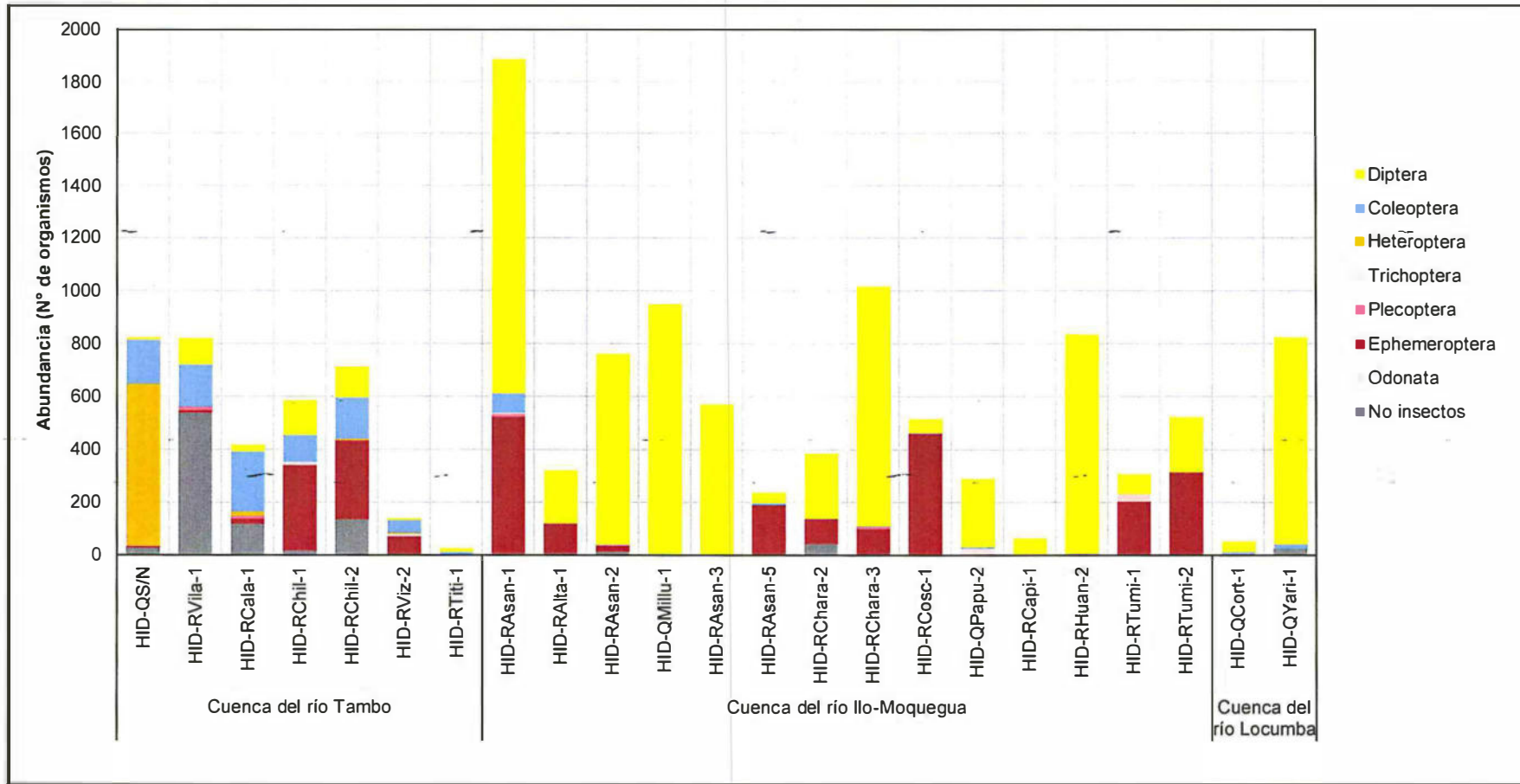


Figura 11-60. Abundancia de macroinvertebrados bentónicos en el área de influencia del proyecto minero Quellaveco



pp  
 1  
 D  
 24  
 1







*Handwritten signature in blue ink.*

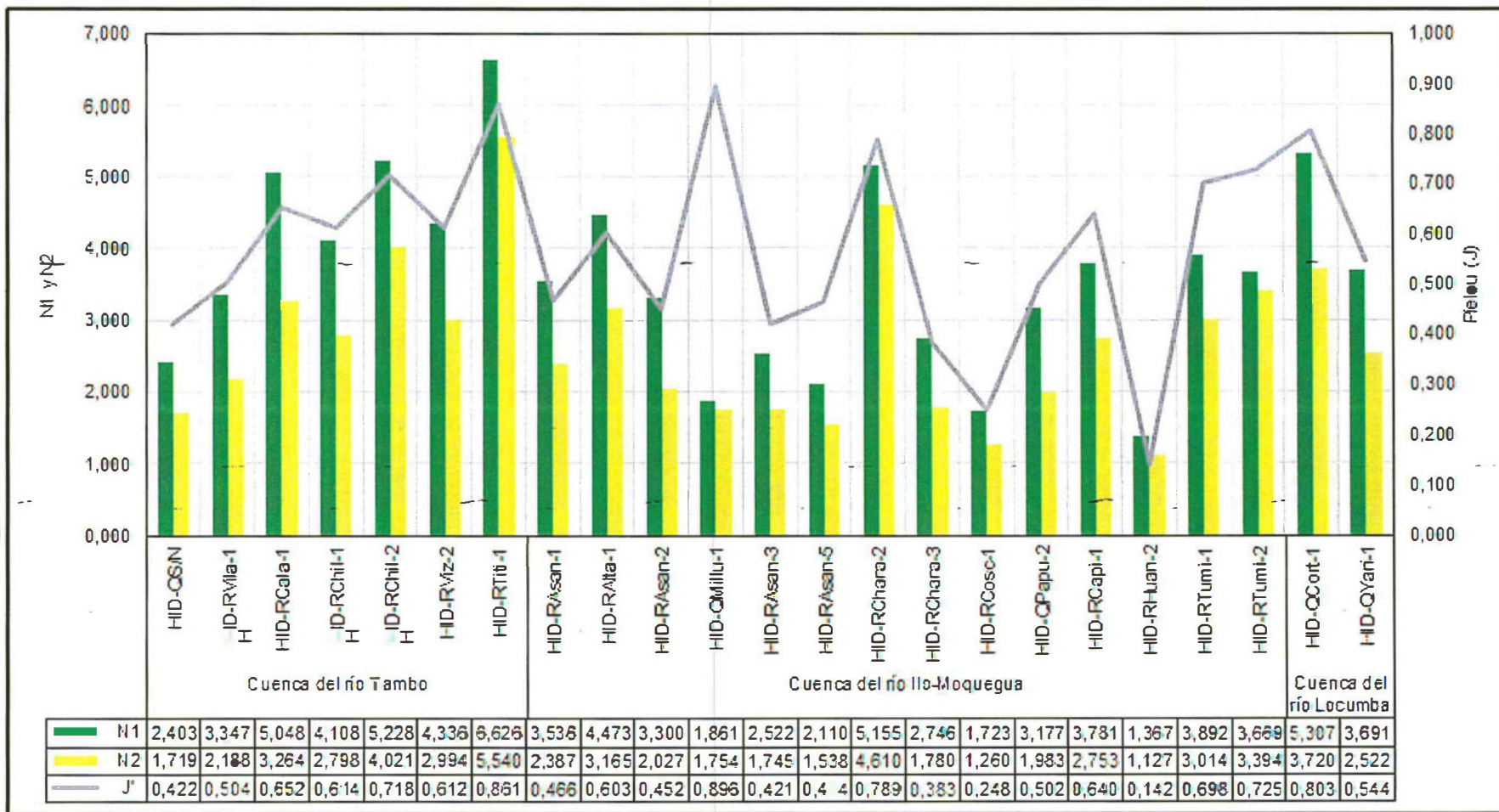


Figura 11-61. Índices de diversidad alfa del macroinvertebrados bentónicos en el área de influencia del proyecto minero Quellaveco



#### **d. Diversidad beta**

475. En la Figura 11-62 se presenta el dendrograma de similitud de macroinvertebrados bentónicos calculado mediante el índice de Bray Curtis. Se aprecia que los puntos HID-QMillu-1 (quebrada Milllune) e HID-RTiti-1 (río Titire) presentaron una menor similitud ( $< 8\%$ ) con los puntos de muestreo restantes, por lo cual quedaron al margen de los siguientes agrupamientos. Excluyendo a los puntos anteriores, se puede observar que al 28% de similitud la mayoría de puntos de muestreo pertenecientes a la cuenca del río Ilo-Moquegua (**Zona I**) se agrupan a la izquierda (en letras rojas); los que pertenecen a la cuenca del río Tambo (**Zona III**), en el centro (en letras negras); y los que pertenecen a la cuenca del río Locumba (**Zona II**) con los que restaban de la cuenca del río Ilo-Moquegua (**Zona I**), a la derecha (en letras azules). En tercer grupo las similitudes entre puntos estarían sustentadas en un similar nivel altitudinal y orden hidrológico.

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

476. En esta sección se presenta el análisis de correspondencia canónica de los principales parámetros de calidad de agua y de las abundancias de los taxa de macroinvertebrados bentónicos. Los parámetros de calidad de agua elegidos para el análisis fueron pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, temperatura y metales (aluminio, calcio, hierro y magnesio totales), el resto de parámetros fueron excluidos por presentar valores inferiores al límite de cuantificación del respectivo método. No se consideraron para el análisis las especies raras ni las estaciones RTiti-1 y QMillu-1 por tener valores atípicos de algunos parámetros fisicoquímicos.
477. Los tres primeros ejes canónicos extraídos representaron un porcentaje de variabilidad mayor al 66,00 % de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos (Tabla 11-7). El primer eje canónico explicó el 29,11 % de la variabilidad (Tabla 11-7) y las correlaciones positivas más fuertes fueron con la altitud y el hierro total, y las negativas con el calcio total y el magnesio total (Tabla 11-8). El segundo eje canónico explicó el 21,09 % de la variabilidad y la correlación positiva más fuerte fue con el aluminio total, y las negativas con la temperatura y el magnesio total. El tercer eje canónico explicó el 16,25 % de la variabilidad (Tabla 11-7) y la correlación positiva más fuerte fue con el oxígeno disuelto y la negativa con la altitud (Tabla 11-8).
478. La distribución de los puntos de muestreo en la Figura 11-63 muestra a la gran mayoría de puntos de la cuenca del río Ilo-Moquegua (**Zona I** - color rojo) en el lado izquierdo; a los de la cuenca del río Tambo, en el lado derecho (**Zona III** - color negro); y a los de la cuenca del río Locumba (**Zona II** - color azul), en la parte inferior izquierda. Así, se tiene que la principal variable que afectó la distribución de los puntos de muestreo fue la altitud, ordenándose los puntos que estuvieron en las partes más altas a la derecha de la figura y los que estuvieron en las partes más bajas a la izquierda de la misma.



1  
1  
D  
Eh  
1



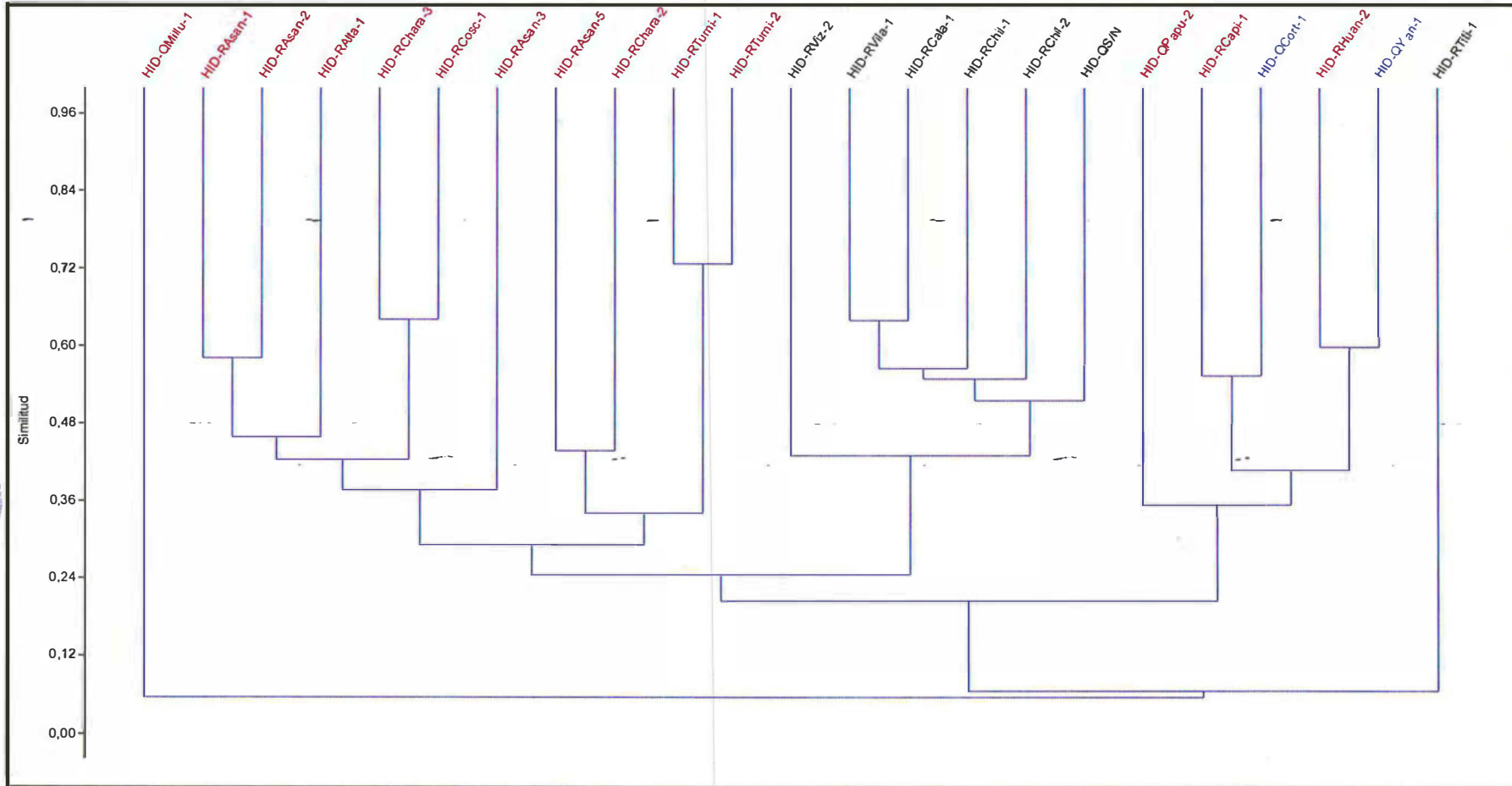
PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"



Leyenda: i) puntos en color rojo, cuenca del río Ilo - Moquegua (Zona I); iii) puntos en color azul, cuenca del río Locumba (Zona II); i) puntos en color negro, cuenca del río Tambo (Zona III)

Figura 11-62. Dendrograma de similitud del macroinvertebrados bentónicos en el área de influencia del proyecto minero Quellaveco



0  
1  
1  
D  
E  
1

**Tabla 11-7.** Valores propios y porcentajes de variancia por ejes del ACC.

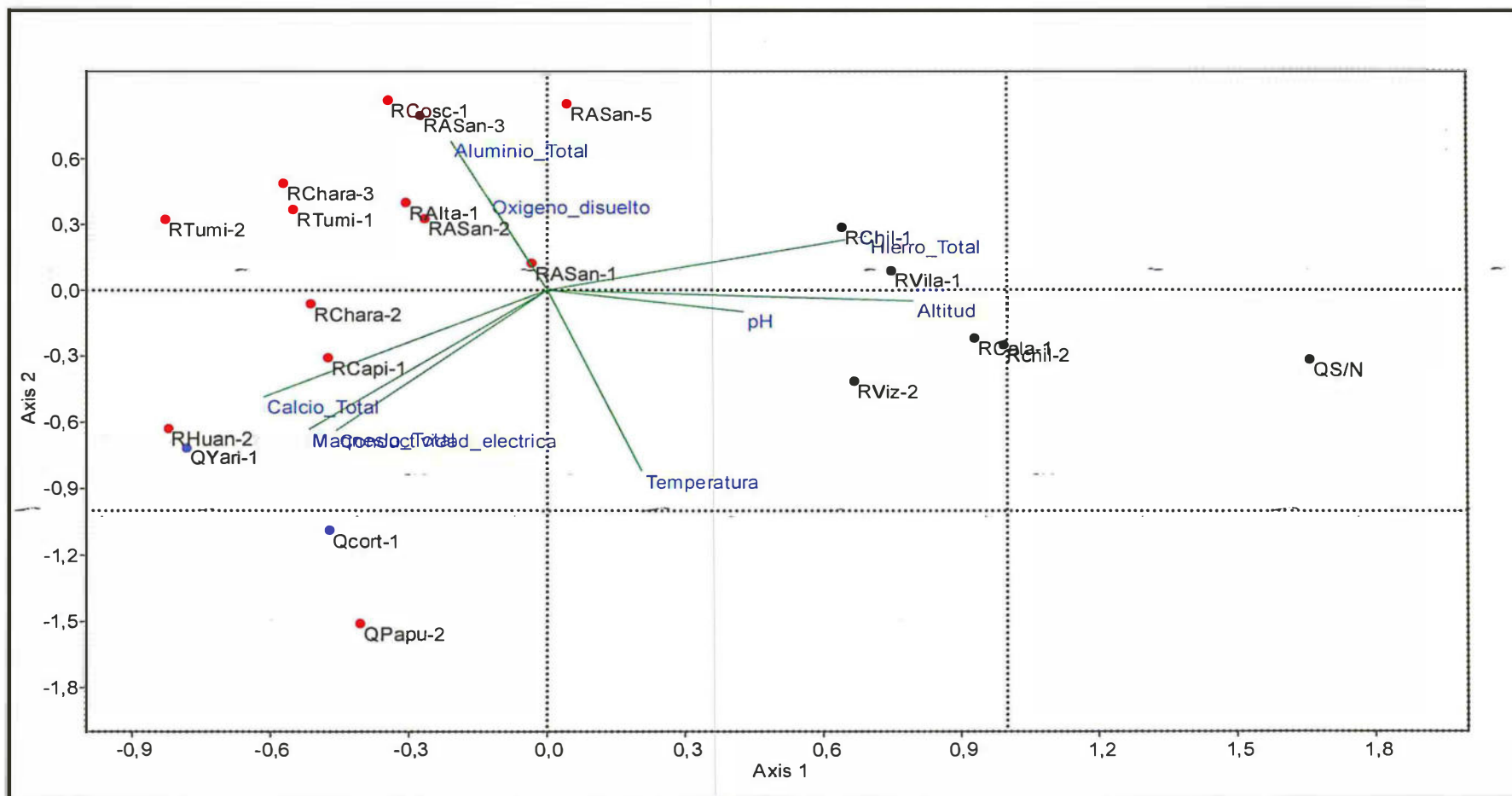
Eje	Valor propio	% variancia
1	0,374	29,11
2	0,271	21,09
3	0,209	16,25
4	0,159	12,36
5	0,094	7,29

**Tabla 11-8.** Correlaciones de los parámetros de calidad de agua con los primeros ejes extraídos

Parámetros	Ejes				
	1	2	3	4	5
Altitud	<b>0,796</b>	-0,051	<b>-0,509</b>	0,302	0,063
pH	0,428	-0,099	0,166	-0,568	0,151
Oxígeno disuelto	-0,128	0,421	<b>0,559</b>	-0,234	0,345
Temperatura	0,205	<b>-0,822</b>	0,143	0,016	-0,121
Conductividad eléctrica	-0,459	<b>-0,637</b>	0,217	-0,079	-0,202
Aluminio total	-0,211	<b>0,682</b>	0,348	-0,150	-0,319
Calcio total	<b>-0,616</b>	-0,486	0,196	-0,060	-0,247
Hierro total	<b>0,695</b>	0,246	0,110	-0,089	-0,001
Magnesio total	<b>-0,518</b>	<b>-0,633</b>	0,112	-0,063	-0,224



Q  
1  
1  
D  
E  
1



Leyenda: i) puntos en color negro, cuenca del río Tambo; ii) puntos en color rojo, cuenca del río Ilo - Moquegua; iii) puntos en color azul, cuenca del río Locumba.

**Figura 11-63.** Representación de los resultados del ACC mostrando la ubicación de los puntos de muestreo con respecto a los parámetros de calidad de agua en el área de influencia del proyecto minero Quellaveco

**f. Calidad ecológica**

479. En la Tabla 11-9 se presenta la calidad ecológica de las quebradas y ríos evaluados. Los resultados de este análisis constituyen una buena aproximación del estado ecológico de la zona, dado que se realizó el muestreo de la forma más similar posible a lo planteado por el autor del protocolo de evaluación de calidad ecológica de ríos andinos. Esta similitud se sustenta en el uso de la red D-Net y la inclusión de los diferentes hábitats del río. Hechas estas aclaraciones, se resume lo encontrado en cada cuenca en los siguientes párrafos.
480. En la cuenca del río Tambo (Zona III), futura área de suministro de agua, todos los sitios presentaron un calidad ecológica **moderada**, a excepción del punto HID-RTiti-1 (río Titire) que presentó una calidad **mala**.
481. En la cuenca del río Ilo - Moquegua (Zona I), solo el punto HID-RAsan-1 (río Asana) presentó una calidad ecológica **buena**; este punto se ubicó aguas arriba de la futura área de operaciones. El resto de puntos ubicados aguas más abajo del punto anterior y presentaron una calidad **moderada** o **mala**. Entre los puntos con calidad ecológica **mala**, resaltó HID-QMillu-1 (quebrada Millune) por haber presentado la biota acuática menos diversa del área de estudio. No se realizó la evaluación de calidad hidromorfológica en el punto HID-QPapu-2 (quebrada Papujune), por presentar este lugar condiciones de aridez que limitaron la aplicación del método.
482. En la cuenca del río Locumba (Zona II), futura área de depósito de relaves, sólo se determinó calidad ecológica, en HID-QYari-1 (quebrada Yarito). El sector evaluado de la cuenca se caracterizó por ser muy árido, razón por la cual no se pudo realizar la evaluación de calidad hidromorfológica en HID-QCort-1 (quebrada Cortadera).



U  
 /  
 /  
 P  
 gg  
 1

**Tabla 11-9.** Calidad ecológica de acuerdo al protocolo CERA-S.

Cuenca	Punto de muestreo	Calidad hidromorfológica	Calidad biológica	Calidad ecológica
Cuenca del río Tambo (Zona III)	HID-QS/N	Moderada	Moderada	Moderada
	HID-RVila-1	Moderada	Moderada	Moderada
	HID-RCala-1	Moderada	Moderada	Moderada
	HID-RChil-1	Mala	Moderada	Moderada
	HID-RChil-2	Moderada	Moderada	Moderada
	HID-RViz-2	Moderada	Buena	Moderada
	HID-RTiti-1	Mala	Mala	Mala
Cuenca del río Ilo-Moquegua (Zona I)	HID-RAsan-1	Buena	Buena	Buena
	HID-RAIta-1	Buena	Moderada	Moderada
	HID-RAsan-2	Moderada	Moderada	Moderada
	HID-QMillu-1	Moderada	Pésima	Pésima
	HID-RAsan-3	Mala	Mala	Mala
	HID-RAsan-5	Moderada	Mala	Mala
	HID-RChara-2	Moderada	Mala	Mala
	HID-RChara-3	Moderada	Moderada	Moderada
	HID-RCosc-1	Buena	Moderada	Moderada

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

Cuenca	Punto de muestreo	Calidad hidromorfológica	Calidad biológica	Calidad ecológica
	HID-QPapu-2	--	Moderada	--
	HID-RCapi-1	Buena	Mala	Mala
	HID-RHuan-2	Moderada	Moderada	Moderada
	HID-RTumi-1	Buena	Mala	Mala
	HID-RTumi-2	Buena	Mala	Mala
Cuenca del río Locumba (Zona II)	HID-QCort-1	--	Mala	--
	HID-QYari-1	Moderada	Mala	Mala

#### 11.4. Calidad de aire

483. A continuación se presentan los resultados y análisis de los parámetros evaluados para determinar la calidad de aire, incluyendo el análisis de los parámetros meteorológicos.

##### 11.4.1. Parámetros meteorológicos

484. En la Tabla 11-10 se muestran los valores de los parámetros meteorológicos obtenidos en las estaciones de muestreo, CA-TALA, CA-QUIM y CA-CORT. Las velocidades de viento promedio oscilaron entre 1,6 y 3,8 m/s; con velocidades máximas de 5,4; 3,1 y 9,4 m/s (CA-TALA, CA-QUIM y CA-CORT respectivamente).

**Tabla 11-10. Parámetros meteorológicos**

	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Presión barométrica (mmHg)	Velocidad (m/s)	Precipitación (mm)
Estación de monitoreo CA-TALA					
Mínimo	5,4	15,0	686,3	0,4	0,00
Máximo	15,7	52,0	690,4	5,4	0,00
Promedio	10,2	29,9	688,6	2,7	0,00
Estación de monitoreo CA-QUIM					
Mínimo	1,3	18,0	650,8	0,0	0,00
Máximo	14,7	65,0	653,8	3,1	0,00
Promedio	7,6	33,9	652,4	1,6	0,00
Estación de monitoreo CA-CORT					
Mínimo	3,6	21,0	659,6	0,4	0,00
Máximo	13,7	60,0	662,8	9,4	0,00
Promedio	8,0	40,1	661,3	3,8	0,00

485. La temperatura ambiental, es un parámetro que varía con la hora del día y con la estación del año. Es por ello que las temperaturas promedios registradas fueron máximas (10,2 °C) para el punto CA-TALA y mínimas (7,6 °C) en el punto CA-QUIM.

486. En los puntos evaluados, la máxima humedad relativa (65 %) se registró en el punto de muestreo CA-QUIM, mientras que la mínima humedad relativa (15 %) se registró en el punto CA-TALA. Respecto a los promedios de la humedad relativa, el valor máximo (40,1 %) se registró en el punto CA-CORT y el valor mínimo (29,9 %) en el punto CA-TALA.





487. En cuanto a la dirección del viento, la representación gráfica de la rosa de vientos se realizó con el propósito de obtener información estadística relativa a la dirección y velocidad del viento en una localización en particular. Las rosas de vientos del monitoreo se presenta en las Figuras 11-64 y 11-65, en el cual se observa que la dirección predominante de los vientos fue desde el este (E) para la estación de muestreo CA-TALA (zona barlovento del proyecto), oeste noroeste (WNW) para CA-QUIM (zona sotavento del proyecto) y de sur oeste (SO) para la estación de CA-CORT, (en el cerro Cortadera), con una frecuencia de 32,6 %, 28,9 % y 28,4 % respectivamente.

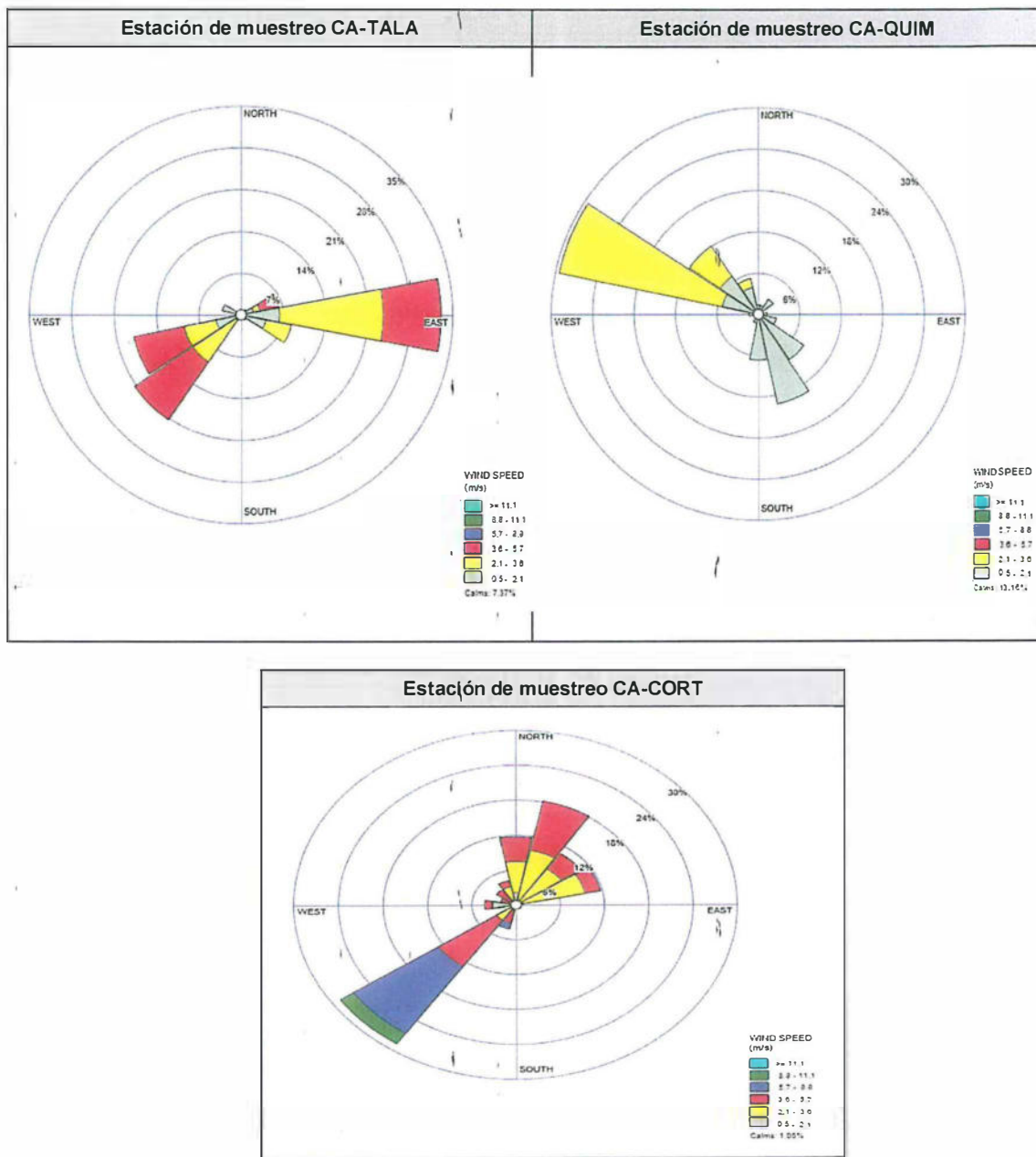


Figura 11-64. Rosas de viento de las estaciones de muestreo



Figura 11-65. Ubicación de las estaciones de monitoreo CA-TALA, CA-QUIM y CA-CORT, y sus Rosas de vientos

11.4.2. Material particulado, aplicación del ECA según el IGA aprobado

488. En la presente sección se analizan los resultados obtenidos de las concentraciones promedio diarias del parámetro **PM<sub>10</sub>** comparadas con el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) según el D.S. N° 074-2001-PCM (Ver Figura 11-66).



M  
1  
1  
D  
M  
1

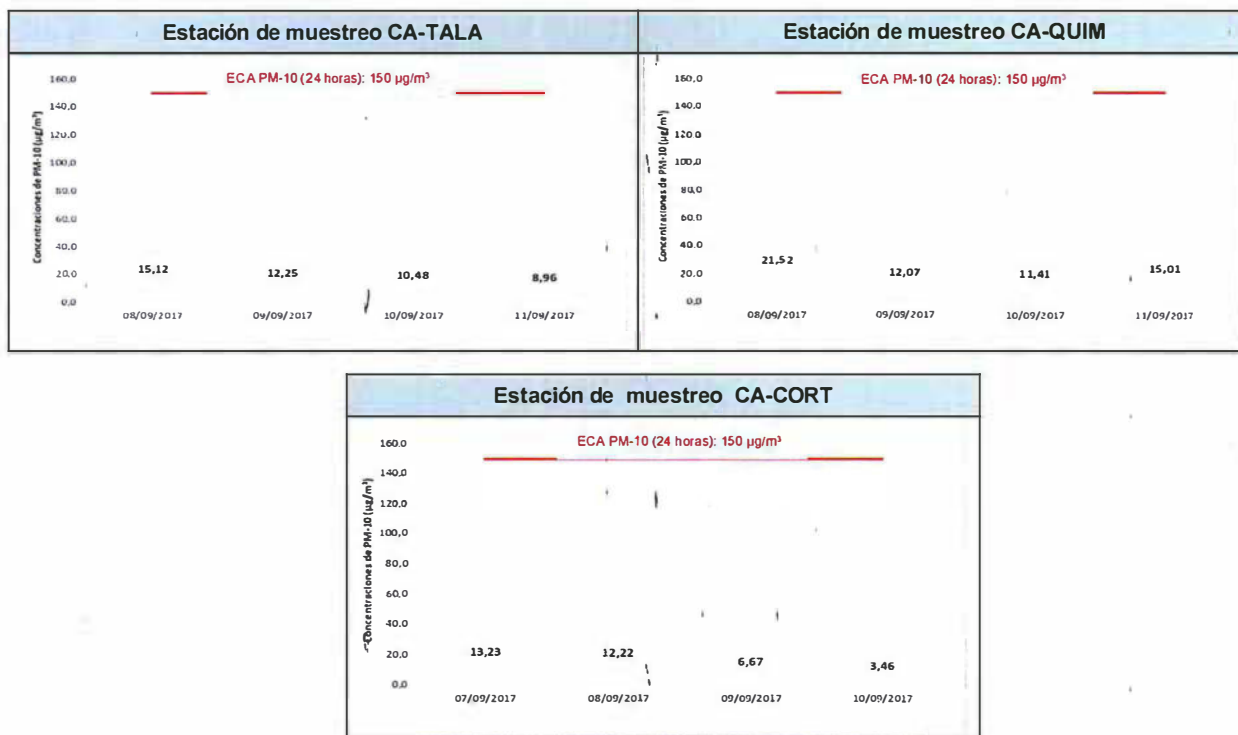


Figura 11-66. Concentraciones promedio diarias de PM<sub>10</sub> (Según el IGA)

489. De acuerdo con los resultados obtenidos en las estaciones de muestreo CA-TALA, CA-QUIM y CA-CORT durante la presente evaluación, se encuentran en conformidad con el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para  $PM_{10}$  equivalente a  $150 \mu g/m^3$  para un periodo de 24 horas (D.S. N° 074-2001-PCM). La máxima concentración de  $21,52 \mu g/m^3$  fue obtenida en la estación de muestreo CA-QUIM (zona sotavento del proyecto) el día 8 de setiembre de 2017, dicha estación se encuentra ubicada al costado de la quebrada Quimsuta, a 2 metros de la vía, después de las obras de construcción del proyecto Quellaveco. Por último, en todas las estaciones de muestreo se registraron concentraciones bajas a pesar de la ausencia de precipitación en la zona (Ver Figura 11-66).
490. Adicionalmente en la presente sección se analizan los resultados obtenidos de las concentraciones promedio diarias del parámetro  $PM_{2,5}$  comparadas con el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) según el D.S. N° 003-2008-MINAM (Ver Figura 11-67).

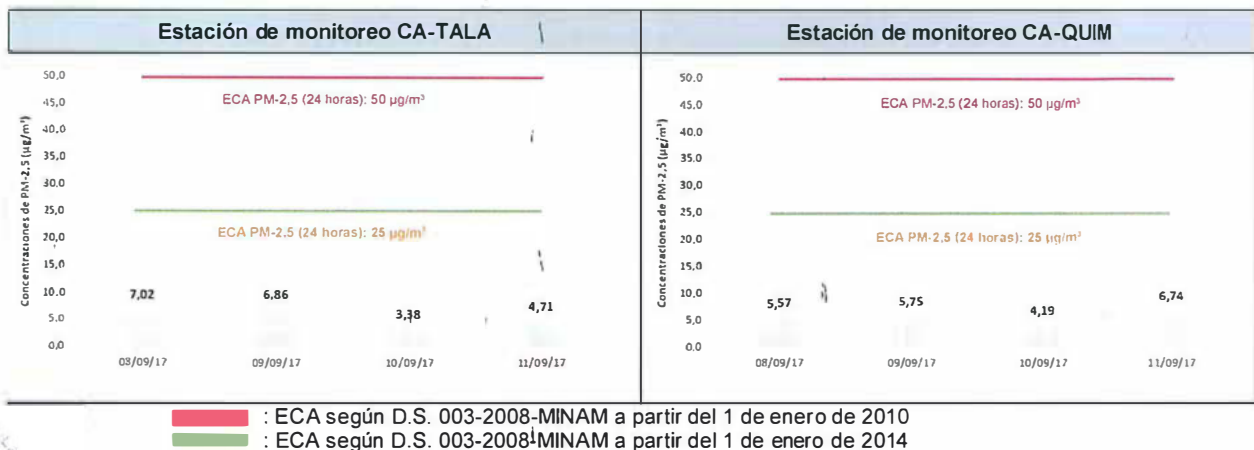


Figura 11-67. Concentraciones promedio diarias de  $PM_{2,5}$  (Según el IGA)

491. De acuerdo con los resultados obtenidos en las estaciones de muestreo CA-TALA y CA-QUIM durante la presente evaluación se encuentran en conformidad con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecidos para  $PM_{2,5}$ , los cuales equivalen a  $50 \mu g/m^3$  (a partir del 1 de enero de 2010) y  $25 \mu g/m^3$  (a partir del 1 de enero de 2014) para un periodo de 24 horas (D.S. N° 003-2008-MINAM). La máxima concentración de  $7,02 \mu g/m^3$  fue obtenida en la estación de monitoreo CA-TALA el día 8 de setiembre de 2017, dicha estación de monitoreo se encuentra ubicada en el poblado de Tala (zona barlovento del proyecto), específicamente en el techo de los vestuarios de la loza deportiva. Por último, en las dos estaciones y durante los días de muestreo, se registraron concentraciones bajas a pesar de la ausencia de precipitación en la zona (Ver Figura 11-67).

**11.4.3. Material particulado, aplicación según el ECA vigente**

492. En la presente sección se analizan los resultados obtenidos de las concentraciones promedio diarias del parámetro  $PM_{10}$  comparadas con el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) según el D.S. N° 003-2017-MINAM (Ver Figura 11-68)

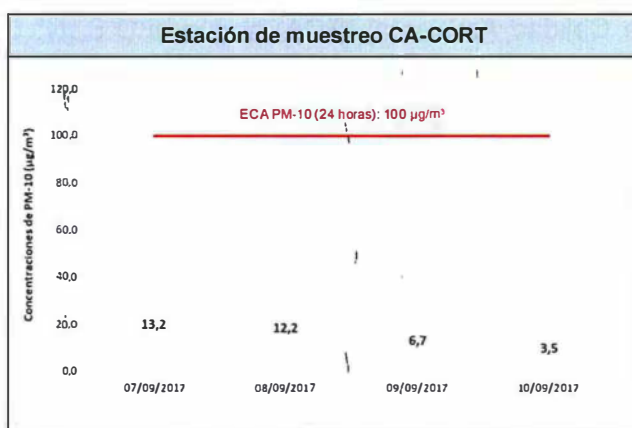
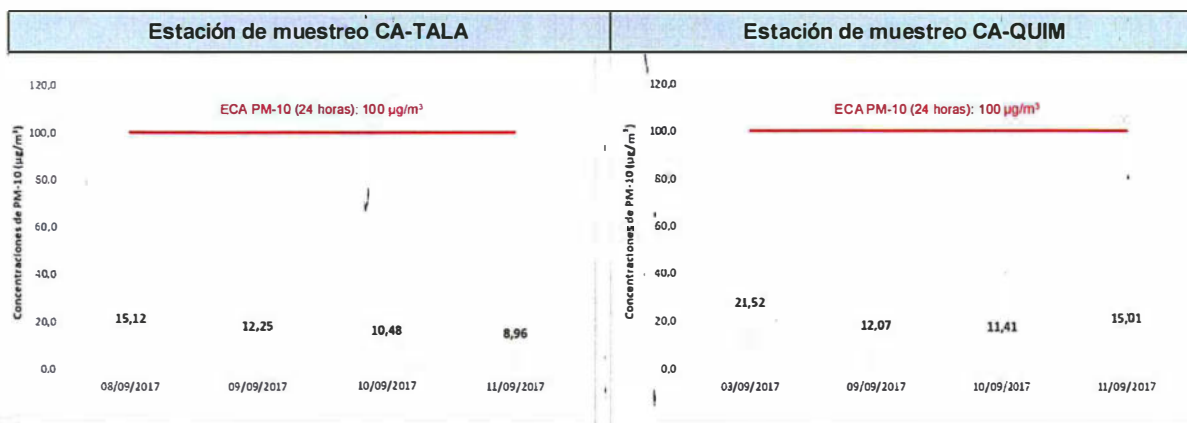


Figura 11-68. Concentraciones promedio diarias del parámetro PM<sub>10</sub> (Según el ECA vigente)



*[Handwritten signature]*

- 493. De acuerdo con los resultados obtenidos en las tres estaciones de muestreo de calidad de aire, todas las concentraciones reportadas durante el presente monitoreo se encuentran en conformidad con el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) vigente para PM<sub>10</sub> equivalente a 100 µg/m<sup>3</sup> para un periodo de 24 horas (Ver Figura 11-68).
- 494. Adicionalmente se analizan los resultados obtenidos de las concentraciones promedio diarias del parámetro PM<sub>2,5</sub> comparadas referencialmente con el comparadas con el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) según el D.S. N° 003-2017-MINAM (Ver Figura 11-69).
- 495. De acuerdo con los resultados obtenidos en las dos estaciones de muestreo de calidad de aire, todas las concentraciones reportadas durante los días la presente evaluación, se encuentran en conformidad con el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) vigente para PM<sub>2,5</sub> equivalente a 50 µg/m<sup>3</sup> para un periodo de 24 horas (Ver Figura 11-69).



"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

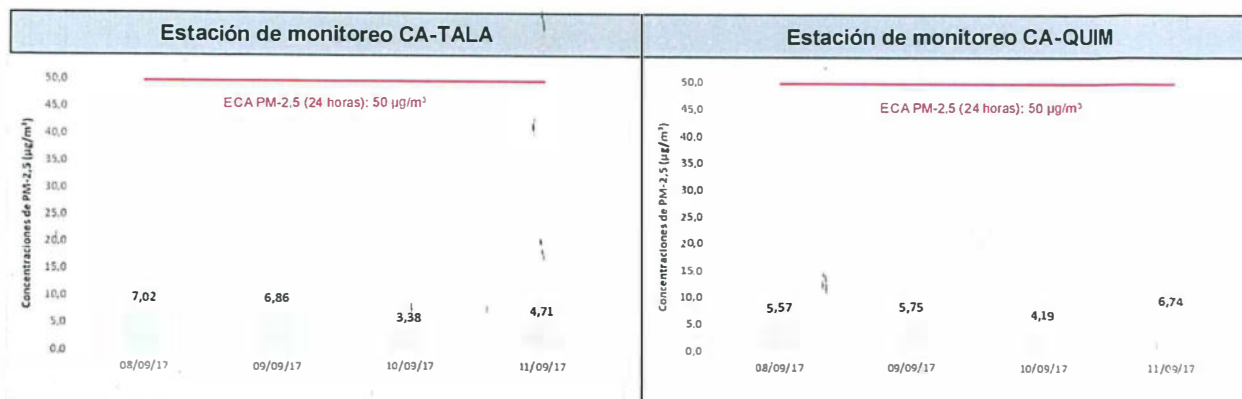


Figura 11-69. Concentraciones promedio diarias del parámetro PM2,5 (Según el ECA vigente)

#### 11.4.4. Metales en PM<sub>10</sub>

496. Las Tablas 11-11, 11-12 y 11-13 contienen las concentraciones de metales determinados en PM<sub>10</sub> correspondiente a las estaciones de monitoreo CA-TALA, CA-QUIM y CA-CORT y se observa que todas las concentraciones de los metales evaluados en los tres puntos, cumplieron con los valores de referenciales establecidos en la norma canadiense (AAQC)<sup>23</sup> para un periodo de 24 horas.
497. De los metales referenciados con la norma canadiense, la mayoría de los metales evaluados se encontraron por debajo del L.C. del método del análisis del laboratorio acreditado (celdas sombreadas), excepto en algún punto de muestreo para las concentraciones de bario y zinc (solo en el caso de CA-TALA).

Tabla 11-11. Concentraciones de 24 horas de metales en CA-TALA

Elemento	Símbolo	Periodo de muestreo				AAQC* (µg/m <sup>3</sup> )
		Del 08/09/17 al 09/09/17	Del 09/09/17 al 10/09/17	Del 10/09/17 al 11/09/17	Del 11/09/17 al 12/09/17	
Concentración de metales (µg/m <sup>3</sup> )						
Plata	Ag	<0,00025	<0,00025	<0,00025	<0,00025	1
Aluminio	Al	0,12029	0,09663	0,08780	0,08797	-
Arsénico	As	<0,0029	<0,0029	<0,0029	<0,0029	0,3
Boro	B	<0,0014	<0,0014	<0,0014	<0,0014	-
Bario	Ba	0,00208	0,00114	0,00132	0,00175	10
Berilio	Be	<0,00006	<0,00006	<0,00006	<0,00006	0,01
Calcio	Ca	0,22556	0,16567	0,16814	0,10808	-
Cadmio	Cd	<0,00012	<0,00012	<0,00012	<0,00012	0,025
Cerio	Ce	<0,0025	<0,0025	<0,0025	<0,0025	-
Cobalto	Co	<0,00037	<0,00037	<0,00037	<0,00037	0,1
Cromo	Cr	<0,00037	<0,00037	<0,00037	<0,00037	0,5
Cobre	Cu	<0,00037	<0,00037	<0,00037	<0,00037	50

<sup>23</sup> Criterios de Calidad Ambiental del Aire de Ontario AAQC (versión de abril 2012) fueron desarrollados por el Ministerio del Ambiente de Ontario y en ellos se establecen estándares para un gran número de agentes tóxicos del aire.

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

Elemento	Símbolo	Periodo de muestreo				AAQC* (µg/m <sup>3</sup> )
		Del 08/09/17 al 09/09/17	Del 09/09/17 al 10/09/17	Del 10/09/17 al 11/09/17	Del 11/09/17 al 12/09/17	
<b>Concentración de metales (µg/m<sup>3</sup>)</b>						
Hierro	Fe	0,19684	0,21539	0,17242	0,18124	-
Potasio	K	0,12866	0,09842	0,13973	0,05883	-
Litio	Li	<0,00012	<0,00012	<0,00012	<0,00012	-
Magnesio	Mg	0,08513	0,06464	0,05862	0,05544	-
Manganeso	Mn	<0,00012	<0,00012	<0,00012	<0,00012	0,2
Molibdeno	Mo	<0,00025	<0,00025	<0,00025	<0,00025	120
Sodio	Na	0,01988	0,06585	0,06140	0,00747	-
Níquel	Ni	<0,00025	<0,00025	<0,00025	<0,00025	0,1
Fósforo	P	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	-
Plomo	Pb	<0,0012	<0,0012	<0,0012	<0,0012	0,5
Antimonio	Sb	<0,00112	<0,00112	<0,00112	<0,00112	25
Selenio	Se	<0,0057	<0,0057	<0,0057	<0,0057	10
Silicio	Si	0,23781	0,22574	0,22125	0,22753	-
Estaño	Sn	<0,00112	<0,00112	<0,00112	<0,00112	-
Estroncio	Sr	0,00153	0,00134	0,00125	0,00100	-
Titanio	Ti	<0,00012	<0,00012	<0,00012	<0,00012	-
Talio	Tl	<0,0051	<0,0051	<0,0051	<0,0051	-
Vanadio	V	<0,00012	<0,00012	<0,00012	<0,00012	2
Zinc	Zn	0,01094	<0,0032	<0,0032	<0,0032	120

(\*): Ambient Air Quality Criteria. Criterios de calidad de aire establecidos por el Ministerio del Ambiente de Ontario, Canadá. Abril de 2012.

Nota: los valores precedidos por el símbolo "&lt;" (menor, que), son inferiores al límite de cuantificación del laboratorio.

**Tabla 11-12. Concentraciones de 24 horas de metales en CA-QUIM**

Elemento	Símbolo	Periodo de muestreo				AAQC* (µg/m <sup>3</sup> )
		Del 08/09/17 al 09/09/17	Del 09/09/17 al 10/09/17	Del 10/09/17 al 11/09/17	Del 11/09/17 al 12/09/17	
<b>Concentración de metales (µg/m<sup>3</sup>)</b>						
Plata	Ag	<0,00026	<0,00026	<0,00026	<0,00026	1
Aluminio	Al	0,25832	0,06143	0,13411	0,22314	-
Arsénico	As	<0,0030	<0,0030	<0,0030	<0,0030	0,3
Boro	B	<0,0014	<0,0014	<0,0014	<0,0014	-
Bario	Ba	0,00452	0,00135	0,00287	0,00420	10
Berilio	Be	<0,00007	<0,00007	<0,00007	<0,00007	0,01
Calcio	Ca	0,18897	0,02637	0,16067	0,20617	-
Cadmio	Cd	<0,00013	<0,00013	<0,00013	<0,00013	0,025
Cerio	Ce	<0,0026	<0,0026	<0,0026	<0,0026	-
Cobalto	Co	<0,00039	<0,00039	<0,00039	<0,00039	0,1
Cromo	Cr	<0,00039	<0,00039	<0,00039	<0,00039	0,5
Cobre	Cu	<0,00039	<0,00039	<0,00039	<0,00039	50
Hierro	Fe	0,35658	0,12472	0,22009	0,30237	-
Potasio	K	0,11830	0,07202	0,09481	0,10562	-
Litio	Li	<0,00013	<0,00013	<0,00013	<0,00013	-
Magnesio	Mg	0,09180	0,03738	0,06279	0,08982	-
Manganeso	Mn	<0,00013	<0,00013	<0,00013	<0,00013	0,2
Molibdeno	Mo	<0,00026	<0,00026	<0,00026	<0,00026	120
Sodio	Na	0,08344	0,01540	0,05448	0,09265	-
Níquel	Ni	<0,00026	<0,00026	<0,00026	<0,00026	0,1
Fósforo	P	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	-
Plomo	Pb	<0,0013	<0,0013	<0,0013	<0,0013	0,5
Antimonio	Sb	<0,0012	<0,0012	<0,0012	<0,0012	25
Selenio	Se	<0,0060	<0,0060	<0,0060	<0,0060	10
Silicio	Si	0,41200	0,18128	0,29920	0,41902	-





"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

Elemento	Símbolo	Periodo de muestreo				AAQC* (µg/m³)
		Del 08/09/17 al 09/09/17	Del 09/09/17 al 10/09/17	Del 10/09/17 al 11/09/17	Del 11/09/17 al 12/09/17	
<b>Concentración de metales (µg/m³)</b>						
Estaño	Sn	<0,0012	<0,0012	<0,0012	<0,0012	-
Estroncio	Sr	0,00215	0,00077	0,00157	0,00207	-
Titanio	Ti	<0,00013	<0,00013	<0,00013	<0,00013	-
Talio	Tl	<0,0054	<0,0054	<0,0053	<0,0054	-
Vanadio	V	<0,00013	<0,00013	<0,00013	<0,00013	2
Zinc	Zn	<0,0034	<0,0034	<0,0034	<0,0034	120

(\*): Ambient Air Quality Criteria. Criterios de calidad de aire establecidos por el Ministerio del Ambiente de Ontario, Canadá. Abril de 2012.

Nota: los valores precedidos por el símbolo "<" (menor que), son inferiores al límite de cuantificación del laboratorio.

Tabla 11-13. Concentraciones de 24 horas de metales en CA-CORT

Elemento	Símbolo	Periodo de muestreo				AAQC* (µg/m³)
		Del 08/09/17 al 09/09/17	Del 09/09/17 al 10/09/17	Del 10/09/17 al 11/09/17	Del 11/09/17 al 12/09/17	
<b>Concentración de metales (µg/m³)</b>						
Plata	Ag	<0,00026	<0,00026	<0,00026	<0,00026	1
Aluminio	Al	0,14582	0,22829	0,02219	0,02610	-
Arsénico	As	<0,0030	<0,0030	<0,0030	<0,0030	0,3
Boro	B	<0,0014	<0,0014	<0,0014	<0,0014	-
Bario	Ba	0,00237	0,00353	0,00211	0,00179	10
Berilio	Be	<0,00006	<0,00006	<0,00006	<0,00006	0,01
Calcio	Ca	0,10994	0,18409	0,02412	0,06678	-
Cadmio	Cd	<0,00013	<0,00013	<0,00013	<0,00013	0,025
Cerio	Ce	<0,0026	<0,0026	<0,0026	<0,0026	-
Cobalto	Co	<0,00039	<0,00039	<0,00039	<0,00039	0,1
Cromo	Cr	<0,00039	<0,00039	<0,00039	<0,00039	0,5
Cobre	Cu	<0,00039	<0,00039	<0,00039	<0,00039	50
Hierro	Fe	0,24313	0,38722	0,09616	0,07988	-
Potasio	K	0,12106	0,12069	0,04938	0,05193	-
Litio	Li	<0,00013	<0,00013	<0,00013	<0,00013	-
Magnesio	Mg	0,09615	0,14355	0,04080	0,02483	-
Manganeso	Mn	<0,00013	<0,00013	<0,00013	<0,00013	0,2
Molibdeno	Mo	<0,00026	<0,00026	<0,00026	<0,00026	120
Sodio	Na	0,14228	0,09711	0,02726	0,00870	-
Níquel	Ni	<0,00026	<0,00026	<0,00026	<0,00026	0,1
Fósforo	P	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	-
Plomo	Pb	<0,0013	<0,0013	<0,0013	<0,0013	0,5
Antimonio	Sb	<0,00117	<0,00116	<0,00116	<0,00116	25
Selenio	Se	<0,0060	<0,0060	<0,0059	<0,0059	10
Silicio	Si	0,33539	0,43265	0,12585	0,09704	-
Estaño	Sn	<0,00117	<0,00116	<0,00116	<0,00116	-
Estroncio	Sr	0,00118	0,00175	0,00077	0,00098	-
Titanio	Ti	<0,00013	<0,00013	<0,00013	<0,00013	-
Talio	Tl	<0,0053	<0,0053	<0,0053	<0,0053	-
Vanadio	V	<0,00013	<0,00013	<0,00013	<0,00013	2
Zinc	Zn	<0,0034	<0,0034	<0,0034	<0,0033	120

(\*): Ambient Air Quality Criteria. Criterios de calidad de aire establecidos por el Ministerio del Ambiente de Ontario, Canadá. Abril de 2012.

Nota: los valores precedidos por el símbolo "<" (menor que), son inferiores al límite de cuantificación del laboratorio.



Handwritten signature and date '1/1/17'.

## 12. DISCUSIONES

498. Las discusiones basadas en el análisis de los resultados son descritas en forma breve, de tal modo que genere un contexto de comprensión en el comportamiento de los diferentes componentes ambientales evaluados en la presente evaluación ambiental.

### 12.1. Calidad de agua

499. A continuación, se desarrolla breves comentarios a modo de discusión de las características y comportamiento físico químico de las aguas y su entorno, basados en los resultados obtenidos en las tres zonas evaluadas.

500. En las Figuras 10-1, 10-2 y 10-3, se ilustran los cuerpos de agua de las tres zonas consideradas en la presente evaluación ambiental temprana, en el área de influencia del proyecto minero Quellaveco, respecto a ello, se observan que todas las quebradas en las tres zonas, se encuentran vinculada a uno o más de los componentes mineros del proyecto.

501. El periodo de evaluación corresponde a la temporada seca, con caudales mínimos, y no existen descargas pluviales en la zona alta ni recarga de los acuíferos, lo cual ha sido factor principal para que determinados elementos se concentren en un cantidad mayor a otro periodo, tal como lo han venido demostrando monitoreos históricos en la zona, por parte del administrado.

502. La discusión del análisis de los resultados se realizará por zonas, debido a que en parte, la composición química del agua superficial en el área de estudio es influenciada por los procesos de interacción agua-roca, brindándole características particulares, que deben ser tomadas en cuenta en la interpretación, para un mejor entendimiento de los resultados obtenidos.

503. Es importante señalar que durante el desarrollo de la EAT, no se llegó a identificar la presencia de pasivos ambientales que pudieran generar algún tipo de anomalía en la caracterización de los recursos hídricos, el mismo que se corrobora con lo manifestado por la empresa minera Anglo American Quellaveco S.A. en su EIA del año 2000.

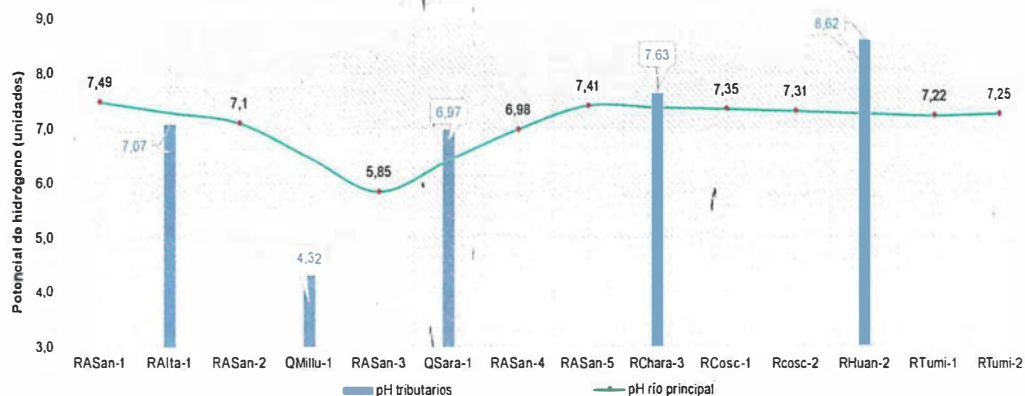
504. La discusión generada en el presente capítulo se basa en algunos casos con comparaciones de la calidad química de las aguas superficiales, que fueron realizados por el administrado bajo un sistema comparativo con los ECA para agua D.S. N° 002-2008-MINAM, a diferencia de la presente EAT que fue comparada con los ECA para agua del D.S. N° 004-2017-MINAM (ambos estudios referenciados con la categoría 3).

#### 12.1.1. Zona I

505. La Zona I comprende el área de principal interés, dado que en ella se desarrollará la construcción y apertura de los componentes del proyecto minero Quellaveco. El área se caracteriza por tener un cuerpo de agua principal (rio Asana) los que serán intervenidos con el desarrollo del proyecto, generando cambios en su geomorfología y química de las aguas superficiales.



506. La determinación de la acidez de los cuerpos de agua, en la zona I, se determinó en función a los valores del pH de las muestras tomadas en campo, donde predomina a lo largo del cauce, la característica de ligeramente alcalina, es decir 11 de los 14 puntos de muestreo (78,5%) presentaron pH mayores y muy cercanos a 7,0 (valor neutro). Después del **aporte de la quebrada Millune**, de condiciones ácidas (4,32 unidades de pH) y de mediano caudal (79 L/s), los efectos en el río Asana (**RASan-2 y RASan-3**) de mayor caudal (679 L/s) resultaron significativos al disminuir el pH del río hasta 5,85 (Ver Figura 12-1). Por lo tanto, se verifica que la quebrada Millune influye en los cambios de la característica química del río principal. Así también, **la influencia de la quebrada Millune (QMillu-1)** se muestra para los siguientes elementos:
507. **Los iones de bicarbonato, sodio, sulfatos, calcio y potasio** tienden a ejercer efectos variables en la concentración del cuerpo de agua al cual aportan (río Asana). De tal modo, que el aporte del caudal de la quebrada, contribuye a la reducción de bicarbonatos desde 21 mg/L a 4,6 mg/L, como consecuencia del efecto del pH ácido de la misma (Ver Figura 12-2). En el caso de los sulfatos, el efecto de la quebrada (228,8 mg/L) causa un incremento en el cuerpo principal, llevándolo desde 30,1 mg/L a 54,6 mg/L (Ver Figura 12-3); en el caso del sodio, se observa un efecto de disminución de la concentración en el cuerpo de agua principal (de 7,8 a 7,4 mg/L) a pesar de un aporte con mayor concentración proveniente de la quebrada (18 mg/L) (Ver Figura 12-4); dicho efecto es debido posiblemente a la fracción intercambiable de las arcillas con el sodio, desprendiendo calcio, generando un incremento del mismo; efectos de incremento también se observan en el cuerpo principal por el calcio de 13,42 a 16,76 mg/L (por un aporte de 41,95 mg/L) (Ver Figura 12-5) y por el potasio de 2,31 a 2,64 mg/L (por un aporte de 4,03 mg/L) (Ver Figura 12-6).



**Figura 12-1.** Comportamiento del pH en el cuerpo principal por efecto de los tributarios (Zona I)

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

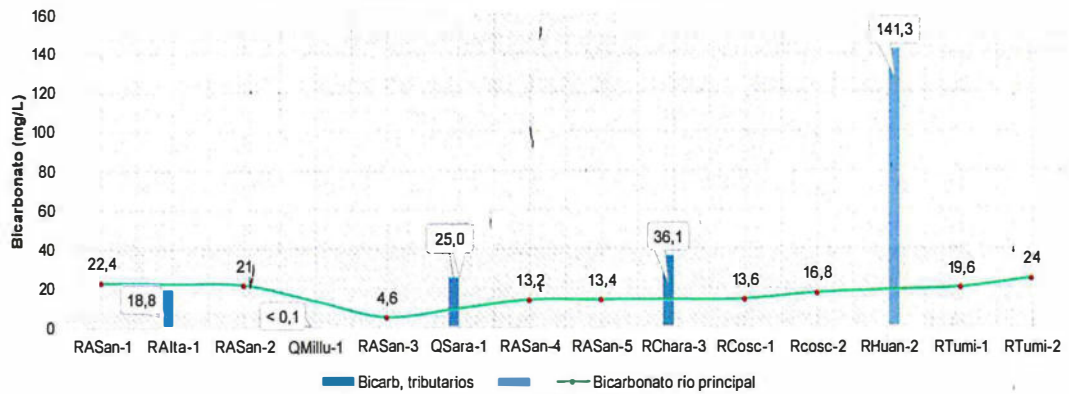


Figura 12-2. Comportamiento de los bicarbonatos en el cuerpo principal por efecto de los tributarios (Zona I)

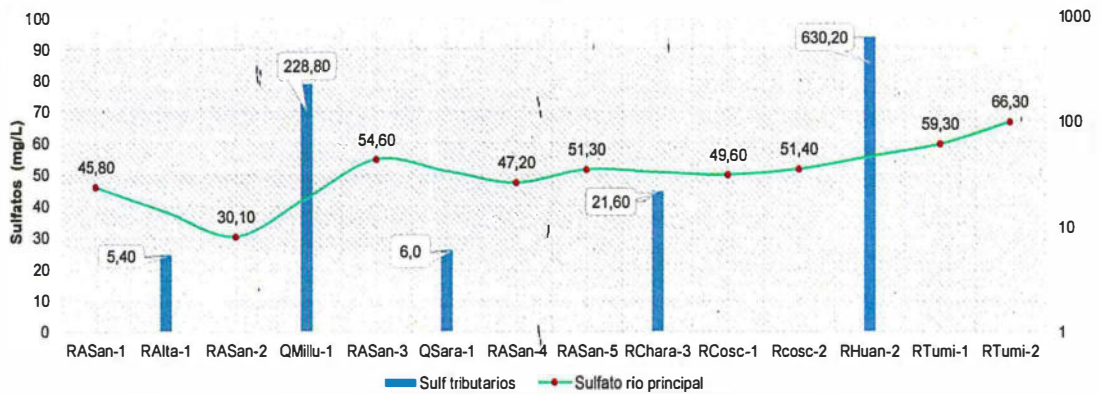


Figura 12-3. Comportamiento de los sulfatos en el cuerpo principal por efecto de los tributarios (Zona I)

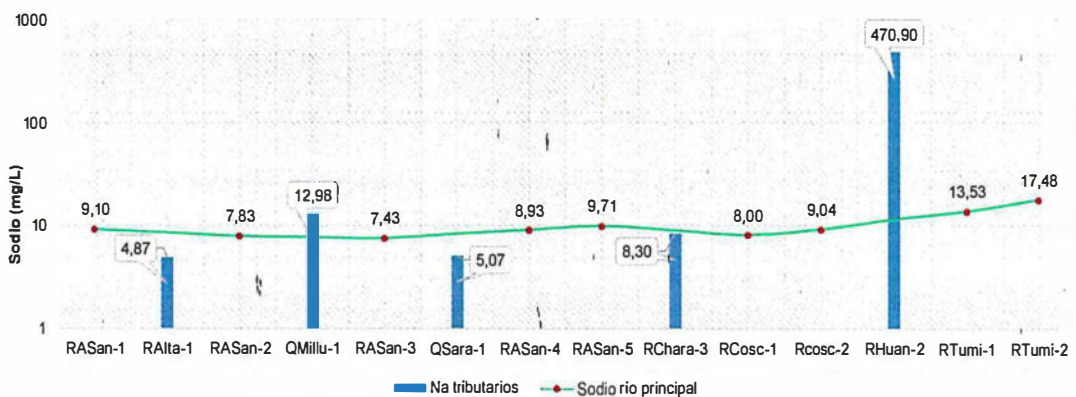


Figura 12-4. Comportamiento de sodio en el cuerpo principal por efecto de los tributarios (Zona I)



H  
1  
1  
1  
1  
1  
1

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

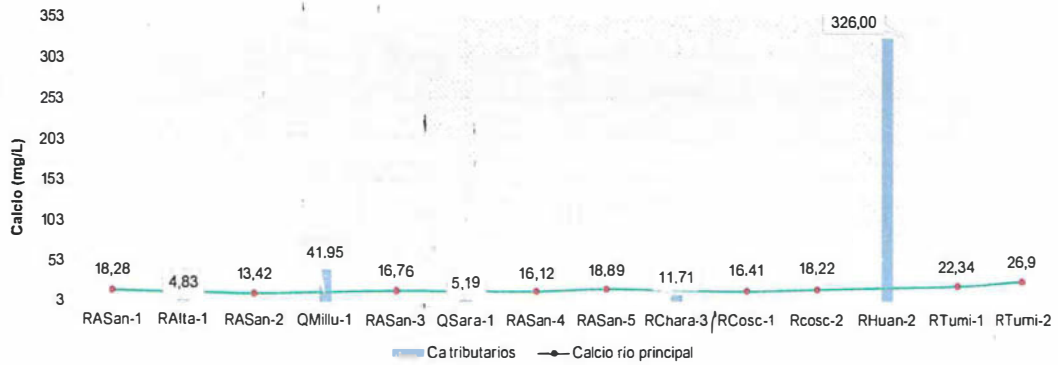


Figura 12-5. Comportamiento del calcio en el cuerpo principal por efecto de los tributarios (Zona I)

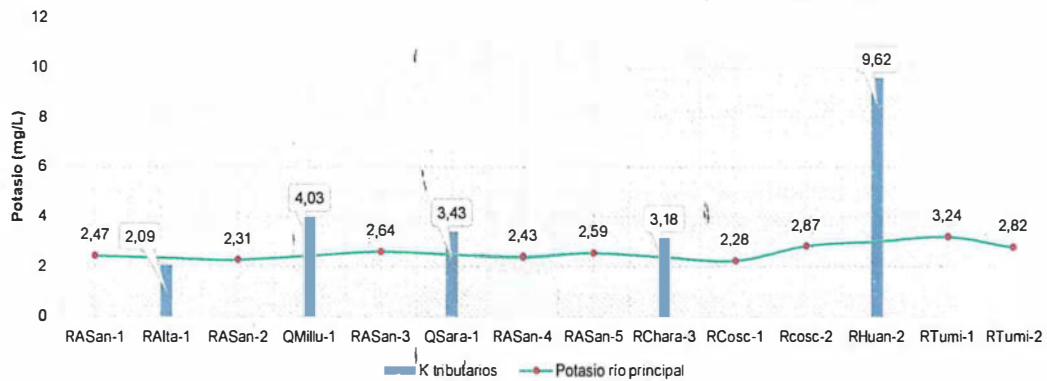


Figura 12-6. Comportamiento de potasio en el cuerpo principal por efecto de los tributarios (Zona I)

508. Los TDS y la DQO son inversamente proporcionales, es decir luego de la unión de los cursos de agua (quebrada Millune y río Asana) el TDS refleja un incremento (de 84 a 104 mg/L) y la DQO refleja una dilución (2,6 mg/L a <2,0 mg/L), a pesar de los altos concentrados de TDS de la quebrada (304 mg/L) (Ver Figuras 12-7 y 12-8)

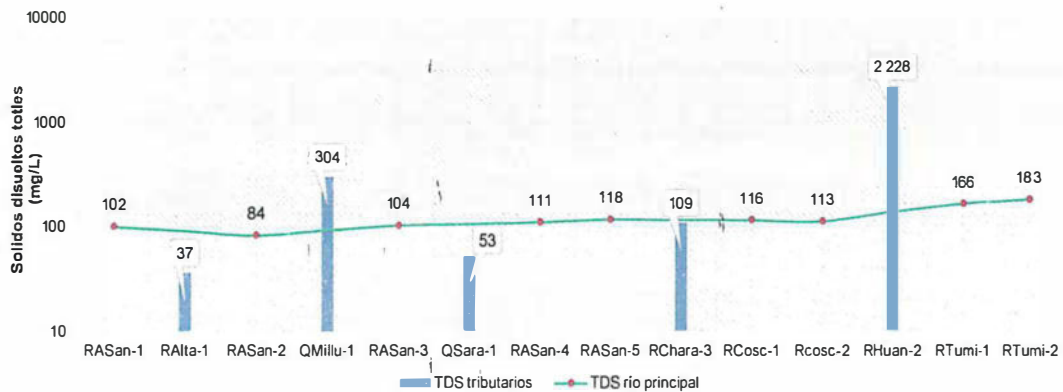


Figura 12-7. Comportamiento de TDS en el cuerpo principal por efecto de los tributarios (Zona I)

MONITOREO Y VIGILANCIA  
 VS<sup>o</sup>  
 1  
 1  
 2  
 1

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

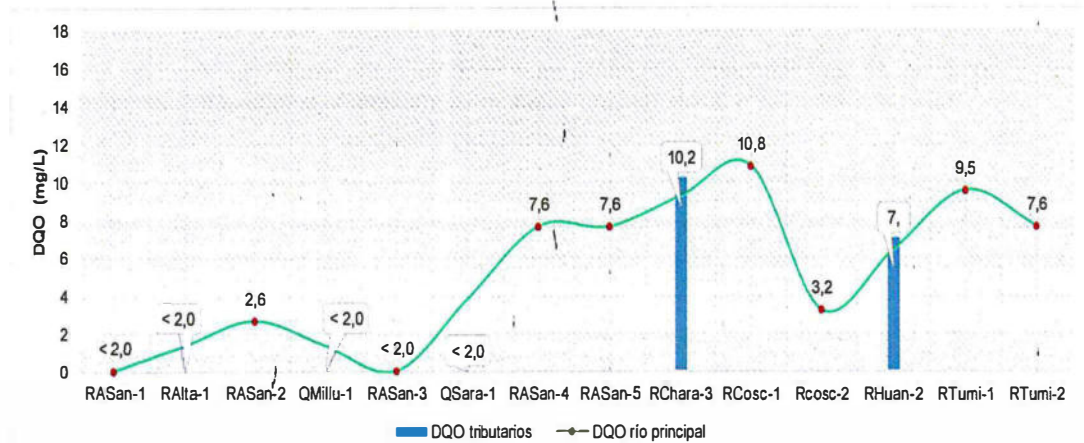


Figura 12-8. Comportamiento de la DQO en el cuerpo principal por efecto de los tributarios (Zona I)

509. Así mismo, se observa en el cuerpo principal (río Asana: RASan-3), un incremento de los **metales como aluminio, bario, magnesio, hierro y zinc**, debido al aporte que ejerce la quebrada Millune. En el caso del aluminio, el incremento fue de 0,091 a 1,527 mg/L (por un aporte de 19,84 mg/L) (Ver Figura 12-9), en bario de 0,012 a 0,016 mg/L (por un aporte de 0,036 mg/L) (Ver Figura 12-10), en magnesio de 2,36 a 3,1 mg/L (por un aporte de 8,37 mg/L) (Ver Figura 12-11), en hierro de 0,226 a 0,294 mg/L (por un aporte de 0,799 mg/L) (Ver Figura 12-12) y en zinc de <0,004 a 0,007 mg/L (por un aporte de 0,0042 mg/L) (Ver Figura 12-13).
510. En el monitoreo de la EAT efectuado en la microcuenca del río Asana, en agosto de 2017, los elementos carbonatos, cianuro wad, cianuro libre, cianuro total, cromo total, cromo hexavalente, mercurio, antimonio, arsénico, berilio, bismuto, cadmio, cobalto, cobre, estaño, litio, molibdeno, níquel, plata, plomo, selenio, talio, titanio vanadio, y zinc se registraron como no cuantificables por el método de análisis del laboratorio, siendo menores al límite de cuantificación, por lo que, se presume que su presencia es nula o en trazas no significables en la estación seca o de estiaje. De los mencionados elementos, los registros históricos (1994 – 1999) contenidos en el EIA<sup>24</sup>, detallan presencia de elementos como: níquel, plomo, hierro, manganeso y mercurio fueron detectables en concentraciones que excedieron los índices de calidad de agua para riego y consumo. Asimismo, indica que, ante eventos anómalos como el huayco ocurrido en febrero del año 1999, se registró mayor presencia de metales como el selenio, níquel, mercurio, plomo, cobre, cromo, arsénico y zinc, cuyas concentraciones excedieron los índices de calidad de la normativa nacional.



H  
1  
1  
D  
4  
7

<sup>24</sup> EIA del proyecto Quellaveco, aprobado con R.D. N° 266-2000-EM/DGAA  
Página 179 de 200

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

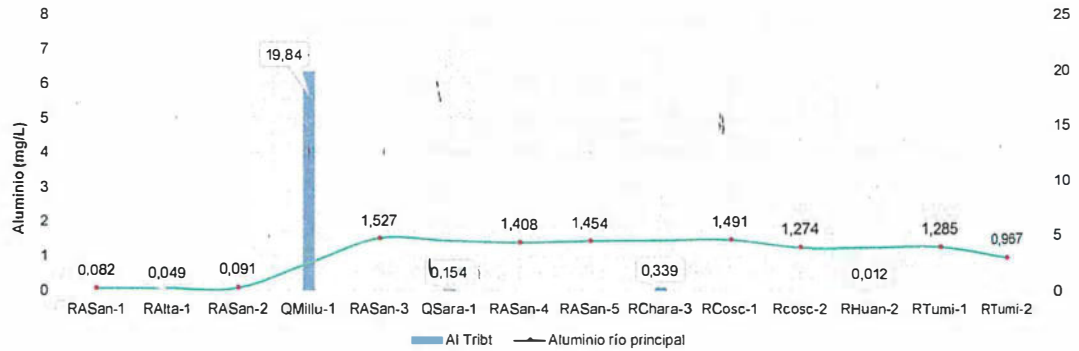


Figura 12-9. Comportamiento del aluminio en el cuerpo principal por efecto de los tributarios (Zona I)

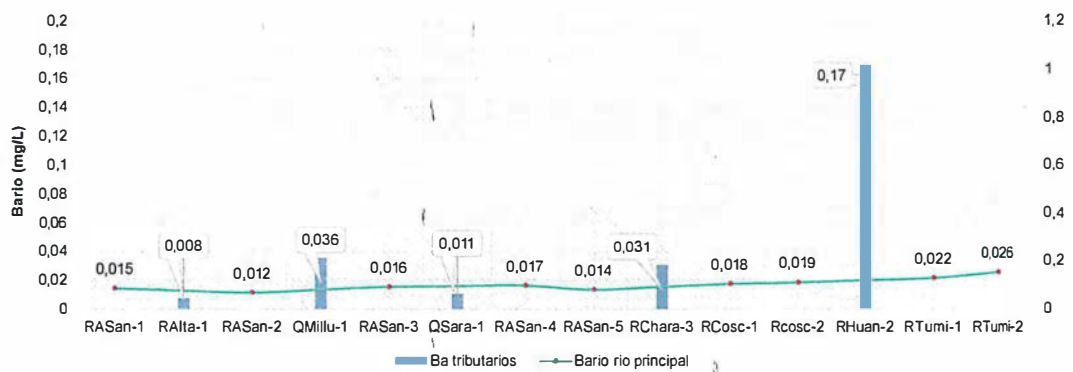


Figura 12-10. Comportamiento del bario en el cuerpo principal por efecto de los tributarios (Zona I)

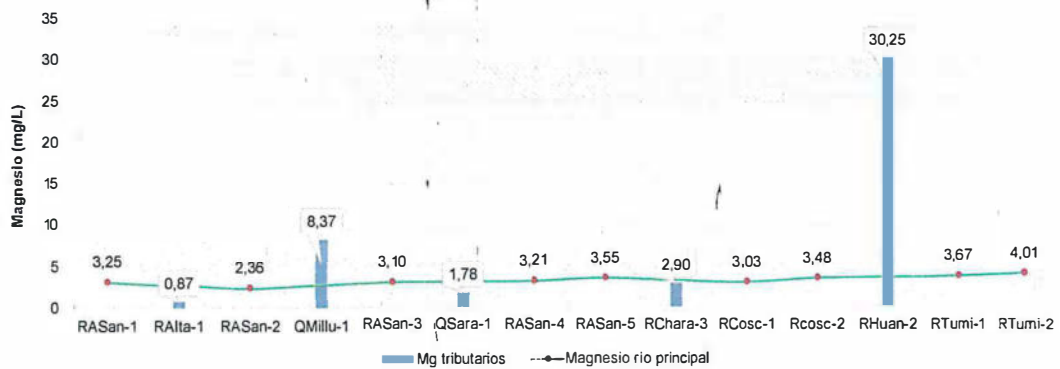


Figura 12-11. Comportamiento del magnesio en el cuerpo principal por efecto de los tributarios (Zona I)



Handwritten signatures and initials in blue ink.

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

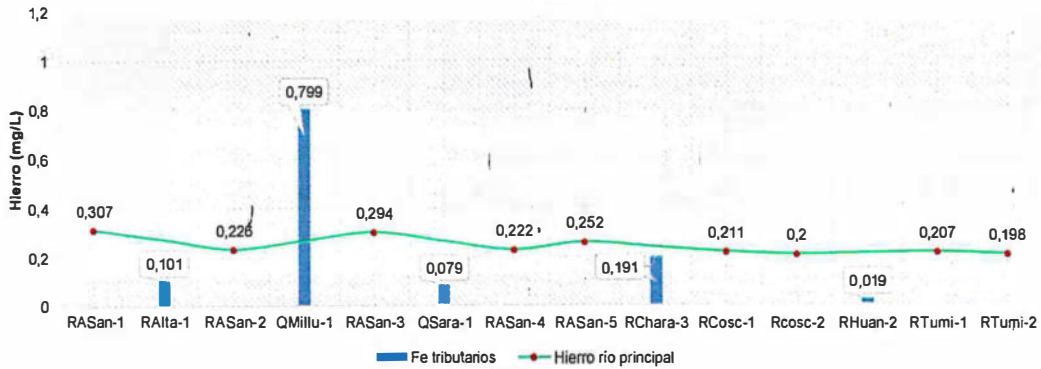


Figura 12-12. Comportamiento del hierro en el cuerpo principal por efecto de los tributarios (Zona I)

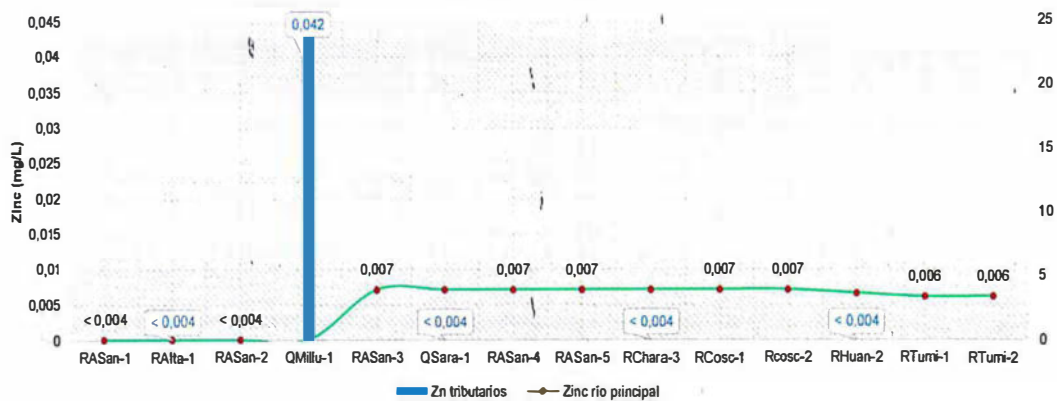


Figura 12-13. Comportamiento del zinc en el cuerpo principal por efecto de los tributarios (Zona I)



Handwritten notes in blue ink, including a signature and some illegible characters.

511. El río Huancanane se caracterizó por presentar condiciones alcalinas (RHuan-2: 8,62 unidad de pH), el cual confluye en el río Coscori (caudal: 962,9 L/s) con un caudal de 2,7 L/s, por lo que no genera cambio significativo del pH en la formación del río Tumulaca (RTumi-1) (Ver Figura 12-1). Sin embargo, su influencia sobre dicho cuerpo principal es significativa en los siguiente elementos:
512. El río Huancanane tiene efectos significativos en la variabilidad de la conductividad eléctrica y por ende en los **STD y DQO**, de tal modo que ejerce un cambio en el río principal (río Tumulaca) pese al poco caudal aportado. Siendo para el caso de la C.E. un incremento de 158,5 a 203,7  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (por un aporte de 3010  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), así también para el caso de los STD la variabilidad fue de 113 a 166 mg/L (por un aporte de 2228 mg/L); y en el caso de la DQO, influyó en la variación de 3,2 a 9,5 mg/L (por un aporte de 7 mg/L). De lo mencionado, se presume que la presencia de TDS aportado por el río Huancanane, genera la presencia de carga orgánica, tal como se manifiesta en el aumento de los valores de la DQO (Ver Figuras 12-7 y 12-8).
513. En el caso de los **iones bicarbonato, sulfato, calcio, magnesio, potasio y sodio**, se menciona que el río Huancanane, presentó concentraciones significativas respecto al río principal, tal es el caso del ion bicarbonato sufrió

variación en el río principal de 16,8 a 19,6 mg/L (por un aporte de 141,3 mg/L) (Ver Figura 12-2); en el caso de los sulfatos, ejerció una variación de 51,4 a 59,3 mg/L (por un aporte de 630,2 mg/L) (Ver Figura 12-3), en el caso de calcio, se varió de 18,22 a 22,34 mg/L (con un aporte de 326 mg/L) (Ver Figura 12-5), en el caso de magnesio, varió de 3,48 a 3,67 mg/L (con un aporte de 30,25 mg/L) (Ver Figura 12-11), en el caso de potasio, varió de 2,87 a 3,24 mg/L (con un aporte de 9,62 mg/L) (Ver Figura 12-6) y para el caso del sodio varió de 9,04 a 13,53 mg/L (con un aporte de 470,9 mg/L) (Ver Figura 12-4). Como se puede apreciar los aportes de los iones descritos por parte del río Huancanane son concentraciones altas respecto al río principal, por ende la importancia de conocer cuales serían las concentraciones a un mayor caudal en temporada de lluvia.

514. Uno de los metales por parte del río Huancanane que ejerció influencia en la caracterización del río principal, fue **el boro**. Su aporte (7,022 mg/L), aunque en poco caudal, influyó en la variación de la concentración del río, desde un valor no cuantificable (<0,0008 mg/L) a 0,143 mg/L (Ver Figura 12-14). Estas altas concentraciones han sido ampliamente reportadas en reservorios en la Cordillera de los Andes y su respectivo impacto en los cuerpos de agua superficial que reciben dichas aguas, entre los cuales podemos citar el caso del río Maure, según estudios del ANA.

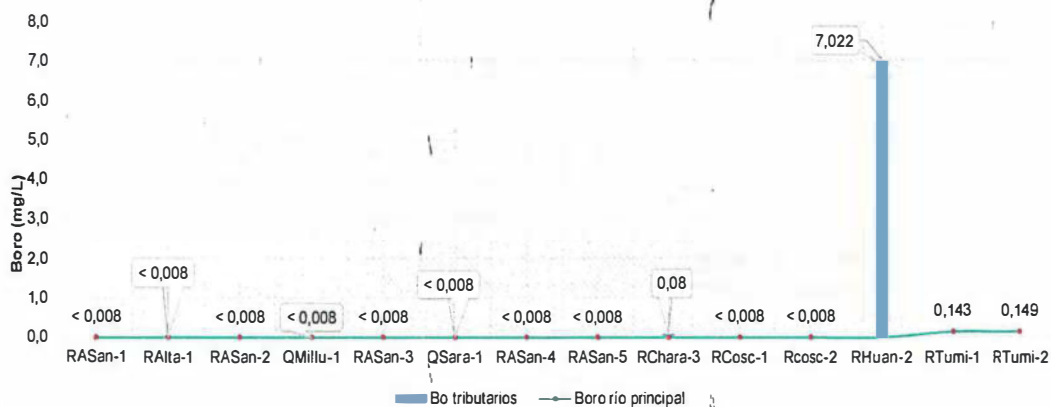


Figura 12-14. Comportamiento del boro en el cuerpo principal por efecto de los tributarios (Zona I)

12.1.2. Zona II

515. La Zona II comprende los cursos de agua en el área de la disposición de los relaves mineros procedentes del tajo, en el que se encuentran la quebrada Cortadera y Yarito, pertenecientes a la cuenca del río Locumba. Los referidos cuerpos de agua presentaron caudales discontinuos, por afloramiento de ellos en ciertos tramos de la cuenca.

516. En los instrumentos de gestión ambiental (IGA) como en los informes de monitoreo ambiental del proyecto Quellaveco no se encuentra mucha información respecto a la calidad del agua superficial en la quebrada Cortadera, ello debido a la escasez de flujos principalmente en la época de estiaje (época seca); de lo reportado se indica que los parámetros que superaron en algunos de los monitoreos efectuados, fueron el pH, OD, fluoruros, sulfatos y manganeso que contrastado con la EAT realizada por el OEFA solo se registró al oxígeno

disuelto en tal situación, indicando además que la quebrada Yarito, fue quien registró mayores concentraciones respecto a la quebrada Cortadera en la mayoría de los elementos evaluados.

517. Dado el escaso caudal de las referidas quebradas, los resultados obtenidos de caracterización de la quebrada Cortadera y Yarito deben ser tomadas como información de cierto estado del recurso ya que técnicamente no representa a las aguas superficiales que puedan discurrir sobre la quebrada mencionada.

### 12.1.3. Zona III

518. La Zona III comprende el área que funcionará como el sistema de abastecimiento de agua, desde la cual se trasladará hacia la zona de operaciones del proyecto minero Quellaveco. El área se caracteriza por tener un dos cuerpos de agua principales, el río Vizcacha, en la cual se proyecta la construcción de un embalse y el río Titire como uso permanente de captación. Los muestreos resultaron en una caracterización muy distinta entre el río Titire y el Vizcacha; sin embargo, la discusión se ha basado en la influencia de los tributarios estudiados hacia el río Vizcacha.

519. En la zona alta del río Vizcacha se observa proximidad a la laguna Pasto Grande, la cual posee características químicas similares al río. Por el acercamiento que tiene tanto el río como la laguna, se presume una influencia de filtraciones o escorrentías de la laguna hacia el río Vizcacha en su parte alta (caudal de RVizc-1: 3,8 L/s), que se refleja en sus resultados durante la etapa de estiaje. Las altas concentraciones registradas en el río, se ven, en su mayoría, diluidas en su parte baja, debido a aportes de tributarios importantes como son los ríos Chilota (caudal: 577,4 L/s) y Calasaya (caudal: 28,8 L/s), con concentraciones bajas en la mayoría de los parámetros evaluados; sin embargo, en el caso del metal hierro, se produce un efecto contrario, es decir las concentraciones del río Vizcacha varían de 0,503 mg/L a 0,709 mg/L (por aportes del río Calasaya con 0,7 mg/L y el río Chilota con 0,67 mg/L) (Ver Figura 12-15).

520. Cabe resaltar la importancia de algunos elementos que tributan los ríos y que ejercen efectos positivos en el río Vizcacha, como lo observado con en el caso del pH que varía de 4,88 (parte alta) a 7,84 unidades de pH (parte baja) (Ver Figura 12-16), así como la C.E. que varía de 682 a 166 uS/cm (Ver Figura 12-17).

521. En general, las influencias de los tributarios que aportan al río Vizcacha, durante la época de estiaje, tienen un efecto positivo en el sentido de diluir las descargas de caudales con altas concentraciones de muchos elementos que fueron reportados en la zona alta.

522. Respecto al río Titire, la composición química de sus aguas se caracteriza por presentar predominancia de iones de cloruro (1954 mg/L) y de sodio (1781 mg/L) a una temperatura de 20,1 °C, así como, conductividades de 7380 µS/cm y un grado de acidez de 5,44 unidades de pH. Así mismo, se registraron concentraciones de los metales aluminio, boro, hierro, litio, manganeso, arsénico, cadmio, cobalto y la DQO, en concentraciones que superan los EC para agua en la Cat. 3 del D.S. N° 004-2017-MINAM. Esta caracterización particular se



"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

sustenta en los estudios de geoquímica de los manantes geotermales de la zona del Titire en Moquegua, del INGEMMET elaborado por Vicentina Cruz y Koji Matsuda quienes en su estudio concluyen que las aguas termales se originan por la mezcla entre agua meteórica y magmática, siendo el principal componente mayoritario el agua meteórica.

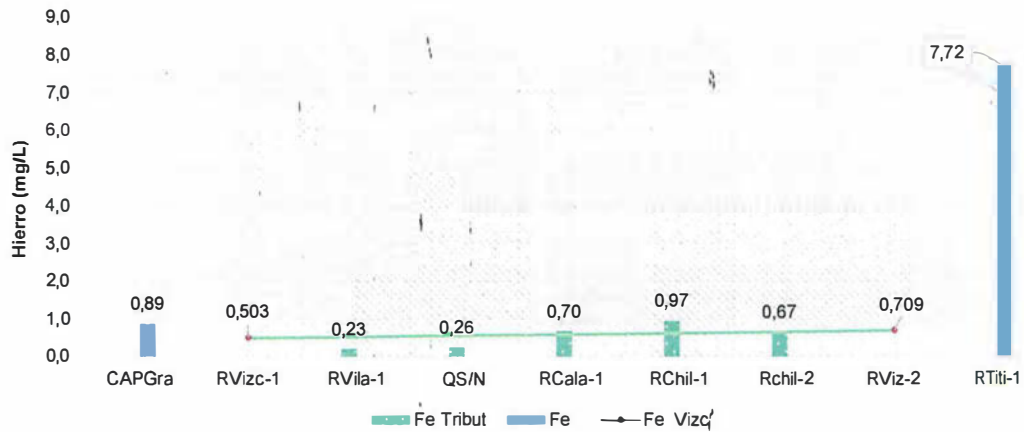


Figura 12-15. Comportamiento del hierro en el cuerpo principal por efecto de los tributarios (Zona III)

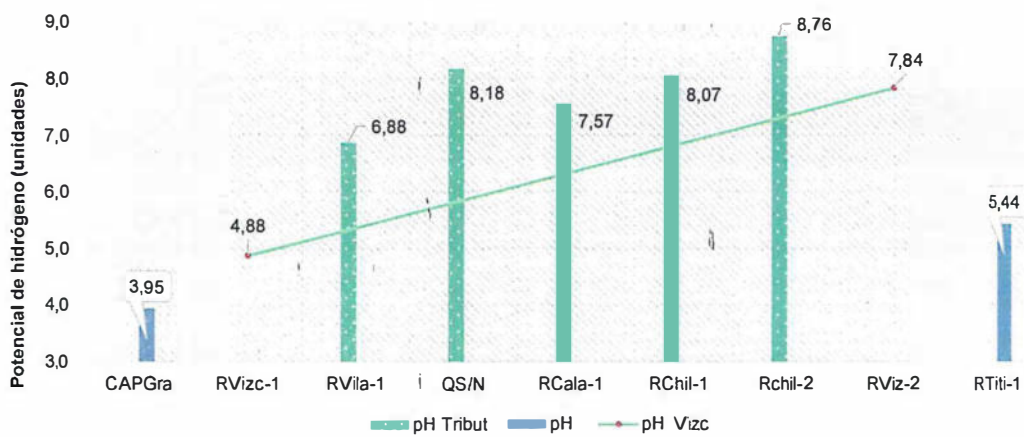


Figura 12-16. Comportamiento del pH en el cuerpo principal por efecto de los tributarios (Zona III)

MONITOREO Y VIGILANCIA  
 VIS  
 SUPERVISOR DE EMISORES  
 [Handwritten signature and notes]

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

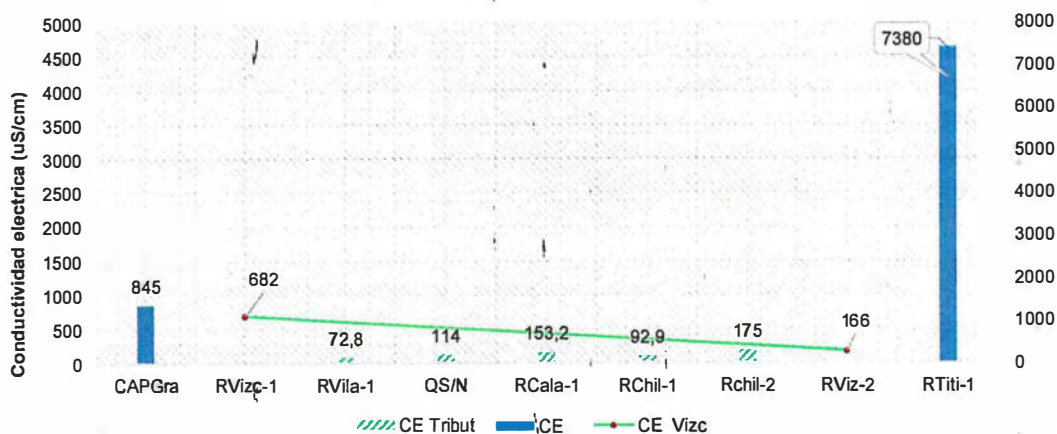


Figura 12-17. Comportamiento de la conductividad eléctrica (C.E.) en el cuerpo principal por efecto de los tributarios (Zona III)

12.2. Calidad de sedimentos

523. En general las mayores concentraciones de los metales reportados fueron Fe>Al>Ca>Mg>Na>K, apreciándose que no hubo predominancia de los metales pesados más importantes, y que referidos metales mencionados líneas arriba se podrían atribuir a características naturales de la zona evaluada; sin embargo se requiere recolectar mayor información para el punto SED-RTiti-1 (río Titire, perteneciente a la Zona III), puesto que registró las mayores concentraciones en 16 de los 31 metales evaluados.

524. En relación a la concentraciones de metales suspendidos en la columna de agua de los cuerpos evaluados y su posible aporte a la concentración de metales en sedimentos, es importante precisar que el tipo y cantidad de la materia en suspensión en las aguas superficiales depende la geología, orografía, vegetación, caudal, la pendiente del cauce que puede influir en el desmoronamiento de los materiales y la superficie de drenaje del río (Dekox *et al.*, 1997). Los metales pesados en la materia en suspensión, generalmente, presentan mayores concentraciones que en los sedimentos posiblemente debido, en gran parte, a que los procesos de precipitación producen coloides enriquecidos en metales pesados (Degens *et al.*, 1991; Lissitzin, 1991; Dekoz *et al.*, 1997).

525. La materia en suspensión está formada por gran variedad de compuestos incluyendo arcillas, carbonatos, cuarzos, feldespatos, y en gran parte materia de carácter orgánico (Metcalf y Eddy, 1984; Casas, 1989; Hernández, 1992; Seoáñez, 1999). Los metales pesados generalmente se hallan unidos a óxidos e hidróxidos de manganeso y hierro y a sustancias orgánicas, que de forma muy acusada afectan a los procesos de interacción entre los sólidos y los metales disueltos (Christman y Gjessing, 1983; Leppard, 1983; Kramer y Duinker, 1984; Aiken *et al.*, 1985; Buffle, 1988; Broekaert *et al.*, 1990).

526. Considerando las variables descritas líneas arriba, se realizaron métodos gráficos para determinar el posible aporte de los metales suspendidos de la columna de agua en los sedimentos; graficándose los principales metales pesados que se muestran a continuación:



Handwritten signature and vertical lines.

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

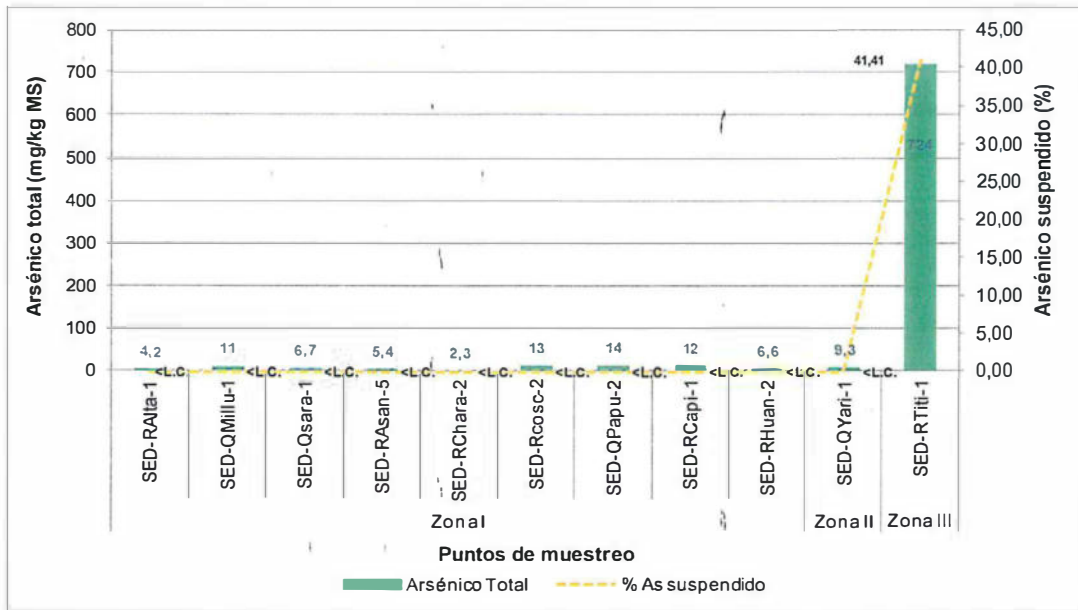


Figura 12-18. Porcentajes de arsénico suspendido en la columna de agua vs concentraciones de arsénico en sedimentos

MONITOREO Y VIGILANCIA  
 SEDIMENTOS  
 2010  
 2011  
 2012  
 2013  
 2014  
 2015  
 2016  
 2017  
 2018  
 2019  
 2020

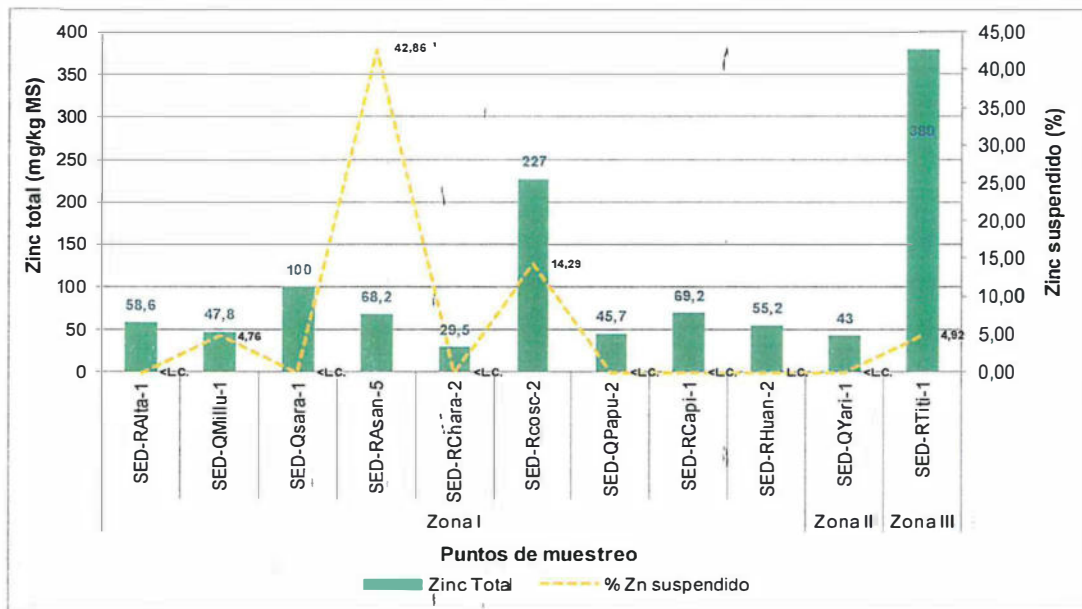


Figura 12-19. Porcentajes de zinc suspendido en la columna de agua vs concentraciones de zinc en sedimentos

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

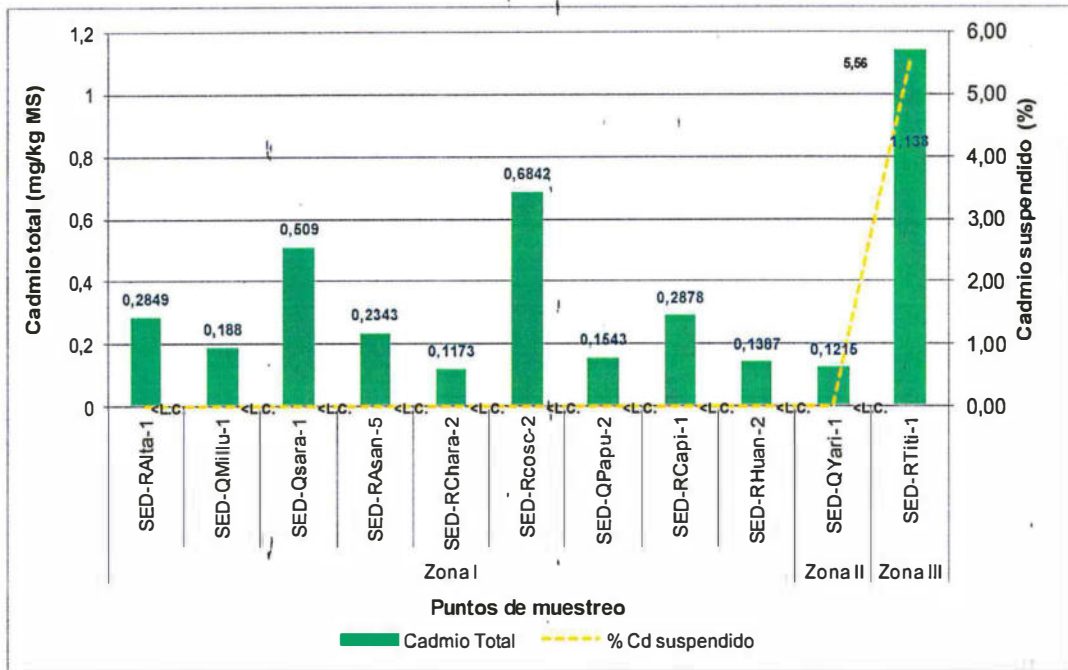


Figura 12-20. Porcentajes de cadmio suspendido en la columna de agua vs concentraciones de cadmio en sedimentos

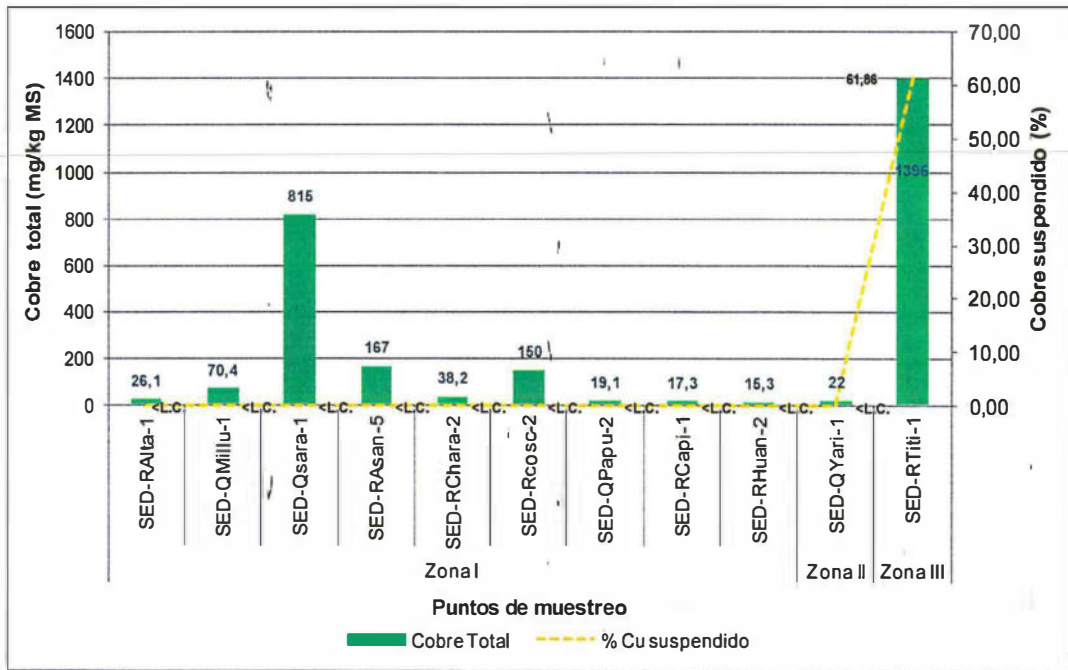


Figura 12-21. Porcentajes de cobre suspendido en la columna de agua vs concentraciones de cobre en sedimentos



il  
1  
1  
1  
1

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

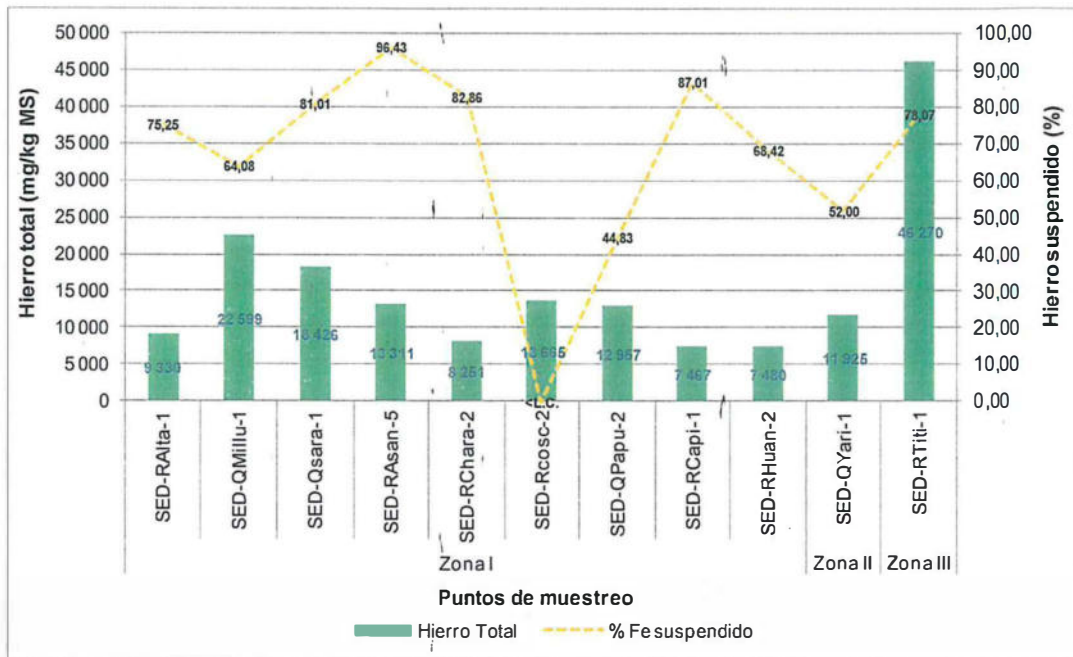


Figura 12-22. Porcentajes de hierro suspendido en la columna de agua vs concentraciones de hierro en sedimentos

527. Como se aprecia en las figuras 12-18; 12-20 y 12-21, el porcentaje de As, Cd y Cu suspendido en los puntos de muestreo pertenecientes a las Zonas I, II y III presentaron valores menores al límite de detección en las concentraciones de metales totales y disueltos en agua, indicando que en estos tramos evaluados, los metales suspendidos presentaron menor relevancia en relación al As y Cd disueltos de la columna de agua; sin embargo el punto SED-RTiti-1, se observa porcentajes de 41,41% en As suspendido y 5,56% en Cd suspendido; influenciando probablemente en las concentraciones reportadas de estos metales en sedimentos.
528. Respecto a la Figura 12-19, el % Zn suspendido, no supera el 50% en los puntos de muestreo, evidenciándose posibles contribuciones a las concentraciones de este metal en sedimentos, esto podría deberse al caudal del cuerpo de agua. Finalmente en relación a la Figura 12-22, se aprecia que en casi la totalidad de los puntos el % Fe suspendido, supera el 50%; relacionándose directamente con las mayores concentraciones de Fe en sedimentos encontrados.
529. Respecto al análisis estadístico, los puntos SED-QMillu-1, SED-Rasan-5, SED-RCosc-2 y SED-QSara-1 (Zona I), se encuentran caracterizados por presentar elevadas concentraciones de Cd, Co, Cu, Sr, P, Pb, V y Ti; además es importante precisar que la zona III requiere mayor cantidad de puntos ya que solo se evaluó un punto el SED-RTiti-1 (río Titire), dificultando su correcto análisis estadístico; ya que al parecer sus condiciones naturales se distinguen por presentar concentraciones superiores en muchos metales en relación a los demás puntos evaluados.



*[Firmas manuscritas]*

### 12.3. Comunidades hidrobiológicas

530. Los resultados de las comunidades hidrobiológicas evaluadas reflejaron la presión ambiental ejercida por las condiciones fisicoquímicas del agua y el gradiente altitudinal sobre los organismos acuáticos. En el caso del ficoperifiton, la mayor riqueza correspondió a la cuenca del río Tambo (Zona III) y la mayor abundancia a la cuenca del río Ilo – Moquegua (Zona I); en ambas cuencas y en la del río Locumba (Zona II), Bacillariophyta (diatomeas) presentó la mayor riqueza y abundancia. La variación más notable de riqueza y abundancia se observó en la cuenca del río Ilo - Moquegua (Zona I), siendo la quebrada Millune (HID-QMillu-1) la que presentó la menor riqueza y abundancia, muy probablemente afectadas por el bajo valor de pH registrado (4,32), el cual fue el más bajo del área de estudio. Experiencias relacionadas a la disminución del desarrollo de microalgas perifíticas en aguas ácidas son descritas por Greenwood (2006) y Smucker y Vis (2011). Añadido a ello, Roldán y Ramírez (2008) afirman que el pH es uno de los factores que más interviene en el desarrollo del ficoperifiton y citan a las desmidiáceas (un tipo de diatomeas) como ejemplo de las algas que mejor se desarrollan en condiciones de acidez. No obstante, en este punto no se encontró presencia de estas algas, sino más bien una dominancia de *Fragilaria capucina* (Bacillariophyta) y *Stigeoclonium sp.* (Chlorophyta). Los análisis multivariados revelaron que los puntos HID-QMillu-1 (quebrada Millune), HID-RTiti-1 (Titire) y HID-RVila-1 (quebrada Vilaje) se diferenciaron de forma notable del resto de puntos. En el caso de HID-RTiti-1, su composición podría estar siendo afectada por el ingreso de aguas de origen geotermal, la cual favorece el desarrollo de especies adaptadas a una mayor temperatura (20,1 °C), en medio de un entorno de clima de puna. En una zona similar de los andes colombianos, Santamaría (2011) encontró solo 5 morfotipos de Bacillariophyta y Chlorophyta en una fuente termal de 28,9 °C; en cambio, en la presente evaluación se registró una mayor diversidad de especies, siendo las más abundantes las diatomeas *Nitzschia gracilis*, *Eunotia exigua* y *Epithemia adnata*, y las cianobacterias *Phormidiochaete crustacea* y *Xenococcus sp.* En el caso HID-RVila-1, su composición estaría siendo afectada por factores menos evidentes, entre ellos quizás restricciones dadas por el hábitat, pues este fue uno de los pocos puntos evaluado en zona de bofedal. Excluyendo a los tres puntos mencionados anteriormente, los análisis de agrupamiento y de correspondencia canónica permiten dilucidar que la distribución de ficoperifiton estaría respondiendo principalmente a las variaciones de oxígeno disuelto y temperatura, las cuales obedecen a la presión del gradiente altitudinal. El zooperifiton tuvo una ocurrencia muy baja, lo que permite confirmar su limitada representatividad en la zona de evaluación.

531. En el caso de los macroinvertebrados bentónicos, se presentó una variación de riqueza similar a la encontrada en el ficoperifiton; no obstante, en la abundancia, los contrastes fueron más notorios en las tres cuencas. En lo que respecta a la composición, se apreció una mayor heterogeneidad de órdenes en la cuenca del río Tambo (Zona III), siendo Ephemeroptera, Díptera, Coleóptera y los no insectos, los grupos más representativos; en cambio, en las cuencas restantes, Díptera fue el orden dominante. Esta composición de especies en las cuencas de estudio es muy habitual en ambientes lóticos (quebradas y ríos), pues en ellos, los insectos acuáticos son importantes elementos de su dinámica ecológica, jugando un importante rol en el ciclo de materiales y en las transferencias tróficas (Maneechan y Prommi 2015). Al igual que en el caso del

perifiton, los puntos HID-QMillu-1 (quebrada Millune) e HID-RTiti-1 (río Titire) presentaron una composición notablemente diferente del resto de puntos, muy probablemente debido a las condiciones particulares de pH y temperatura, respectivamente. Al respecto, Gutierrez-Garaviz *et al.* (2014) mencionan que las condiciones fisicoquímicas del agua son determinantes en el establecimiento de los macroinvertebrados bentónicos, especialmente cuando estas son afectadas por contaminación de origen antropogénico; sin embargo, tanto en la quebrada Millune (HID-QMillu-1) como el río Titire (HID-RTiti-1), sus condiciones muy particulares serían de origen natural y estarían relacionadas a las altas concentraciones de aluminio y bajas concentraciones de bicarbonatos (Minera Quellaveco S.A. 2002, Visitación y De la Cadena 2014) para el primer caso y por la actividad geotérmica (Cruz *et al.*, 2014) en el segundo caso. En el resto de puntos se observó que la altitud y, en menor medida, los metales calcio, hierro, magnesio y aluminio fueron las principales variables que influyeron en la distribución de macroinvertebrados bentónicos.

532. La evaluación de la calidad ecológica mostró una mejor calidad en la cuenca del río Tambo (Zona III), lo que estaría relacionado a una menor intervención antropogénica en esta zona; el único impacto significativo observado aquí, estuvo relacionado a la actividad geotérmica de la zona. En la cuenca del río Ilo-Moquegua (Zona I), aquella donde se establecerá la futura zona de operaciones, se ha observado la construcción de algunas instalaciones por parte del administrado, lo que ya viene alterando el paisaje y, en consecuencia, también al río Asana; esto se evidenció en la mejor calidad ecológica encontrada en la parte más alta del río Asana, aguas arriba de la futura zona de operaciones. En la cuenca del río Locumba (Zona II), su calidad ecológica estaría siendo afectada por la escasez del agua en la zona, condición adversa para el desarrollo de hábitats disponibles para el establecimiento de la biota acuática. La mejor calidad ecológica observada estuvo relacionada a una mayor diversidad de especies pertenecientes a los órdenes Ephemeroptera, Plecóptera y Trichoptera, los cuales son considerados muy buenos indicadores de calidad de agua por ser muy sensibles a cambios que alteran su calidad (Carrera y Fierro, 2001).

#### 12.4. Calidad de aire

255. Durante la ejecución del monitoreo del 7 al 11 de setiembre de 2017, las estaciones no registraron precipitaciones, por lo que las condiciones climáticas fueron las mejores para realizar un monitoreo de la calidad de aire sin mitigación natural.
256. Las concentraciones encontradas de  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$  en todas las estaciones de muestreo presentaron valores bajos a pesar de la ausencia de precipitaciones, lo que evidencia un comportamiento normal de la zona a las velocidades de viento registradas.
257. Es preciso mencionar que las estaciones de muestreo CA-TALA y CA-CORT, fueron ubicadas en zonas cercanas a las estaciones KPA4 (poblado de Tala) y KPA5 (depósito de relaves), respectivamente, las cuales corresponden a las estaciones asignadas en la línea base del proyecto Quellaveco, con el propósito de comparar y establecer la relación de los resultados obtenidos. Producto de la comparación podemos afirmar que las concentraciones de  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$ , obtenidas en las estaciones de muestreo mencionadas, guardan coherencia con

las obtenidas en el monitoreo de calidad de aire realizado por el administrado en el año 2016, debido a que todas las concentraciones se encuentran en conformidad con el ECA vigente.

### 13. CONCLUSIONES

#### 13.1. Calidad de agua

- i. Se establecieron 34 puntos de muestreo de agua superficial, los que se distribuyeron por zonas de acuerdo a la cuenca hidrográfica a la cual pertenecen y se muestrearon 30 puntos, por encontrarse secos 4 puntos. Los resultados de las determinaciones analíticas del laboratorio, fueron comparadas con los valores establecidos en los ECA para Agua (Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM), Cat. 3 D1 y D2 (para las Zonas I y III) y Cat. 1 A2 (para la Zona II).
- ii. Los resultados obtenidos evidencian que la zona de estudio se caracteriza por presentar condiciones ligeramente alcalinas para la época evaluada (estiaje), donde la mayoría de los puntos presentaron concentraciones de pH dentro del rango de valores establecidos en los ECA para agua. Sin embargo, los puntos de muestreo QMillu-1, RAsan-3, RHuan-2 y RChil-2 (Zona I), RTiti-1, CAPGra y RVizc-1 (Zona III), los que no cumplieron con el rango establecido por el ECA para agua Cat.3 (D1 y D2).
- iii. Las concentraciones de oxígeno disuelto fueron aceptables y cumplen con el mínimo establecido en los ECA para agua Cat. 3 y Cat. 4 (de acuerdo a la zona evaluada), a excepción del punto de muestreo QYari-1 (Zona II) que obtuvo concentraciones menores a la establecida por el ECA para agua Cat.1 A2.
- iv. Los valores de conductividad de los puntos de muestreo se encontraron dentro del valor establecido por los ECA para agua, a excepción de los puntos RHuan-2 (Zona I) y RTiti-1 (Zona III), que obtuvieron valores superiores al ECA para agua Cat. 3 (D1 para el primero, y D1, D2 para el segundo).
- v. Las concentraciones de cloruros fueron menores a los ECA para agua en la mayoría de puntos de muestreo evaluados, sin embargo, los puntos RHuan-2 (Zona I) y RTiti-1 (Zona III) superaron el valor ECA para agua Cat. 3 D1.
- vi. Los metales que registraron concentraciones que superaron el ECA para agua Cat. 3 (D1 y D2) fueron : Aluminio en los puntos QMillu-1, RTiti-1 y CAPGra; Arsénico en los puntos RTiti-1, RChil-2 (D1); Boro en los puntos RTiti-1, RHuan-1, RHuan-2, QPapu-2 (D1), RCapi-1 (D1), CAPGra (D1) y RVizc-1 (D1); Cobre en el punto RTiti-1; cadmio, cobalto, hierro en el punto RTiti-1 (D1); Litio en el punto RTiti-1 y manganeso en los puntos QMillu-1, RTiti-1, CAPGra-1 y RVizc-1.
- vii. Las aguas superficiales de las tres microcuencas evaluadas, presentan características físicoquímicas similares a aguas naturales con concentraciones de metales menores a los establecidos en el marco de regulación ambiental, con excepción de los puntos antes mencionados y los parámetros descritos en los párrafos precedentes.



Handwritten signature and initials in blue ink.





### 13.2. Calidad de sedimentos

- viii. Las concentraciones de los metales totales predominantes en los puntos de muestreo evaluados fueron  $Fe > Al > Ca > Mg > Na > K$ , caracterizados por ser elementos presentes en abundancia en la corteza terrestre.
- ix. De acuerdo a los análisis estadísticos realizados, los tramos evaluados de las quebradas Milllune y Saralllenque y los ríos Coscori y Asana presentaron tendencias a elevadas concentraciones de los metales pesados Cd, Co, Cu y Pb, y de los metales Sr, P, V y Ti. Mientras que los tramos evaluados en las quebradas Papujune y Yarito; y los ríos Capillune, Altarani, Charaque y Huancanane presentaron tendencias a bajas concentraciones en todos los metales evaluados. Finalmente el tramo evaluado del río Titire, requiere mayor información para su caracterización estadística.

### 13.3. Comunidades hidrobiológicas

- x. El perifiton estuvo representado por 151 taxa de ficoperifiton correspondientes a los phyla Bacillariophyta, Charophyta, Chlorophyta, Cyanobacteria, Ochrophyta, Cryptophyta y Euglenozoa; y 8 taxa de zooperifiton correspondientes a los phyla Cercozoa, Amoebozoa, Nematoda y Rotífera. El ficoperifiton mostró un mejor desarrollo de riqueza en la cuenca del río Tambo (Zona III) y un mejor desarrollo de abundancia en la cuenca del río Ilo-Moquegua (Zona I), siendo Bacillariophyta el phylum más representativo en todos los casos. El zooperifiton fue un grupo menos diverso y abundante, que lo hizo poco representativo para el área de evaluación.
- xi. Los macroinvertebrados bentónicos estuvieron representados por 49 taxa, correspondientes a los órdenes Díptera, Coleóptera, Heteroptera, Trichoptera, Plecóptera, Ephemeroptera, Odonata y otros no insectos. Se encontró un mejor desarrollo de riqueza en la cuenca del río Tambo (Zona III) y un mejor desarrollo de abundancia en la cuenca del río Ilo-Moquegua (Zona I), siendo Ephemeroptera, Díptera, Coleóptera y los "no insectos" los grupos más representativos de la primera cuenca y Díptera el más representativo de la segunda cuenca.
- xii. El análisis de correspondencia canónico permitió observar que las condiciones fisicoquímicas y la altitud influyeron sobre la distribución de organismos del ficoperifiton y macroinvertebrados bentónicos. En el caso de la quebrada Milllune (Zona I) y el río Titire (Zona III), las condiciones de pH y temperatura, respectivamente, tuvieron una mayor influencia que la altitud. En el resto de cuerpos de agua, el oxígeno disuelto, la temperatura y la altitud fueron los factores que más afectaron al perifiton; mientras que la altitud y los metales totales (calcio, hierro, magnesio y aluminio) fueron los que más afectaron a los macroinvertebrados bentónicos.
- xiii. La evaluación de la calidad ecológica permitió observar que en la cuenca del río Tambo (Zona III) se encontró la mejor calidad ecológica del área de evaluación. En la cuenca del río Ilo-Moquegua (Zona I), se observó una calidad ecológica



Handwritten signature and initials in blue ink.

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

más deteriorada, presentando una calidad buena solo en la parte más alta del río Asana, aguas arriba de la futura área de operaciones. En la cuenca del río Locumba (Zona II), solo se determinó la calidad ecológica de la quebrada Yariño, la cual fue mala por estar condicionada a la escasez de agua y, en consecuencia, un escaso de número de hábitats disponibles para el establecimiento de la biota acuática.

#### 13.4. Calidad de aire

- xiv. Todas las concentraciones de material particulado ( $PM_{10}$ ) obtenidas en los puntos CA-TALA (poblado de Tala), CA-QUIM (quebrada Quimsuta) y CA-CORT (Cerro Cortadera) se encontraron conforme con el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para dicho parámetro, equivalente a  $100 \mu g/m^3$  para periodos de 24 horas (Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM).
- xv. Adicionalmente, las concentraciones de material particulado ( $PM_{2.5}$ ) obtenidas en los puntos CA-TALA (poblado de Tala) y CA-QUIM (quebrada Quimsuta) se encontraron conforme con el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para dicho parámetro, equivalente a  $50 \mu g/m^3$  para periodos de 24 horas (Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM).
- xvi. Complementariamente, y considerando que la normativa de calidad de aire aplicada en los instrumentos de gestión ambiental del proyecto Quellaveco fueron el Decreto Supremo N° 074-2001-PCM y el Decreto Supremo N° 003-2008-MINAM, se compararon los resultados obtenidos en el muestreo y se tuvo que todas las concentraciones de  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$  obtenidas en los puntos CA-TALA, CA-QUIM y CA-CORT se encontraron conformes al respectivo estándar para periodos de 24 horas.
- xvii. Finalmente, las concentraciones de metales en  $PM_{10}$  reportadas en los puntos de muestreo CA-TALA, CA-QUIM y CA-CORT cumplieron en todos los casos con los valores de referencia de la norma canadiense (AAQC) para periodos de 24 horas.

#### 14. RECOMENDACIONES

- i. Remitir copia del presente informe al Gobierno Regional de Moquegua y, a las Municipalidades distritales de Torata y Moquegua para su conocimiento y fines, de acuerdo a los compromisos asumidos en la etapa de coordinación previa e inducción.
- ii. Difundir los resultados del presente informe a los principales actores involucrados en la evaluación ambiental temprana, para ejecutar acciones conjuntas orientadas a la vigilancia y conservación de los componentes ambientales en el área de influencia del proyecto minero Quellaveco, en el distrito de Torata, provincia de Mariscal Nieto departamento de Moquegua.
- iii. Programar acciones de vigilancia ambiental, en el marco de la EAT en época húmeda (lluvias), a fin de complementar la información obtenida y evaluar el comportamiento de cada componente ambiental.
- iv. Remitir el presente informe a la Dirección de Supervisión del OEFA, para conocimiento y fines, en función de sus competencias.



## 15. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aral, Hal & Vechhio - Sadus A (2008). Toxicity of lithium to humans and the environment - A literature review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. CSIRO Minerals, Box 312, Clayton South, Vic, 3169, Australia.

Albert, L. (2012). *Toxicología Ambiental: Contaminantes Inorgánicos*. México D.F. México. 2da ed. Editorial LIMUSA, S.A. 101-211 p.

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.

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.

Aiken, G., Mcknighy, D., Wershaw, R., MacCarthy, P. (1985). *Humic substances in soil, sediment and water*. Wiley, New York Chichester Brisbane Toronto Singapore

Acosta, R & Prat, N. (2011). Trophic Ecology of *Hyalella* sp. (Crustacea: Amphipoda) in a High Andes Headwater River with Travertine Deposits. *International Review of Hydrobiology*, 96(3), 274-285.

American Public Health Association, A. W. (2012). 5520 C. Closed Reflux, Titrimetric Method. En R. B. Eugene W. Rice (Ed.), *Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater* (22 nd ed., págs. 5-19 y 5-20). United States of America.

Buffle, J. 1988. *Complexation reactions in aquatic systems: An analytical approach*: Ellis Horwood, Chichester.

Bray, J. R. y Curtis, J. T. (1957). An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecological monographs*, 27(4), 325-349.

Broekaert, J., Gücer, S. & Adams, F. 1990. *Metal speciation in the environment* Springer-Verlag Berlin. Germany, pp 645.

Canadian council of Ministers of the Environment. 1999. *Canadian Sediment quality Guidelines for the protection of the aquatic life*.

Casas, J. 1989. *Estudio de la contaminación por metales pesados de la cuenca de Cardener*. Tesis Doctoral, pp 271.

Christman, R. & Gjessing, E. 1983. Aquatic and terrestrial humic materials. *Ann Arbor Science*, Ann Arbor.

Carrera, C. y Fierro, K. (2001). *Manual de monitoreo: los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua*. Quito: EcoCiencia.



U  
1  
1  
P  
E  
1



Crisci, J.V. y López, 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.

Cruz, V., Vargas, V. y Cacya, L. (2014) - Caracterización y evaluación del potencial geotérmico de la región Moquegua. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 58, 155 p., 2 mapas.

Chapman, D.V. (ed. 1996). "Water Quality Assessment : A guide to use biota, sediments and water" Environmental Monitoring. Second Edition. UNESCO, WHO and UNEP. E & FN Spon, London UK

DOCE. (2000). *Directiva Marco en Política de Aguas de la Comunidad Europea (2000/60/CE)*, Bruselas.

Egler, M. (2002). Utilizando a comunidade de macroinvertebrados bentônicos avaliação da degradação de ecossistemas de rios em áreas agrícolas. Dissertação de Mestrado, Escola Nacional de Saúde Pública, FIOCRUZ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 147 p.

EHC 18 (1981). Environmental Health Criteria Arsenic. World Health Organization Geneva.

EHC 194 (1997). Environmental Health Criteria Aluminium. World Health Organization Geneva.

EHC 134 (1992). Environmental Health Criteria Cadmium. World Health Organization Geneva.

EHC 200 (1998). Environmental Health Criteria Copper. World Health Organization Geneva.

EHC 194 (1980). Environmental Health Criteria Tin and organotin compounds . World Health Organization Geneva.

EHC 17 (1981). Environmental Health Criteria Manganese. World Health Organization Geneva.

EHC 118 (1991). Environmental Health Criteria Inorganic Mercury. World Health Organization Geneva.

EHC 108 (1991). Environmental Health Criteria Nickel. World Health Organization Geneva.

Estudio de Impacto Ambiental (EIA, 2000) del Proyecto Quellaveco. Resolución Directoral N° 266-2000-EM/DGAA.

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

Field, A. 2009. *Discovering Statistics using SPSS (3rd ed.)*. SAGE Publications Inc, Los Angeles, London, New Delhi, Singapore, Washington DC.



Handwritten signature or initials in blue ink.





Minera Quellaveco S.A. (2014). Estudio de impacto ambiental del proyecto Quellaveco. Volumen I.

Moreno, C., Barragán, F., Pineda, E. y Pavón, N. (2011). Reanálisis de la diversidad alfa: alternativas para interpretar y comparar información sobre comunidades ecológicas. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 82, 1249-1261.

Moreno, C. E. y Halffter, G. (2000). Assessing the completeness of bat biodiversity inventories using species accumulation curves. *Journal of Applied Ecology*, 37(1), 149-158.

Montoya Moreno, Y. y N. Aguirre R. (2013). Estado del arte del conocimiento sobre perifiton en Colombia. *Revista Gestión y Ambiente*, 16 (3), 91-117

Moya, N., Gibon, F. M., Oberdorff, T., Rosales, C. & Domínguez, E. (2009). Comparación de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos en ríos intermitentes y permanentes del altiplano boliviano: implicaciones para el futuro cambio climático. *Ecología Aplicada*, 8(2), 105-114.

Metcalf & Eddy, INC. (1984). Ingeniería Sanitaria: tratamiento, evacuación y reutilización de aguas residuales. Ed. Labor. Madrid, 1380 pp.

Metcalf & Eddy (2014) Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery. 5th Edition, McGraw-Hill, New York.

Martínez-Sánchez, M., Navarro, M., Pérez-Sirvent, C., Marimón, J., Vidal, J., García-Lorenzo, M., Bech, J. 2008. Assessment of the mobility of metals in a mining-impacted.

Neff, J.M. (2002). Bioaccumulation in marine organisms. Effect of contaminants from oil well produced water. Elsevier Ltd. Oxford, UK.

Peet, R.K. (1974) The measurement of species diversity. *Annual Review of Ecological and Systematics*, 5, 285-307. doi: 10.1146/annurev.es.05.110174.00144.

Pielou, E. C. (1975). *Ecological diversity*. John Wiley and Sons. New York, pp 165.

Pielou, E.C. (1984). The interpretation of ecological data. A primer on classification and ordination. John Wiley & Sons, Inc., New York, 263 p.

Prat, N., Ríos, B., Acosta, R. y Rieradevall, M. (2009). Los macroinvertebrados como indicadores de calidad de las aguas. En. E. Domínguez y H.R. Fernández (Eds.) *Macroinvertebrados Bentónicos Sudamericanos* (pp. 631-654). Tucumán, Argentina: Fundación Miguel Lillo.

Postawa, A. (2013). Best Practice Guide on the Control of Iron and Manganese in Water Supply. London. United Kingdom. British Library. 30 p.

Ríos-Touma, B., Acosta, R., Prat, N. (2014). The Andean Biotic Index (ABI): revised tolerance to pollution values for macroinvertebrate families and index performance evaluation. *Revista de biología tropical*. 62, 249-273.



0  
1  
1  
D  
G  
1



Roldán, G. (2016). Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 40(155), 254-274.

Roldán, G. (2001). Estudio limnológico de los recursos hídricos del parque de Piedras Blancas. *Academia Colombiana de Ciencias Exactas Físicas y Naturales Colección Jorge Álvarez Lleras No. 9*.

Roldán, G. y Ramírez, J. (2008). *Fundamentos de Limnología Neotropical*. 2. ed. Medellín: Editorial Universidad de Antioquia. 439 p.

Rajagopal, S. (2012). *Operational and Environmental Consequences of Large Industrial Cooling Water System: Metals*. Nueva York. Estados Unidos de América. Springer. 249 p.

Sandí, W. (2010). Físico-química de las aguas superficiales de la Cuenca del río Rincón, Península de Osa, Costa Rica: Cloruros. *Cuadernos de Investigaciones UNED*. 2(2): 157-179.

Seoanez, M. 1999. *Aguas residuales urbanas*. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, pp 368.

Santamaría, D. (2011). *Algas termófilas: revisión y caso de estudio parque nacional natural los nevados*. (Tesis de Grado). Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá.

Smucker NJ y Vis ML. (2011). Acid mine drainage affects the development and function of epilithic biofilms in streams *Journal of the North American Benthological Society*. 30: 728-738.

Sokal, R. R. y Michener C. D. (1958). *A statistical method for evaluating systematic relationships*. Kansas: U. Kansas Sci. Bull. 38:1409 -1438.

Stanley M, (2007). *Introducción a la química ambiental*. Universidad Nacional Autónoma de México.

Thyne, G., Güler, C. y Poeter, E. 2004. Sequential analysis of hydrochemical data for watershed characterization. *Groundwater*, Vol. 42, N° 5.

Upadhyayula, V. 2009. Application of Carbon Nanotube Technology for Removal of Contaminants in drinking water. *Science of Total Environment*. 408: 1-13.

Universidad Nacional Mayor De San Marcos (UNMSM) - Museo De Historia Natural (MHN) & MINAM. (2014). *Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú*. Lima: Ministerio del Ambiente.

Vargas, L. 2004. *Tratamiento de Agua para Consumo Humano Plantas de Filtración Rápida: Calidad del Agua*. Lima. Perú. 1-47 p.

Visitación, L. y De la Cadena, M. (2014). Informe de resultados de segunda campaña de monitoreo de agua superficial y subterránea, marzo - abril 2014. *Pronaturaleza (Fundación Peruana para la Conservación de la Naturaleza)*. 117 p.



0  
P  
1  
D  
Gy  
1



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Organismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

Warwick, R.M. y Clarke, K.R. (1995). New 'biodiversity' measures reveal a decrease in taxonomic distinctness with increasing stress. *Marine Ecology Progress Series*, 129(2), 301-305.

Weiner, E. 2013. *Applications of Environmental Aquatic Chemistry: Sulfate*. Estados Unidos de América. 3era ed. Taylor and Francis Group. 527-529 p.

Yacoub, C. 2010. Estudio sobre metales pesados en la Cuenca del Jequetepeque, Peru. 90 pp.

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.

Zúñiga, M. del C. y Cardona, W. (2009). Bioindicadores de calidad de agua y caudal ambiental. En: Cantera, J., Carvajal, Y. y Castro, L. (Eds). *Caudal ambiental: conceptos experiencias y desafíos* (pp. 167-198). Cali, Colombia: Programa Editorial de la Universidad del Valle



Handwritten signature in blue ink.





"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

**ANEXOS:**

Anexo A	:	Actores involucrados
Anexo A1	:	Actas, Listado de participantes de la EAT y registro fotográfico (Lista de Instituciones) – Visita de reconocimiento y coordinación previa con los actores involucrados.
Anexo A2	:	Actas, Listado de participantes de la EAT y registro fotográfico – Etapa de taller de inducción y presentación de la propuesta del plan de monitoreo.
Anexo A3	:	Actas, Listado de participantes de la EAT y registro fotográfico – Etapa de ejecución del monitoreo.
Anexo B	:	Calidad de agua.
Anexo B1	:	Mapa de puntos de muestreo.
Anexo B2	:	Fichas de campo.
Anexo B3	:	Registros de ajuste y verificación.
Anexo B4	:	Registro fotográfico.
Anexo B5	:	Cadenas de custodia, sistematización e informes de ensayo.
Anexo B6	:	Certificados de calibración de equipos.
Anexo B7	:	Certificados de acreditación de los laboratorios.
Anexo C	:	Calidad de sedimentos.
Anexo C1	:	Mapa de puntos de muestreo.
Anexo C2	:	Fichas de campo.
Anexo C3	:	Registro fotográfico.
Anexo C4	:	Cadenas de custodia, sistematización e informes de ensayo.
Anexo C5	:	Análisis probabilístico de datos.
Anexo D	:	Comunidades hidrobiológicas.
Anexo D1	:	Mapa de puntos de muestreo.
Anexo D2	:	Fichas de campo.
Anexo D3	:	Registro fotográfico.
Anexo D4	:	Clasificación taxonómica – Perifiton.
Anexo D5	:	Clasificación taxonómica – Macroinvertebrados bentónicos.
Anexo D6	:	Criterio de elección de puntaje – calidad ecológica.
Anexo D7	:	Cadenas de custodia.
Anexo E	:	Calidad de aire.
Anexo E1	:	Mapa de puntos de muestreo.
Anexo E2	:	Registro fotográfico.
Anexo E3	:	Certificados de calibración de equipos.
Anexo E4	:	Fichas de campo, cadenas de custodia, cálculos e informes de ensayo.
Anexo E5	:	Cartillas de registro de flujos



4  
 1  
 1  
 2  
 Ely