

**PERÚ****Ministerio  
del Ambiente****Organismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental - OEFA****STEC: Subdirección  
Técnica Científica**

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

**2019-I01-018465****INFORME N° 00230-2019-OEFA/DEAM-STEC**

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

**DE** : **LÁZARO WALTHER FAJARDO VARGAS**  
Ejecutivo de la Subdirección Técnica Científica

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

**CARLOS MANUEL AMAYA ROJAS**  
Especialista de Evaluaciones Ambientales

**ASUNTO** : Vigilancia ambiental en el área de influencia de la unidad  
minera Tantahuatay de la Compañía Minera Coimolache  
S.A., ubicada en el departamento Cajamarca - 2019.

**CUE** : 2019-02-0001

**CÓDIGO DE ACCIÓN** : 0009-3-2019-401 / 0024-5-2019-401

**REFERENCIA** : Planefa 2019

**FECHA** : Lima, 25 de setiembre de 2019

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

**1. INFORMACIÓN GENERAL**

Los aspectos generales de la vigilancia ambiental realizada en el área de influencia de la unidad minera Tantahuatay de la Compañía Minera Coimolache S.A. (en adelante, UM Tantahuatay) son presentados en la Tabla 1.1.

**Tabla 1.1.** Datos generales de la actividad realizada

a.	Zona evaluada	Distritos Chugur y Hualgayoc, provincia Hualgayoc, departamento Cajamarca
b.	Unidades fiscalizables en la zona de estudio o actividades económicas	Área de influencia ambiental directa de la unidad minera Tantahuatay de la Compañía Minera Coimolache S.A.
c.	Problemática identificada	Presunta afectación de los cuerpos de agua en el área de influencia de las actividades de explotación de la unidad minera Tantahuatay de la compañía minera Coimolache S.A.
d.	La actividad se realizó en el marco de	Planefa 2019
e.	Tipo de evaluación	Vigilancia ambiental
f.	Periodo de ejecución	Del 14 al 20 de marzo de 2019 / Del 29 de mayo al 04 de junio de 2019



PERÚ

Ministerio  
del AmbienteOrganismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental - OEFASTEC: Subdirección  
Técnica CientíficaDecenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

Profesionales que aportaron a este documento:

**Tabla 1.2.** Listado de profesionales

N.º	Nombres y Apellidos	Profesión	Actividad desarrollada
1	Lázaro Walther Fajardo Vargas	Ingeniero químico	Gabinete
2	Luis Ángel Ancco Pichuilla	Ingeniero químico	Gabinete
3	Carlos Manuel Amaya Rojas	Ingeniero ambiental y de recursos naturales	Gabinete
4	Patricia Mónica Barreto Sáenz	Ingeniera ambiental	Campo y gabinete
5	Francis Cari Abril	Licenciado en ciencias biológicas	Campo y gabinete
6	César Reátegui Valle	Ingeniero químico	Campo y gabinete

## 2. DATOS DE LA ACTIVIDAD REALIZADA

Los parámetros evaluados en la vigilancia ambiental realizada en el área de influencia de la UM Tantahuatay se presentan en la Tabla 2.1.

**Tabla 2.1.** Parámetros evaluados

Matriz evaluada	Parámetros evaluados	Cantidad de puntos
1er Monitoreo*		
Agua superficial	T, pH, CE, OD, aceites y grasas, DQO, STS, metales totales, sulfatos, cianuro wad y cianuro total**	34
Sedimentos	Metales totales	22
Suelo	Metales totales, análisis ABA	2
Desmonte	Metales totales, análisis ABA	3
Efluentes mineros	Ninguno (no hubo descarga)	0
Hidrobiología	Macroinvertebrados bentónicos	25***
2do Monitoreo		
Agua superficial	T, pH, CE, OD, metales totales, sulfatos, cianuro wad y cianuro total**	37
Efluentes mineros	Ninguno (no hubo descarga)	0

(\*) El 1er monitoreo se realizó en conjunto con la DSEM.

(\*\*) Los parámetros evaluados varían de acuerdo al tipo de punto de monitoreo.

(\*\*\*) Cada punto está compuesto por 5 submuestras o réplicas.

Parámetros que excedieron la normativa de la vigilancia ambiental en el área de influencia ambiental directo de la UM Tantahuatay durante el 2019, se presenta en la Tabla 2.2.

**Tabla 2.2.** Parámetros que exceden normativa ambiental

Matriz	Cuerpo de agua	Código OEFA	Código IGA	Norma ambiental – IGA	
				Mar-19	May/Jun-19
Agua superficial (a)	Quebrada Tantahuatay	A-4	A-4	pH - Al - Cu - Fe	pH - Al - Cu - Fe
		A-4A	A-4A	pH - Cu	pH - Al - Cu - Fe
		A-37	A-37	pH - Cu	pH - Al - Cu - Fe
		A-36	A-36	pH - Cu	pH - Al - Cu - Fe
		MAN-01	*	N.E.	pH - Al - As - Cu - Fe - Pb
	Quebrada Tacamache	A-19	A-19	N.E.	pH - OD
		A-19A	A-19A	pH	pH



PERÚ

Ministerio  
del AmbienteOrganismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental - OEFASTEC: Subdirección  
Técnica CientíficaDecenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

Matriz	Cuerpo de agua	Código OEFA	Código IGA	Norma ambiental – IGA		
				Mar-19	May/Jun-19	
		A-19B	A-19B	pH	pH	
		ESP-AS-12	*	N.E.	pH	
		ESP-AS-06**	A-23	pH	pH	
		ESP-AS-05**	A-26	pH	pH	
	Quebrada Azufre	ESP-AS-10	*	pH - Mn	pH - Mn	
		ESP-AS-07**	A-24	--	--	
	Quebrada Puente de la Hierba	A-10	A-10	pH	pH	
		ESP-AS-04	*	pH	pH	
		A-11	A-11	pH	pH	
		A-11A	A-11A	--	pH	
		ESP-AS-14	*	N.E.	pH	
		A-12	A-12	pH - Mn	pH - Fe - Mn	
		ESP-AS-03**	A-30	pH - Fe - Mn	pH - Mn	
		A-13	A-13	pH	pH	
		ESP-AS-13	*	N.E.	pH - Mn	
		ESP-AS-09	*	pH - Mn	pH - Mn	
	A-14	A-14	pH - Mn	pH - Mn		
	Quebrada Colorado	ESP-AS-01**	A-3	pH - Al - As - Cd - Cu - Fe - Mn - Pb - Zn	pH - Al - As - Cd - Cu - Fe - Mn - Pb - Zn	
	Quebrada Tres Amigos	ESP-AS-02**	A-9	Fe - Mn	Al - Mn	
	Lagunas Las Auroras	A-32	A-32	pH - Cu - Pb	pH - Pb	
		A-33	A-33	pH	pH	
		A-34	A-34	pH	pH	
		A-35	A-35	pH - Cu - Pb	pH - Cu - Pb	
		A-35A	A-35A	pH - Cu - Pb - Zn	pH - Cd - Cu - Pb - Zn	
	Lagunas Vira Vira	A-10	A-10	pH - Pb	pH - Pb	
		ESP-AS-04	*	pH	pH	
	Lagunas Los Gentiles	A-6	A-6	pH	pH - Cd	
		A-7	A-7	pH	pH	
		A-8	A-8	pH - conductividad - Cd - Se	pH	
	Laguna Cueva de Campos	A-21	A-21	pH	pH	
	Laguna Melchos	A-38	A-38	pH - conductividad - Cd - Cu - Ni - Pb - Zn	pH - conductividad - Cd - Cu - Ni - Pb - Zn	
	Sedimentos (b)	Quebrada Tantauatay	SD-4	SD-4	As - Cd - Cu - Pb - Hg	N.E.
			SD-4A	SD-4A	As - Cd - Cu - Pb	N.E.
SD-37			SD-37	As - Cd - Cu - Pb - Hg	N.E.	
SD-36			SD-36	As - Cd - Cu - Pb - Hg	N.E.	
Quebrada Tacamache		ESP-SD-06**	SD-23	As - Cu - Hg	N.E.	
		ESP-SD-05**	SD-26	Cu - Hg	N.E.	
Quebrada Azufre		ESP-SD-07**	SD-24	As - Cu - Hg	N.E.	
		SD-11A	SD-11A	As - Cu	N.E.	



PERÚ

Ministerio  
del AmbienteOrganismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental - OEFASTEC: Subdirección  
Técnica CientíficaDecenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

Matriz	Cuerpo de agua	Código OEFA	Código IGA	Norma ambiental – IGA	
				Mar-19	May/Jun-19
	Quebrada Puente de la Hierba	SD-12	SD-12	As - Cu - Pb - Zn - Hg	N.E.
		ESP-SD-09	*	As - Cd - Cu - Pb - Zn - Hg	N.E.
		SD-14	SD-14	As - Cd - Cu - Pb - Zn - Hg	N.E.
	Quebrada Colorado	ESP-SD-01**	SD-3	As - Cd - Cu - Pb	N.E.
	Lagunas Las Auroras	SD-32	SD-32	As - Cd - Cu - Pb	N.E.
		SD-33	SD-33	As - Cd - Cu - Pb - Hg	N.E.
		SD-34	SD-34	As - Cd - Cu - Pb	N.E.
		SD-35	SD-35	As - Cd - Cu - Pb - Hg	N.E.
		SD-35A	SD-35A	As - Cd - Cu - Pb - Hg	N.E.
	Lagunas Vira Vira	SD-10	SD-10	Cu - Pb - Hg	N.E.
		ESP-SD-04	*	As - Cu - Pb - Hg	N.E.
	Lagunas Los Gentiles	SD-7	SD-7	As - Cd - Cu - Pb - Hg	N.E.
		SD-8	SD-8	As - Pb - Hg	N.E.
	Laguna Cueva de Campos	SD-21	SD-21	Cu - Hg	N.E.

(a) Agua: Estándar Nacional de Calidad Ambiental para Agua (en adelante, ECA para agua) establecido en el Decreto Supremo N.º 015-2015-MINAM

(b) Sedimentos: Guía de calidad ambiental de Canadá (CSQG): ISQG y PEL

N.E.: No evaluado en el segundo monitoreo

(\*) No coincide con ningún punto IGA

(\*\*) Se cambió la codificación del punto del IGA por no coincidir con las coordenadas.

(--) No superó la norma

(1) La comparación se realizó en la norma que rige a su Instrumento de Gestión Ambiental (en adelante, IGA), mediante la aprobación de la Resolución Directoral N.º 311-2016-MEM-DGAAM «Segunda Modificación del Estudio de Impacto Ambiental detallado del proyecto Tantahuatay-Ciénega Norte, hasta una ampliación de 60 000 TMD».

### 3. ANTECEDENTES

En la Tabla 3.1, se detallan los informes de evaluaciones ambientales realizados por la Dirección de Evaluación Ambiental (en adelante, DEAM) en 2016, 2017 y 2018 respecto a la UM Tantahuatay.

**Tabla 3.1.** Informes elaborados en la UM Tantahuatay, por parte de la DEAM - OEFA

N.º	Número de informe	Informe	Fecha de aprobación
1	N.º 103-2016-OEFA/DE-SBLB-CEAI Evaluación ambiental de la Intercuenca Alto Marañón IV durante el año 2016	El Estudio indicó que la Laguna Vira Vira y la quebrada Puente de la Hierba presentaron valores de pH ácido.	11 de noviembre de 2016



PERÚ

Ministerio  
del AmbienteOrganismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental - OEFASTEC: Subdirección  
Técnica CientíficaDecenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

N.º	Número de informe	Informe	Fecha de aprobación
2	N.º 093-2017-OEFA/DE Evaluación Ambiental en el área de influencia de las unidades fiscalizables en la provincia de Hualgayoc durante el 2017	El PAD de Lixiviación Tantahuatay ha influenciado la calidad de agua y Sedimentos en los cuerpos de agua circundantes: quebradas El Hueco 2 y Puente de la Hierba. La quebrada El Hueco 2 presentó trazas de cianuro WAD posiblemente por alguna falla en la estructura del PAD o en los procesos asociados. Asimismo, en la quebrada Puente de la Hierba, solo se presentó incrementos de concentraciones de metales totales como cobalto, cobre, plomo y zinc en agua y Sedimentos. En la laguna Los Gentiles 3 (LLG-03), las concentraciones de plomo y zinc superaron el ECA para agua categoría 4 E1, mientras que, en Sedimentos, la concentración de arsénico superó el valor del nivel de efecto probable (PEL), y cobre, mercurio y plomo superaron el estándar interno (ISQG) de la norma canadiense (uso referencial). Por otro lado, en la laguna Los Gentiles 1 (LLG-01), los sedimentos presentaron concentraciones de arsénico, mercurio y plomo, que superaron los valores de niveles de efectos probables (PEL), y concentraciones de cobre que superaron el estándar interno (ISQG) (uso referencial).	12 de diciembre de 2017
3	N.º 351-2018-OEFA/DEAM-STEC Vigilancia ambiental de la calidad de agua superficial en el área de influencia de la unidad minera Tantahuatay en los distritos Chugur y Hualgayoc, provincia Hualgayoc, departamento Cajamarca en octubre de 2018	Las quebradas ubicadas al entorno de la UM Tantahuatay se caracterizan por presentar condiciones ácidas, siendo las de mayor acidez la quebrada Las Gradadas (QLGra1 y QLGra2), seguida de Tacamache (QTaca1 y QTaca2), Puente de la Hierba (QPHie1, QPHie2, QPHie3), El Azufre (QEAzu1 y QEAzu2), El Hueco 2 (QHue1), y por último la quebrada Tres Amigos siendo la única cuya acidez se encontró dentro del rango de valores aprobados en los ECA para agua Categoría 3 en las tres evaluaciones.  De las quebradas evaluadas, Las Gradadas fue la de mayor relevancia por presentar las mayores concentraciones de metales entre ellos, el aluminio, cobre y hierro, le sigue la quebrada Puente de la Hierba con los metales aluminio, manganeso, y la quebrada El Hueco 2 con los metales manganeso, selenio.  Las lagunas evaluadas, en general presentaron pH ácidos (lagunas Vira Vira, Las Gemelas, Los Gentiles y Las Auroras 1).  La laguna Los Gentiles (LLGen1) fue la única que registró presencia del metal cadmio en concentraciones mayores a los ECA para agua Categoría 4.	30 de noviembre de 2018

#### 4. OBJETIVO

##### 4.1. Objetivo general

Realizar la vigilancia ambiental en el área de influencia de la unidad minera Tantahuatay de la Compañía Minera Coimolache S.A., a través de monitoreos de agua, Sedimentos e hidrobiología.



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Organismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección  
Técnica Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

#### 4.2. Objetivos específicos

- Evaluar la calidad del agua y sedimentos en las quebradas Tantahuatay, Tacamache, Azufre, Colorado, Tres Amigos, Puente de la Hierba, Hueco 2 y las lagunas Las Auroras, Los Gentiles, Vira Vira, Melchos y Cueva de Campos.
- Evaluar el estado ecológico mediante los macroinvertebrados bentónicos en las quebradas Tantahuatay, Tacamache, Azufre, Colorado, Puente de la Hierba, Hueco 2, y las lagunas Las Auroras, Los Gentiles, Vira Vira, Melchos y Cueva de Campos.

#### 5. ÁREA DE ESTUDIO

La UM Tantahuatay se ubica en los distritos Hualgayoc y Chugur, provincia Hualgayoc, departamento Cajamarca, aproximadamente a 100 km al NW de la ciudad de Cajamarca, a una altitud que varía entre los 3750 a 4050 msnm (ver Anexo 1: Mapa de ubicación).

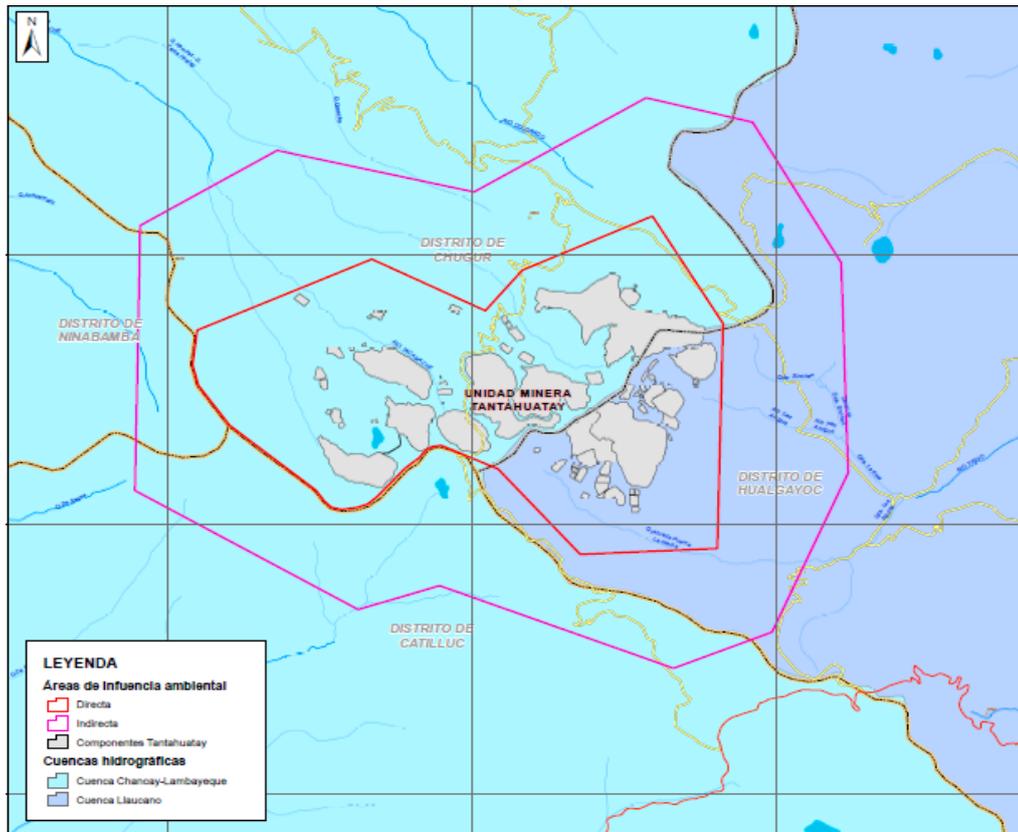
El área de estudio corresponde al área de influencia ambiental directa según el «Primer Informe Técnico Sustentatorio de la Segunda Modificación del Estudio de Impacto Ambiental detallado del proyecto Tantahuatay-Ciénaga Norte», la que se encuentra ubicada en los distritos Hualgayoc y Chugur, provincia Hualgayoc, departamento Cajamarca (Figura 3.1).

Geográficamente, la UM Tantahuatay se encuentra sobre la divisoria continental de la vertiente del Pacífico (cuenca Chancay) y la vertiente del Atlántico (cuenca Llaucano).

El monitoreo comprendió los siguientes cuerpos de agua:

- Quebrada Tantahuatay (Gradas)
- Quebrada Tacamache
- Quebrada El Azufre
- Quebrada Puente de la Hierba
- Quebrada Hueco 2
- Quebrada Tres Amigos
- Quebrada Colorado
- Laguna Vira Vira
- Laguna Las Auroras 1, 2, 3, 4 y 5
- Laguna Los Gentiles 1, 3 y 4
- Laguna Cueva de Campos
- Laguna Melchos

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad



**Figura 3.1.** Mapa de ubicación de la UM Tantahuatay

Fuente: Primer Informe Técnico Sustentatorio de la Segunda Modificación del Estudio de Impacto Ambiental detallado del proyecto Tantahuatay-Ciénaga Norte (2017)

## 6. METODOLOGÍA

A continuación, se detalla la metodología por matriz realizada en el monitoreo de vigilancia ambiental en la UM Tantahuatay.

### 6.1. Protocolos de monitoreo

Los protocolos de monitoreo nacionales e internacionales; así como, las guías que se utilizaron para la vigilancia ambiental en el área de influencia de la UM Tantahuatay se describen en la Tabla 6.1.



PERÚ

Ministerio  
del AmbienteOrganismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental - OEFASTEC: Subdirección  
Técnica CientíficaDecenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad**Tabla 6.1.** Protocolos de monitoreo utilizados para el monitoreo de agua y Sedimentos

Matriz	Protocolo	Sección	País	Institución	Dispositivo legal	Año
Agua superficial	Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales	6.14 Medición de los parámetros de campo (pp. 24–25) 6.15 Procedimiento para la toma de muestras (pp. 25–28) 6.16 Preservación, llenado de la cadena de custodia, almacenamiento, conservación y transporte de las muestras (pp. 28–30) 6.17 Aseguramiento de la calidad del monitoreo (pp. 30–31)	Perú	Autoridad Nacional del Agua (ANA)	R.J. N.º 010-2016-ANA	2016
Medición de caudal: agua superficial	Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales	Sección 6.12	Perú	Autoridad Nacional del Agua (ANA)	R.J. N.º 010-2016-ANA	2016
	Manual de hidrometría	Todo el manual	Perú	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (Senamhi)	--	2016
Sedimentos	Procedimiento para el muestreo de aguas y Sedimentos para la determinación de metales	Sección 7.3, 8, y 9.2	Colombia	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	--	2011
	Manuel técnico. Métodos de recolección, almacenamiento y manipulación de Sedimentos para análisis químicos y toxicológicos	Sección 2, 3.2.2, 4.4.2-4, 7	Estados Unidos	Agencia para la Protección Ambiental (EPA)	--	2001
	Muestreo de Sedimentos	Sección 2, 3, 4, 5, 7.1-2, 9, 11			--	2016
Hidrobiología	Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: perifiton, bentos y necton (peces) en aguas continentales del Perú	Sección 5.1.2 Métodos de recolección Cualitativos-bentos (macroinvertebrados)	Perú	Ministerio del Ambiente (Minam)	--	2014

## 6.2. Ubicación de los puntos

Los puntos de monitoreo de agua, Sedimentos e hidrobiología, fueron considerados de acuerdo a los puntos de control establecidos en la «Segunda Modificación del Estudio de Impacto Ambiental detallado del proyecto Tantahuatay hasta una ampliación de 60 000 TMD», aprobada mediante Resolución Directoral N.º 311-2016-MEM-DGAAM. Sin embargo, según las condiciones encontradas en campo, se establecieron puntos adicionales denominados especiales.



PERÚ

Ministerio  
del AmbienteOrganismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental - OEFASTEC: Subdirección  
Técnica CientíficaDecenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

Cabe indicar que, los efluentes mineros monitoreados en ambas salidas de campo (marzo, y mayo/junio 2019), no presentaron flujo; la ubicación y descripción se detalla en el Anexo 4: Reporte de campo.

### 6.2.1. Puntos de agua

Se evaluaron 25 puntos de monitoreo de agua superficial en quebradas y canales de coronación del área de influencia ambiental directa de la UM Tantahuatay. La ubicación y descripción de esos puntos se presentan en la Tabla 6.2.

**Tabla 6.2.** Puntos de monitoreo de agua superficial en quebradas y canales de coronación - UM Tantahuatay

N°	Cuerpo de agua	Código	Coordenadas UTM WGS 84-zona 17M		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
			Este (m)	Norte (m)		
1	Quebrada Tantahuatay	A-36	755982	9256242	3714	Qda. Tantahuatay aguas abajo del punto de efluente doméstico E-7. <sup>(1)</sup> Ubicado en la quebrada Tantahuatay, aproximadamente a 1,7 kilómetros aguas abajo del DME 3 Tantahuatay. <sup>(2)</sup>
2		A-37	756060	9255972	3738	Qda. Tantahuatay, aguas arriba del punto de efluente industrial E-7 y aguas debajo del punto de efluente E-5. <sup>(1)</sup> Ubicado en la quebrada Tantahuatay, aproximadamente a 1,5 kilómetros aguas abajo del DME 3 Tantahuatay. <sup>(2)</sup>
3		A-4A	756123	9255888	3739	Qda. Tantahuatay, aguas arriba del punto de efluente industrial E-5. <sup>(1)</sup> Ubicada en la quebrada Tantahuatay, aproximadamente a 1,4 kilómetros aguas abajo del DME 3 Tantahuatay. <sup>(2)</sup>
4		MAN-01*	756284	9256004	3777	Filtración aportante a la quebrada Tantahuatay, aguas arriba del punto A-37. <sup>(3)</sup>
5	Canal de coronación	ESP-AS-11**	757148	9255656	3848	Ubicado en el canal de coronación del DME 3 Tantahuatay, aproximadamente a 130 metros al noreste de la Laguna Las Auroras 3. <sup>(2)</sup>
6	Quebrada Tantahuatay	A-4	756924	9255277	3808	Ubicada en la Qda. Tantahuatay, aguas arriba. <sup>(1)</sup> Ubicado en la quebrada Tantahuatay, aproximadamente a 200 metros aguas abajo del DME 3 Tantahuatay. <sup>(2)</sup>
7	Quebrada Tacamache	ESP-AS-05	753286	9256409	3605	Ubicado en la quebrada Tacamache, aproximadamente a 350 metros aguas abajo del punto de vertimiento industrial E-4. <sup>(2)</sup>
8		ESP-AS-06	753519	9256122	3648	Ubicado en la quebrada Tacamache, aproximadamente a 60 metros aguas arriba del punto de vertimiento industrial E-4. <sup>(2)</sup>
9		A-19B	753780	9255868	3693	Qda. Tacamache, aguas abajo del punto de vertimiento doméstico E-6. <sup>(1)</sup> Ubicado en la quebrada Tacamache, aproximadamente a 200 metros aguas abajo del vertimiento doméstico E-6. <sup>(2)</sup>



PERÚ

Ministerio  
del AmbienteOrganismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental - OEFASTEC: Subdirección  
Técnica CientíficaDecenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

N°	Cuerpo de agua	Código	Coordenadas UTM WGS 84-zona 17M		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
			Este (m)	Norte (m)		
10	Quebrada s/n	ESP-AS-12*	753722	9255821	3688	Ubicado en la quebrada S/N, aportante a la quebrada Tacamache (margen izquierda). <sup>(3)</sup>
11	Quebrada Tacamache	A-19A	753979	9255787	3715	Qda. Tacamache, aguas arriba del punto de vertimiento domestico E-6. <sup>(1)</sup> Ubicado en la quebrada Tacamache, aproximadamente a 50 metros aguas arriba del vertimiento doméstico E-6. <sup>(2)</sup>
12		A-19	754817	9255267	3744	Ubicado en la quebrada Tacamache, colindante con el depósito de material estéril Ciénaga. <sup>(1)</sup>
13	Quebrada Azufre	ESP-AS-07	752911	9255551	3645	Ubicado en la quebrada Azufre, aproximadamente a 1,5 kilómetros aguas abajo del Pad de Lixiviación Ciénaga Norte. <sup>(2)</sup>
14		ESP-AS-10	753353	9254142	3795	Ubicado en el canal que deriva a la naciente de la quebrada Azufre. <sup>(2)</sup>
15	Quebrada Puente de la Hierba	A-14	757579	9252739	3737	Ubicada Qda. Puente de la Hierba, aguas abajo del área del Proyecto. <sup>(1)</sup> Ubicado en la quebrada Puente de la Hierba, aproximadamente a 300 metros aguas abajo de la Poza de Eventos Mayores. <sup>(2)</sup> Ubicado en la quebrada Puente de la Hierba, aproximadamente a 300 metros aguas abajo de la Poza de Eventos Mayores y aguas abajo de la confluencia con la quebrada Hueco 2. <sup>(3)</sup>
16	Quebrada Hueco 2	ESP-AS-09	757546	9252969	3769	Punto ubicado aguas abajo de la confluencia de los canales de coronación del Pad de Lixiviación Tantahuatay y de la Poza de Eventos Mayores. <sup>(2)</sup> Ubicado aguas abajo de la confluencia de los canales de coronación del Pad de Lixiviación Tantahuatay (ESP-AS-13) y de la quebrada Hueco 2 (A-13). <sup>(3)</sup>
17		A-13	757569	9253035	3773	Ubicada en la Qda. Hueco2, aguas abajo de la poza de mayores eventos. <sup>(1)</sup> Ubicada en la quebrada Hueco 2, aguas abajo de la poza de mayores eventos del Pad de Lixiviación del PAD Tantahuatay. <sup>(2)</sup>
18	Canal de coronación	ESP-AS-13*	757546	9252991	3765	Ubicado en el canal de coronación del Pad de lixiviación Tantahuatay y aguas arriba de la confluencia con el punto A-13. <sup>(3)</sup>
19	Quebrada Puente de la Hierba	ESP-AS-03	756924	9253072	3788	Ubicado en la quebrada Puente de la Hierba, aproximadamente a 50 metros aguas abajo del vertimiento de efluentes de aguas ácidas de la zona de Tantahuatay E-1B. <sup>(2)</sup>
20		A-12	756660	9253353	3815	Ubicada en la quebrada Puente de la Hierba, aguas debajo de las pozas de sedimentación. <sup>(1)</sup> Ubicado en la quebrada Puente de la Hierba, aproximadamente a 110 metros aguas abajo del vertimiento de efluentes cianurados E-2. <sup>(2)</sup>



PERÚ

Ministerio  
del AmbienteOrganismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental - OEFASTEC: Subdirección  
Técnica CientíficaDecenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

N°	Cuerpo de agua	Código	Coordenadas UTM WGS 84-zona 17M		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
			Este (m)	Norte (m)		
21	Canal de coronación	ESP-AS-14*	756643	9253481	3826	Ubicado en la salida del canal de coronación del Pad de lixiviación y planta ADR, aportante a la quebrada Puente de la Hierba. <sup>(3)</sup>
22	Quebrada Puente de la Hierba	A-11A	756454	9253640	3820	Ubicada en la quebrada Puente de la Hierba, aguas arriba del Pad de Lixiviación. <sup>(1)</sup> Ubicado en la quebrada Puente de la Hierba, aproximadamente a 290 metros aguas arriba del vertimiento de efluentes cianurados E-2. <sup>(2)</sup>
23		A-11	756316	9253719	3871	Ubicada canal de conducción de agua potable Manuel Vásquez. <sup>(1)</sup> Ubicado en el canal de conducción de agua potable Manuel Vásquez, aproximadamente a 430 metros aguas arriba del vertimiento de efluentes cianurados E-2. <sup>(2)</sup>
24	Quebrada Colorado	ESP-AS-01	758094	9256971	3755	Ubicado en la quebrada Colorado, aproximadamente a 1,1 kilómetros al noreste del Tajo Tantahuatay. <sup>(2)</sup>
25	Quebrada Tres Amigos	ESP-AS-02	758500	9254885	3834	Ubicado en la quebrada Tres Amigos, aproximadamente a 150 metros aguas abajo del DME. <sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Descripción de acuerdo a lo establecido en la Segunda Modificación del Estudio de Impacto Ambiental detallado del Proyecto Tantahuatay hasta una ampliación de 60 000 TMD, aprobada mediante Resolución Directoral N° 311-2016-MEM-DGAAM del 26 de octubre de 2016.

<sup>(2)</sup> Descripción de acuerdo al Informe de supervisión N° 0087-2019-OEFA/DSEM-CMIN, correspondiente a la supervisión regular realizada en marzo de 2019 en la UM Tantahuatay.

<sup>(3)</sup> Descripción actualizada durante las acciones de vigilancia ambiental realizada en el segundo monitoreo (29 de mayo al 04 de junio de 2019) en la UM Tantahuatay.

<sup>(\*)</sup> Puntos adicionados en el segundo monitoreo de vigilancia ambiental.

<sup>(\*\*)</sup> Punto sin flujo en el segundo monitoreo de vigilancia ambiental.

Se evaluaron 12 lagunas en el área de influencia ambiental directa de la UM Tantahuatay, en los 2 monitoreos (marzo y mayo/junio). La ubicación y descripción de cada uno de los puntos de laguna se presentan en la Tabla 6.3.

**Tabla 6.3.** Puntos de monitoreo de agua superficial en lagunas – UM Tantahuatay

N°	Cuerpo de agua	Código	Coordenadas UTM WGS 84-zona 17M		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
			Este (m)	Norte (m)		
1	Laguna Las Auroras	A-32	756550	9255962	3827	Ubicada en la Laguna Las Auroras. <sup>(1)</sup> Ubicado en la Laguna Las Auroras 1, aproximadamente a 600 metros al suroeste del Tajo Tantahuatay. <sup>(2)</sup>
2		A-33	756616	9255801	3812	Lagunas Las Auroras 2. <sup>(1)</sup> Ubicado en la Laguna Las Auroras 2, aproximadamente a 500 metros al suroeste del Tajo Tantahuatay. <sup>(2)</sup>
3		A-34	757023	9255524	3831	Lagunas Las Auroras 3. <sup>(1)</sup> Ubicado en la Laguna Las Auroras 3, aproximadamente a 480 metros al sur del Tajo Tantahuatay. <sup>(2)</sup>
4		A-35	756905	9255402	3818	Lagunas Las Auroras 4. <sup>(1)</sup> Ubicado en la Laguna Las Auroras 4, aproximadamente a 690 metros al suroeste del Tajo Tantahuatay. <sup>(2)</sup>
5		A-35A	757096	9255388	3804	Laguna Las Auroras 5. <sup>(1)</sup> Ubicado en la Laguna Las Auroras 5, aproximadamente a 620 metros al sur del Tajo Tantahuatay. <sup>(2)</sup>



PERÚ

Ministerio  
del AmbienteOrganismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental - OEFASTEC: Subdirección  
Técnica CientíficaDecenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

N°	Cuerpo de agua	Código	Coordenadas UTM WGS 84-zona 17M		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
			Este (m)	Norte (m)		
6	Laguna Cueva de campos	A-21	754043	9254104	3868	Ubicada laguna Cueva de Campos 1. <sup>(1)</sup> Ubicado en la Laguna Cueva de Campos 1, que se encuentra aproximadamente a 350 metros al norte del Pad de Lixiviación Ciénaga Norte. <sup>(2)</sup>
7	Laguna Los Gentiles	A-8	758081	9255092	3880	Laguna Los Gentiles 4. <sup>(1)</sup> Ubicado en la laguna Los Gentiles 4, la cual se ubicaba aproximadamente a 190 metros al suroeste del DME Tantahuatay. En esta laguna se descargan de manera intermitente los efluentes de la Planta de Tratamiento de aguas ácidas de mina Tantahuatay. <sup>(2)</sup>
8		A-6	757905	9255280	3882	Laguna Los Gentiles 1. <sup>(1)</sup> Ubicada en la Laguna Los Gentiles 1, la cual se ubicaba aproximadamente a 220 metros al oeste del DME Tantahuatay. <sup>(2)</sup>
9		A-7	758090	9255223	3883	Laguna Los Gentiles 3. <sup>(1)</sup> Ubicado en la Laguna Los Gentiles 3, aproximadamente a 70 metros al suroeste del DME Tantahuatay. Cabe precisar que, en el futuro, se descargarán los efluentes de la Planta de Aguas Residuales Domésticas de la zona Tantahuatay a esta laguna (componente no implementado). <sup>(2)</sup>
10	Laguna Los Melchos	A-38	757568	9256167	3932	Laguna Los Melchos. <sup>(1)</sup> Ubicado en la laguna Los Melchos, la cual se sitúa aproximadamente a 500 metros al noroeste del Tajo Tantahuatay. <sup>(2)</sup>
11	Laguna Vira Vira	A-10	756200	9253854	3880	Ubicada Lagunas Vira Vira 1. <sup>(1)</sup> Ubicado en el lado norte de la Laguna Vira Vira, la cual se encuentra aproximadamente a 750 metros al oeste del Pad de Lixiviación Tantahuatay. <sup>(2)</sup>
12		ESP-AS-04	756254	9253816	3879	Ubicado en el lado sur de la Laguna Vira Vira, que se encuentra aproximadamente a 750 metros al oeste del Pad de Lixiviación Tantahuatay. <sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Descripción de acuerdo a lo establecido en la Segunda Modificación del Estudio de Impacto Ambiental detallado del Proyecto Tantahuatay hasta una ampliación de 60 000 TMD, aprobada mediante Resolución Directoral N° 311-2016-MEM-DGAAM del 26 de octubre de 2016

<sup>(2)</sup> Descripción de acuerdo al Informe de supervisión N° 0087-2019-OEFA/DSEM-CMIN, correspondiente a la supervisión regular realizada en marzo de 2019 en la UM Tantahuatay.

<sup>(3)</sup> Descripción actualizada durante las acciones de vigilancia ambiental realizada en el segundo monitoreo (29 de mayo al 04 de junio de 2019) en la UM Tantahuatay

## 6.2.2. Puntos de sedimentos

La evaluación de los puntos de monitoreo de sedimentos solo se realizó en marzo 2019, a un total de 12 puntos en quebradas. La ubicación y descripción de estos puntos se presentan en la Tabla 6.4.



PERÚ

Ministerio  
del AmbienteOrganismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental - OEFASTEC: Subdirección  
Técnica CientíficaDecenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad**Tabla 6.4.** Puntos de monitoreo de Sedimentos en quebradas – UM Tantahuatay

N°	Cuerpo de agua	Código	Coordenadas UTM WGS 84-zona 17M		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
			Este (m)	Norte (m)		
1	Quebrada Tantahuatay	SD-36	755982	9256242	3714	Qda. Tantahuatay aguas abajo del punto de efluente doméstico E-7. <sup>(1)</sup> Ubicado en la quebrada Tantahuatay, aproximadamente a 1,7 kilómetros aguas abajo del DME 3 Tantahuatay. <sup>(2)</sup>
2		SD-37	756060	9255972	3738	Qda. Tantahuatay, aguas arriba del punto de efluente industrial E-7 y aguas debajo del punto de efluente E-5. <sup>(1)</sup> Ubicado en la quebrada Tantahuatay, aproximadamente a 1,5 kilómetros aguas abajo del DME 3 Tantahuatay. <sup>(2)</sup>
3		SD-4A	756123	9255888	3739	Qda. Tantahuatay, aguas arriba del punto de efluente industrial E-5. <sup>(1)</sup> Ubicada en la quebrada Tantahuatay, aproximadamente a 1,4 kilómetros aguas abajo del DME 3 Tantahuatay. <sup>(2)</sup>
4	Quebrada Tantahuatay	SD-4	756924	9255277	3808	Ubicada en la Qda. Tantahuatay, aguas arriba. <sup>(1)</sup> Ubicado en la quebrada Tantahuatay, aproximadamente a 200 metros aguas abajo del DME 3 Tantahuatay. <sup>(2)</sup>
5	Quebrada Tacamache	ESP- SD-05	753286	9256409	3605	Ubicado en la quebrada Tacamache, aproximadamente a 350 metros aguas abajo del punto de vertimiento industrial E-4. <sup>(2)</sup>
6		ESP- SD-06	753519	9256122	3648	Ubicado en la quebrada Tacamache, aproximadamente a 60 metros aguas arriba del punto de vertimiento industrial E-4. <sup>(2)</sup>
7	Quebrada Azufre	ESP- SD-07	752911	9255551	3645	Ubicado en la quebrada Azufre, aproximadamente a 1,5 kilómetros aguas abajo del Pad de Lixiviación Ciénaga Norte. <sup>(2)</sup>
8	Quebrada Puente de la Hierba	SD-14	757579	9252739	3737	Ubicada Qda. Puente de la Hierba, aguas abajo del área del Proyecto. <sup>(1)</sup> Ubicado en la quebrada Puente de la Hierba, aproximadamente a 300 metros aguas abajo de la Poza de Eventos Mayores. <sup>(2)</sup> Ubicado en la quebrada Puente de la Hierba, aproximadamente a 300 metros aguas abajo de la Poza de Eventos Mayores y aguas abajo de la confluencia con la quebrada Hueco 2. <sup>(3)</sup>
9	Quebrada Hueco 2	ESP- SD-09	757546	9252969	3769	Punto ubicado aguas abajo de la confluencia de los canales de coronación del Pad de Lixiviación Tantahuatay y de la Poza de Eventos Mayores. <sup>(2)</sup> Ubicado aguas abajo de la confluencia de los canales de coronación del Pad de Lixiviación Tantahuatay (ESP-AS-13) y de la quebrada Hueco 2 (A-13). <sup>(3)</sup>
10	Quebrada Puente de la Hierba	SD-12	756660	9253353	3815	Ubicada en la quebrada Puente de la Hierba, aguas debajo de las pozas de sedimentación. <sup>(1)</sup> Ubicado en la quebrada Puente de la Hierba, aproximadamente a 110 metros aguas abajo del vertimiento de efluentes cianurados E-2. <sup>(2)</sup>



PERÚ

Ministerio  
del AmbienteOrganismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental - OEFASTEC: Subdirección  
Técnica CientíficaDecenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

N°	Cuerpo de agua	Código	Coordenadas UTM WGS 84-zona 17M		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
			Este (m)	Norte (m)		
11	Quebrada Puente de la Hierba	SD-11A	756454	9253640	3820	Ubicada en la quebrada Puente de la Hierba, aguas arriba del Pad de Lixiviación. <sup>(1)</sup> Ubicado en la quebrada Puente de la Hierba, aproximadamente a 290 metros aguas arriba del vertimiento de efluentes cianurados E-2. <sup>(2)</sup>
12	Quebrada Colorado	ESP- SD-01	758094	9256971	3755	Ubicado en la quebrada Colorado, aproximadamente a 1,1 kilómetros al noreste del Tajo Tantahuatay. <sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Descripción de acuerdo a lo establecido en la Segunda Modificación del Estudio de Impacto Ambiental detallado del Proyecto Tantahuatay hasta una ampliación de 60 000 TMD, aprobada mediante Resolución Directoral N° 311-2016-MEM-DGAAM del 26 de octubre de 2016

<sup>(2)</sup> Descripción de acuerdo al Informe de supervisión N° 0087-2019-OEFA/DSEM-CMIN, correspondiente a la supervisión regular realizada en marzo de 2019 en la UM Tantahuatay.

<sup>(3)</sup> Descripción actualizada durante las acciones de vigilancia ambiental realizada en el segundo monitoreo (29 de mayo al 04 de junio de 2019) en la UM Tantahuatay

La evaluación de sedimentos en lagunas se realizó en 10 puntos de estas. La ubicación y descripción de esos puntos se presenta en la Tabla 6.5.

**Tabla 6.5.** Puntos de monitoreo de Sedimentos en lagunas – UM Tantahuatay

N°	Cuerpo de agua	Código	Coordenadas UTM - WGS 84-zona 17M		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
			Este (m)	Norte (m)		
1	Laguna Las Auroras	SD-32	756550	9255962	3827	Ubicada en la Laguna Las Auroras. <sup>(1)</sup> Ubicado en la Laguna Las Auroras 1, aproximadamente a 600 metros al suroeste del Tajo Tantahuatay. <sup>(2)</sup>
2		SD-33	756616	9255801	3812	Lagunas Las Auroras 2. <sup>(1)</sup> Ubicado en la Laguna Las Auroras 2, aproximadamente a 500 metros al suroeste del Tajo Tantahuatay. <sup>(2)</sup>
3		SD-34	757023	9255524	3831	Lagunas Las Auroras 3. <sup>(1)</sup> Ubicado en la Laguna Las Auroras 3, aproximadamente a 480 metros al sur del Tajo Tantahuatay. <sup>(2)</sup>
4		SD-35	756905	9255402	3818	Lagunas Las Auroras 4. <sup>(1)</sup> Ubicado en la Laguna Las Auroras 4, aproximadamente a 690 metros al suroeste del Tajo Tantahuatay. <sup>(2)</sup>
5		SD-35A	757096	9255388	3804	Laguna Las Auroras 5. <sup>(1)</sup> Ubicado en la Laguna Las Auroras 5, aproximadamente a 620 metros al sur del Tajo Tantahuatay. <sup>(2)</sup>
6	Laguna Cueva de campos	SD-21	754043	9254104	3868	Ubicada laguna Cueva de Campos 1. <sup>(1)</sup> Ubicado en la Laguna Cueva de Campos 1, que se encuentra aproximadamente a 350 metros al norte del Pad de Lixiviación Ciénaga Norte. <sup>(2)</sup>
7	Laguna Los Gentiles	SD-8	758081	9255092	3880	Laguna Los Gentiles 4. <sup>(1)</sup> Ubicado en la laguna Los Gentiles 4, la cual se ubicaba aproximadamente a 190 metros al suroeste del DME Tantahuatay. En esta laguna se descargan de manera intermitente los efluentes de la Planta de Tratamiento de aguas ácidas de mina Tantahuatay. <sup>(2)</sup>



PERÚ

Ministerio  
del AmbienteOrganismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental - OEFASTEC: Subdirección  
Técnica CientíficaDecenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

N°	Cuerpo de agua	Código	Coordenadas UTM - WGS 84-zona 17M		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
			Este (m)	Norte (m)		
8	Laguna Los Gentiles	SD-7	758090	9255223	3883	Laguna Los Gentiles 3. <sup>(1)</sup> Ubicado en la Laguna Los Gentiles 3, aproximadamente a 70 metros al suroeste del DME Tantahuatay. Cabe precisar que, en el futuro, se descargarán los efluentes de la Planta de Aguas Residuales Domésticas de la zona Tantahuatay a esta laguna (componente no implementado). <sup>(2)</sup>
9	Laguna Vira Vira	SD-10	756200	9253854	3880	Ubicada Lagunas Vira Vira 1. <sup>(1)</sup> Ubicado en el lado norte de la Laguna Vira Vira, la cual se encuentra aproximadamente a 750 metros al oeste del Pad de Lixiviación Tantahuatay. <sup>(2)</sup>
10		ESP-SD-04	756254	9253816	3879	Ubicado en el lado sur de la Laguna Vira Vira, que se encuentra aproximadamente a 750 metros al oeste del Pad de Lixiviación Tantahuatay. <sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Descripción de acuerdo a lo establecido en la Segunda Modificación del Estudio de Impacto Ambiental detallado del Proyecto Tantahuatay hasta una ampliación de 60 000 TMD, aprobada mediante Resolución Directoral N° 311-2016-MEM-DGAAM del 26 de octubre de 2016

<sup>(2)</sup> Descripción de acuerdo al Informe de supervisión N° 0087-2019-OEFA/DSEM-CMIN, correspondiente a la supervisión regular realizada en marzo de 2019 en la UM Tantahuatay.

<sup>(3)</sup> Descripción actualizada durante las acciones de vigilancia ambiental realizada en el segundo monitoreo (29 de mayo al 04 de junio de 2019) en la UM Tantahuatay

### 6.2.3. Puntos de hidrobiología

La evaluación de los puntos de hidrobiología (macroinvertebrados bentónicos) fue realizada solo en marzo 2019, en un total de 13 puntos en quebradas. La ubicación y descripción de esos puntos se presenta en la Tabla 6.6.

**Tabla 6.6.** Puntos de monitoreo de hidrobiología en quebradas – UM Tantahuatay

N°	Cuerpo de agua	Código	Coordenadas UTM WGS 84-zona 17M		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
			Este (m)	Norte (m)		
1	Quebrada Tantahuatay	VA-36	755982	9256242	3714	Qda. Tantahuatay aguas abajo del punto de efluente doméstico E-7. <sup>(1)</sup> Ubicado en la quebrada Tantahuatay, aproximadamente a 1,7 kilómetros aguas abajo del DME 3 Tantahuatay. <sup>(2)</sup>
2		VA-37	756060	9255972	3738	Qda. Tantahuatay, aguas arriba del punto de efluente industrial E-7 y aguas debajo del punto de efluente E-5. <sup>(1)</sup> Ubicado en la quebrada Tantahuatay, aproximadamente a 1,5 kilómetros aguas abajo del DME 3 Tantahuatay. <sup>(2)</sup>
3		VA-4A	756123	9255888	3739	Qda. Tantahuatay, aguas arriba del punto de efluente industrial E-5. <sup>(1)</sup> Ubicada en la quebrada Tantahuatay, aproximadamente a 1,4 kilómetros aguas abajo del DME 3 Tantahuatay. <sup>(2)</sup>
4	Quebrada Tantahuatay	VA-4	756924	9255277	3808	Ubicada en la Qda. Tantahuatay, aguas arriba. <sup>(1)</sup> Ubicado en la quebrada Tantahuatay, aproximadamente



PERÚ

Ministerio  
del AmbienteOrganismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental - OEFASTEC: Subdirección  
Técnica CientíficaDecenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

N°	Cuerpo de agua	Código	Coordenadas UTM WGS 84-zona 17M		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
			Este (m)	Norte (m)		
						a 200 metros aguas abajo del DME 3 Tantahuatay. <sup>(2)</sup>
5	Quebrada Tacamache	ESP-HB-05	753286	9256409	3605	Ubicado en la quebrada Tacamache, aproximadamente a 350 metros aguas abajo del punto de vertimiento industrial E-4. <sup>(2)</sup>
6		ESP-HB-06	753519	9256122	3648	Ubicado en la quebrada Tacamache, aproximadamente a 60 metros aguas arriba del punto de vertimiento industrial E-4. <sup>(2)</sup>
7	Quebrada Tacamache	VA-19A	753979	9255787	3715	Qda. Tacamache, aguas arriba del punto de vertimiento doméstico E-6. <sup>(1)</sup> Ubicado en la quebrada Tacamache, aproximadamente a 50 metros aguas arriba del vertimiento doméstico E-6. <sup>(2)</sup>
8	Quebrada Azufre	ESP-HB-07	752911	9255551	3645	Ubicado en la quebrada Azufre, aproximadamente a 1,5 kilómetros aguas abajo del Pad de Lixiviación Ciénaga Norte. <sup>(2)</sup>
9	Quebrada Puente de la Hierba	VA-14	757579	9252739	3737	Ubicada Qda. Puente de la Hierba, aguas abajo del área del Proyecto. <sup>(1)</sup> Ubicado en la quebrada Puente de la Hierba, aproximadamente a 300 metros aguas abajo de la Poza de Eventos Mayores. <sup>(2)</sup> Ubicado en la quebrada Puente de la Hierba, aproximadamente a 300 metros aguas abajo de la Poza de Eventos Mayores y aguas abajo de la confluencia con la quebrada Hueco 2. <sup>(3)</sup>
10	Quebrada Hueco 2	ESP-HB-09	757546	9252969	3769	Punto ubicado aguas abajo de la confluencia de los canales de coronación del Pad de Lixiviación Tantahuatay y de la Poza de Eventos Mayores. <sup>(2)</sup> Ubicado aguas abajo de la confluencia de los canales de coronación del Pad de Lixiviación Tantahuatay (ESP-AS-13) y de la quebrada Hueco 2 (A-13). <sup>(3)</sup>
11	Quebrada Puente de la Hierba	VA-12	756660	9253353	3815	Ubicada en la quebrada Puente de la Hierba, aguas debajo de las pozas de sedimentación. <sup>(1)</sup> Ubicado en la quebrada Puente de la Hierba, aproximadamente a 110 metros aguas abajo del vertimiento de efluentes cianurados E-2. <sup>(2)</sup>
12	Quebrada Puente de la Hierba	VA-11A	756454	9253640	3820	Ubicada en la quebrada Puente de la Hierba, aguas arriba del Pad de Lixiviación. <sup>(1)</sup> Ubicado en la quebrada Puente de la Hierba, aproximadamente a 290 metros aguas arriba del vertimiento de efluentes cianurados E-2. <sup>(2)</sup>
13	Quebrada Colorado	ESP-HB-01	758094	9256971	3755	Ubicado en la quebrada Colorado, aproximadamente a 1,1 kilómetros al noreste del Tajo Tantahuatay. <sup>(2)</sup>



PERÚ

Ministerio  
del AmbienteOrganismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental - OEFASTEC: Subdirección  
Técnica CientíficaDecenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

<sup>(1)</sup> Descripción de acuerdo a lo establecido en la Segunda Modificación del Estudio de Impacto Ambiental detallado del Proyecto Tantahuatay hasta una ampliación de 60 000 TMD, aprobada mediante Resolución Directoral N° 311-2016-MEM-DGAAM del 26 de octubre de 2016

<sup>(2)</sup> Descripción de acuerdo al Informe de supervisión N° 0087-2019-OEFA/DSEM-CMIN, correspondiente a la supervisión regular realizada en marzo de 2019 en la UM Tantahuatay.

<sup>(3)</sup> Descripción actualizada durante las acciones de vigilancia ambiental realizada en el segundo monitoreo (29 de mayo al 04 de junio de 2019) en la UM Tantahuatay

Asimismo, en marzo 2019 se evaluó 12 puntos en lagunas para hidrobiología (macroinvertebrados bentónicos). La ubicación y descripción de esos puntos se presenta en la Tabla 6.7.

**Tabla 6.7.** Puntos de monitoreo de hidrobiología en lagunas – UM Tantahuatay

N°	Cuerpo de agua	Código	Coordenadas UTM WGS 84-zona 17M		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
			Este (m)	Norte (m)		
1	Laguna Las Auroras	VA-32	75655 0	9255962	3827	Ubicada en la Laguna Las Auroras. <sup>(1)</sup> Ubicado en la Laguna Las Auroras 1, aproximadamente a 600 metros al suroeste del Tajo Tantahuatay. <sup>(2)</sup>
2		VA-33	75661 6	9255801	3812	Lagunas Las Auroras 2. <sup>(1)</sup> Ubicado en la Laguna Las Auroras 2, aproximadamente a 500 metros al suroeste del Tajo Tantahuatay. <sup>(2)</sup>
3		VA-34	75702 3	9255524	3831	Lagunas Las Auroras 3. <sup>(1)</sup> Ubicado en la Laguna Las Auroras 3, aproximadamente a 480 metros al sur del Tajo Tantahuatay. <sup>(2)</sup>
4		VA-35	75690 5	9255402	3818	Lagunas Las Auroras 4. <sup>(1)</sup> Ubicado en la Laguna Las Auroras 4, aproximadamente a 690 metros al suroeste del Tajo Tantahuatay. <sup>(2)</sup>
5		VA-35A	75709 6	9255388	3804	Laguna Las Auroras 5. <sup>(1)</sup> Ubicado en la Laguna Las Auroras 5, aproximadamente a 620 metros al sur del Tajo Tantahuatay. <sup>(2)</sup>
6	Laguna Cueva de campos	VA-21	75404 3	9254104	3868	Ubicada laguna Cueva de Campos 1. <sup>(1)</sup> Ubicado en la Laguna Cueva de Campos 1, que se encuentra aproximadamente a 350 metros al norte del Pad de Lixiviación Ciénaga Norte. <sup>(2)</sup>
7	Laguna Los Gentiles	VA-8	75808 1	9255092	3880	Laguna Los Gentiles 4. <sup>(1)</sup> Ubicado en la laguna Los Gentiles 4, la cual se ubicaba aproximadamente a 190 metros al suroeste del DME Tantahuatay. En esta laguna se descargan de manera intermitente los efluentes de la Planta de Tratamiento de aguas ácidas de mina Tantahuatay. <sup>(2)</sup>
8		VA-6	75790 5	9255280	3882	Laguna Los Gentiles 1. <sup>(1)</sup> Ubicada en la Laguna Los Gentiles 1, la cual se ubicaba aproximadamente a 220 metros al oeste del DME Tantahuatay. <sup>(2)</sup>
9		VA-7	75809 0	9255223	3883	Laguna Los Gentiles 3. <sup>(1)</sup> Ubicado en la Laguna Los Gentiles 3, aproximadamente a 70 metros al suroeste del DME Tantahuatay. Cabe precisar que, en el futuro, se descargarán los efluentes de la Planta de Aguas Residuales Domésticas de la zona Tantahuatay a esta laguna (componente no implementado). <sup>(2)</sup>



PERÚ

Ministerio  
del AmbienteOrganismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental - OEFASTEC: Subdirección  
Técnica CientíficaDecenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

N°	Cuerpo de agua	Código	Coordenadas UTM WGS 84-zona 17M		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
			Este (m)	Norte (m)		
10	Laguna Los Melchos	VA-38	75756 8	9256167	3932	Laguna Los Melchos. <sup>(1)</sup> Ubicado en la laguna Los Melchos, la cual se sitúa aproximadamente a 500 metros al noroeste del Tajo Tantahuatay. <sup>(2)</sup>
11	Laguna Vira Vira	VA-10	75620 0	9253854	3880	Ubicada Lagunas Vira Vira 1. <sup>(1)</sup> Ubicado en el lado norte de la Laguna Vira Vira, la cual se encuentra aproximadamente a 750 metros al oeste del Pad de Lixiviación Tantahuatay. <sup>(2)</sup>
12		ESP-HB-04	75625 4	9253816	3879	Ubicado en el lado sur de la Laguna Vira Vira, que se encuentra aproximadamente a 750 metros al oeste del Pad de Lixiviación Tantahuatay. <sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Descripción de acuerdo a lo establecido en la Segunda Modificación del Estudio de Impacto Ambiental detallado del Proyecto Tantahuatay hasta una ampliación de 60 000 TMD, aprobada mediante Resolución Directoral N° 311-2016-MEM-DGAAM del 26 de octubre de 2016

<sup>(2)</sup> Descripción de acuerdo al Informe de supervisión N° 0087-2019-OEFA/DSEM-CMIN, correspondiente a la supervisión regular realizada en marzo de 2019 en la UM Tantahuatay.

<sup>(3)</sup> Descripción actualizada durante las acciones de vigilancia ambiental realizada en el segundo monitoreo (29 de mayo al 04 de junio de 2019) en la UM Tantahuatay

### 6.3. Equipos utilizados y metodologías de análisis

Los equipos utilizados y las metodologías de análisis se detallan en el Anexo 4: Reporte de campo del segundo monitoreo (mayo/junio).

### 6.4. Procesamiento de datos

#### 6.4.1. Agua y Sedimentos

Los resultados obtenidos, fueron digitalizados y ordenados en una base de datos (hojas de cálculo), para posteriormente graficarlos en barras y/o líneas, según los criterios de evaluación presentados.

#### 6.4.2. Hidrobiología

En esta sección se describe la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en cuanto a la composición, riqueza y abundancia, e índices de diversidad alfa en función de los reportes emitidos en el análisis de identificación taxonómica. Asimismo, se describen los indicadores biológicos de referencia para la calidad de agua.

##### a) Composición, riqueza y abundancia

Se representó la clasificación taxonómica (phylum, clase, orden, familia, género y especie) de los macroinvertebrados bentónicos en el área de evaluación. Esta clasificación taxonómica se encuentra en el Anexo 3 del presente informe.

La evaluación de la riqueza y la abundancia de macroinvertebrados bentónicos se desarrolló sobre la base de la categoría taxonómica «orden». Es necesario indicar, que los resultados de abundancia se analizaron según la abundancia total, representándose los resultados en individuos/0,45 m<sup>2</sup>. Para esto, se utilizó el programa Excel que sistematizó los nombres y números de cada especie por cada punto de monitoreo; posteriormente, se realizó las representaciones mediante gráficas acumuladas por zona evaluada.

**b) Diversidad alfa**

Para la evaluación de diversidad de especies (diversidad alfa) se utilizaron los índices de diversidad verdadera (Números de Hill) con base en el número de especies de cada punto de monitoreo para cada comunidad hidrobiológica. Para esto, se usó la variable N1 como la modificación del índice Shannon ( $H'$ ) (Jost, 2006) que tiene como fórmula:

$$N1 = \exp(H') \quad (6.1)$$

Donde H es el índice de Shannon; por otro lado, se usó la variable N2 como la modificación del índice de Simpson (D) (Jost, 2006) que tiene como fórmula:

$$N2 = \frac{1}{\text{Índice de Simpson}} \quad (6.2)$$

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; Magurran, 1991).

$$J' = \frac{H'}{H'_{max}} \quad (6.3)$$

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) Indicadores biológicos de referencia para la calidad de agua****Índice biótico andino (ABI)**

A partir de la identificación de las muestras de macroinvertebrados bentónicos se determinó la calidad ecológica del agua utilizando el índice biótico andino (ABI, por sus siglas en inglés Andean Biotic Index) desarrollado por Acosta *et al.* (2009) para ríos altoandinos (sobre los 2000 m s. n. m.) y se obtiene sumando los valores de sensibilidad de cada familia de macroinvertebrados bentónicos (Tabla 6.8) presente en cada punto de monitoreo.

**Tabla 6.8.** Puntajes de sensibilidad asignadas a las familias de macroinvertebrados bentónicos para la obtención del índice ABI

Orden/Clase	Familia	Puntaje	Orden/Clase	Familia	Puntaje
Turbellaria	*	5	Trichoptera	Polycentropodidae	8
Hirudinea	*	3		Xiphocentronidae	8
Oligochaeta	*	1		Glossosomatidae	7
Gasteropoda	Ancylidae	6		Limnephilidae	7
	Hydrobiidae	3		Hydroptilidae	6
	Limnaeidae	3		Hydropsychidae	5
	Physidae	3		Lepidoptera	Pyralidae
Planorbidae	3	Dryopidae	5		
Bivalvia	Sphaeriidae	3	Coleoptera	Elmidae	5
Amphipoda	Hyalellidae	6		Hydraenidae	5
Hydracarina		4		Lampyridae	5
Ephemeroptera	Leptophlebiidae	10		Psephenidae	5
	Oligoneuridae	10		Ptilodactylidae	5
	Leptohiphidae	7		Scirtidae(helodidae)	5



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

Orden/Clase	Familia	Puntaje	Orden/Clase	Familia	Puntaje
	Baetidae	4		Gyrinidae	3
Odonata	Polythoridae	10	Diptera	Dytiscidae	3
	Calopterygidae	8		Hydrophilidae	3
	Gomphidae	8		Staphylinidae	3
	Aeshnidae	6		Blepharoceridae	10
	Coenagrionidae	6		Athericidae	10
	Libellulidae	6		Simuliidae	5
	Plecoptera	Perlidae		10	Tipulidae
Gripopterygidae		10		Ceratopogonidae	4
Heteroptera	Corixidae	5		Dixidae	4
	Gerridae	5		Dolichopodidae	4
	Naucoridae	5		Empididae	4
	Notonectidae	5		Limoniidae	4
	Veliidae	5		Stratiomyidae	4
	Belostomatidae	4		Tabanidae	4
Trichoptera	Anomalopsychidae	10		Psychodidae	3
	Calamoceratidae	10		Chironomidae	2
	Helicopsychidae	10		Culicidae	2
	Odontoceridae	10		Ephydriidae	2
	Hydrobiosidae	8		Muscidae	2
	Leptoceridae	8		Syrphidae	1
	Philopotamidae	8			

Fuente: Acosta *et al.* (2009)

La sumatoria obtenida se compara con la tabla de «estados de calidad ecológica de agua» (Tabla 6.9) propuesta por Acosta *et al.* (2009).

**Tabla 6.9.** Estados de calidad ecológica del agua según el ABI en Perú

Calidad Biológica	Puntuación
Muy bueno	> 74
Bueno	45 – 74
Moderado	27 – 44
Malo	11 – 26
Pésimo	< 11

Fuente: Acosta *et al.* (2009)

Adicionalmente, para estimar el grado de perturbación de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos, se recategorizaron las especies registradas a grupos bioindicadores, definidos referencialmente a partir de la clasificación de familias del índice ABI (Acosta *et al.*, 2009), considerando tres grupos, el primero corresponde a las especies que se agrupan dentro de familias sensibles, que presentan un alto nivel de sensibilidad según las categorías del ABI (entre 8 y 10), el segundo grupo corresponde a las especies que se agrupan dentro de familias facultativas, que según las condiciones pueden tener un grado intermedio de sensibilidad/tolerancia (entre 4 y 7). Finalmente, el tercer grupo comprende a las especies que se agrupan dentro de familias tolerantes, que presentan un bajo nivel de sensibilidad (entre 1 y 3).

### **Calidad ecológica de ríos altoandinos (CERA-S)**

El protocolo CERA-S da como resultado el estado ecológico de los ríos mediante la combinación de la calidad hidromorfológica (Tabla 6.10) y el índice biótico andino (ABI). La



PERÚ

Ministerio  
del AmbienteOrganismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental - OEFASTEC: Subdirección  
Técnica CientíficaDecenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

base del protocolo es la valoración de la calidad biológica del río y las características de su entorno y su representación mediante una combinación sencilla de colores que permite, a quien no tiene una formación científica especializada, observar rápidamente cual es el estado de salud de un río (Tabla 6.11).

**Tabla 6.10.** Calidad hidromorfológica acuerdo a la puntuación del protocolo CERA-S

Calidad Hidromorfológica	Puntuación
Excelente	> 35
Buena	29 - 35
Moderada	21 - 28
Mala	11 - 20
Pésima	0 - 10

**Tabla 6.11.** Calidad ecológica: recombicación entre la calidad hidromorfológica y biológica según el protocolo CERA-S

		Calidad Biológica				
		Muy Bueno	Bueno	Moderado	Malo	Pésimo
Calidad Hidromorfológica	Excelente	Muy Bueno	Bueno	Moderado	Malo	Pésimo
	Buena	Bueno	Bueno	Moderado	Malo	Pésimo
	Moderada	Bueno	Moderado	Moderado	Malo	Pésimo
	Mala	Moderado	Moderado	Moderado	Malo	Pésimo
	Pésima	Moderado	Malo	Malo	Pésimo	Pésimo

## 6.5. Criterios de evaluación

### 6.5.1. Agua

Los cuerpos de agua superficiales se clasificaron dentro de la categoría 3 y 4 de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua (en adelante, ECA para agua) establecido en el Decreto Supremo N.º 015-2015-MINAM (Tabla 6.12), según lo establecido en el instrumento de gestión ambiental «Segunda Modificación de Impacto Ambiental detallado del Proyecto Tantahuatay hasta una ampliación de 60 000 TMD», aprobada mediante Resolución Directoral N.º 311-2016-MEM-DGAAM.

Asimismo, el punto A-11, ubicado en el canal de conducción de agua potable Manuel Vásquez, fue comparado con la categoría 1-A A1: Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección, según lo establecido en su Instrumento de Gestión Ambiental (IGA) ya mencionado. Mientras que, los puntos de agua correspondiente a los canales de coronación, han sido comparados referencialmente con la categoría 3 del ECA para agua 2015.

**Tabla 6.12.** Categoría de comparación empleada para calidad de agua

Cuerpo de agua	Categoría de comparación	Normativa de comparación
Quebrada Tantahuatay	<b>Categoría 3: D1 y D2</b> (riego de vegetales y bebida de animales)	Decreto Supremo N.º 015-2015-MINAM
Quebrada Tacamache		
Quebrada Azufre		
Quebrada Puente de la Hierba		
Quebrada Hueco 2		
Quebrada Tres Amigos		
Quebrada Colorado	<b>Categoría 4: E1</b> (lagunas y lagos)	
Laguna Las Auroras		
Laguna Los Gentiles		
Laguna Vira Vira		
Laguna Cueva de Campos		
Laguna Melchos		



### 6.5.2. Sedimentos

Los resultados de Sedimentos serán comparados referencialmente con los estándares establecidos en la Guía de calidad ambiental canadiense para sedimentos de aguas continentales (CEQG-SQG)<sup>1</sup>, que será denominada en adelante guía canadiense; debido a que no se cuenta con normas nacionales para calidad ambiental de Sedimentos (Tabla 6.13).

**Tabla 6.13.** Categoría de comparación empleada para Sedimentos

Matriz	Categoría de comparación	Normativa o guía de comparación
Sedimentos	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ ISQG (valores guía provisional de calidad de Sedimentos): Representa el nivel por debajo del cual no se esperan efectos biológicos adversos.</li> <li>▪ PEL (nivel de efecto probable): Representa el nivel de concentración química más bajo que usualmente o siempre está asociado a efectos biológicos adversos.</li> </ul>	Guía de calidad ambiental canadiense para sedimentos de aguas continentales (CEQG-SQG)

## 7. RESULTADOS

En el presente capítulo se analizará los resultados obtenidos de las matrices agua y Sedimentos respecto a la comparación con la norma peruana y norma referencial respectivamente, y los resultados obtenidos del monitoreo de hidrobiología en 6 zonas, los cuales se detallan a continuación: 1) Zona 1: Quebrada Tantahuatay y laguna Las Auras, 2) Zona 2: Quebrada Tacamache, 3) Zona 3: Quebrada Azufre y laguna Cueva de Campos, 4) Zona 4: Laguna Vira Vira, quebrada Puente de la Hierba y Hueco 2, 5) Zona 5: Laguna Los Gentiles y quebrada Tres Amigos y 6) Zona 6: Laguna Melchos y quebrada Colorado. El monitoreo de agua superficial se realizó en el primer (14 al 20 de marzo de 2019) y segundo monitoreo (29 de mayo al 04 de junio de 2019); mientras que, Sedimentos e hidrobiología se realizaron en el primer monitoreo.

### 7.1. Zona 1: Quebrada Tantahuatay y laguna Las Auras

#### 7.1.1. Agua

A continuación, se presentarán solamente los resultados de los parámetros que incumplieron los ECA para agua 2015, en las categorías 3 y 4 para quebradas y lagunas respectivamente.

- **Quebrada Tantahuatay**

En la Tabla 7.1, se muestra resaltado con color naranja todos los parámetros que incumplieron los ECA para agua 2015, categoría 3, en la quebrada Tantahuatay (A-4, A-4A, A-37, A-36) y aportante (MAN-01).

<sup>1</sup> Canadian Council of Ministers of the Environment (1998). *Canadian Environmental Quality Guidelines. Sediment. Quality Guidelines for Protection of Aquatic Life of Freshwater* (Valores guía de calidad ambiental de Canadá para sedimentos de aguas continentales).



PERÚ

Ministerio  
del AmbienteOrganismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental - OEFASTEC: Subdirección  
Técnica CientíficaDecenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad**Tabla 7.1.** Resultados de los puntos ubicados en la quebrada Tantahuatay, comparados con el ECA para agua 2015

Código		A-4		A-4A		MAN-01	A-37		A-36		DS N° 015-2015-MINAM		
Mes de Muestreo		Marzo	Mayo	Marzo	Mayo	Mayo	Marzo	Mayo	Marzo	Mayo	Categoría 3		
Parámetro	Unidad	Quebrada Tantahuatay										D1: Riego de vegetales	D2: Bebida de animales
Medición en campo													
pH	Und. de pH	2,95	2,97	3,10	3,03	3	3,14	3,04	3,16	2,97	6,5 - 8,5	6,5 - 8,4	
Oxígeno disuelto	mg/L	6,21	6,04	6,23	6,10	1,66	6,04	6,11	6,11	6,17	4	5	
Metales totales													
Aluminio (Al)	mg/L	6,529	6,972	4,582	6,044	10,22	4,283	6,152	3,854	6,159	5	5	
Arsénico (As)	mg/L	0,09387	0,0772	0,0171	0,00905	0,13956	0,00471	0,0063	0,00235	0,00358	0,1	0,2	
Cobre (Cu)	mg/L	2,201	3,129	1,34	2,221	2,773	1,224	2,216	1,078	2,131	0,2	0,5	
Hierro (Fe)	mg/L	16,17	15,61	3,934	6,761	18,27	3,104	6,307	2,444	5,661	5	**	
Plomo (Pb)	mg/L	0,031	0,04	0,0187	0,0245	0,0785	0,016	0,0245	0,0138	0,0226	0,05	0,05	
Resultado que incumplió uno o ambos valores establecidos en la categoría 3 del ECA para agua													

- Laguna Las Auroras**

De acuerdo a los resultados obtenidos mostrados en la Tabla 7.2, todas las lagunas Las Auroras presentaron valores de pH ácido fuera del rango establecido en el ECA para agua para la categoría 4. Asimismo, los metales resaltados de color naranja incumplieron los ECA para agua 2015 categoría 3, en las lagunas Las Auroras 1 (A-32), Las Auroras 4 (A-35) y Las Auroras 5 (A-35A).

**Tabla 7.2.** Resultados de los puntos ubicados en las lagunas Las Auroras, comparados con el ECA para agua 2015

Código		A-32		A-33		A-34		A-35		A-35A		DS N.° 015-2015-MINAM
Mes de Muestreo		Marzo	Mayo	Marzo	Mayo	Marzo	Mayo	Marzo	Mayo	Marzo	Mayo	Categoría 4
Parámetro	Unidad	Las Auroras 1		Las Auroras 2		Las Auroras 3		Las Auroras 4		Las Auroras 5		E1: Lagunas y lagos
Medición en campo												
pH	Und. de pH	4,22	4,24	4,5	4,54	4,64	4,49	3,85	3,68	3,55	3,61	6,5 - 9,0
Metales totales												
Cadmio (Cd)	mg/L	<0,00001	<0,00001	<0,00001	<0,00001	<0,00001	<0,00001	<0,00001	<0,00001	<0,00001	0,00072	0,00025
Cobre (Cu)	mg/L	0,10353	0,09787	0,01979	0,02169	0,02044	0,02555	0,16536	0,22098	0,2854	0,23111	0,1
Plomo (Pb)	mg/L	0,0046	0,0038	0,0014	0,001	<0,0002	0,0008	0,0026	0,0026	0,0041	0,0029	0,0025
Zinc (Zn)	mg/L	0,0466	0,0427	<0,0100	0,0105	0,0502	0,0626	0,0488	0,0582	0,2372	0,2147	0,12
Resultado que incumplió el valor establecido en la categoría 4: E1 del ECA para agua												



PERÚ

Ministerio  
del AmbienteOrganismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental - OEFASTEC: Subdirección  
Técnica CientíficaDecenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

### 7.1.2. Sedimentos

A continuación, se presenta solamente los resultados de los parámetros que superaron la guía canadiense.

- **Quebrada Tantauatay**

De acuerdo con la Tabla 7.3, todos los puntos evaluados en la quebrada Tantauatay, presentaron concentraciones de arsénico, cadmio, cobre y plomo total, que superaron los valores del ISQG y PEL de la guía canadiense; mientras que las concentraciones de mercurio total superaron solo el valor ISQG en todos los puntos de monitoreo a excepción del punto SD-4A que no superó.

**Tabla 7.3.** Resultados de Sedimentos en la quebrada Tantauatay, comparados con la guía canadiense

Código		SD-4	SD-4A	SD-37	SD-36	Guía Canadiense	
Mes de Muestreo		Marzo	Marzo	Marzo	Marzo	ISQG	PEL
Parámetro	Unidad	Quebrada Tantauatay					
Arsénico (As)	mg/kg	8737	9652	3995	1994	5,9	17
Cadmio (Cd)	mg/kg	63,4	72,0	35,4	19,0	0,6	3,5
Cobre (Cu)	mg/kg	1338	2937	2246	1527	35,7	197
Plomo (Pb)	mg/kg	131	183	130	98	35	91,3
Zinc (Zn)	mg/kg	31,2	45,6	47,9	40,8	123	315
Mercurio (Hg)	mg/kg	0,36	< 0,10	0,22	0,24	0,17	0,486
		Resultado que superó los valores ISQG y PEL					
		Resultado que superó solo el valor ISQG					

- **Lagunas Las Auroras**

De acuerdo con la Tabla 7.4, todos los puntos evaluados en las lagunas Las Auroras, presentaron concentraciones de arsénico, cadmio, cobre y plomo total, que superaron los valores del ISQG de la guía canadiense; mientras que las concentraciones de mercurio total superaron el ISQG en los puntos SD-33, SD-35 y SD-35A. Los parámetros resaltados de color naranja excedieron los valores del PEL.

**Tabla 7.4.** Resultados de Sedimentos en las lagunas Las Auroras, comparados con la guía canadiense

Código		SD-32	SD-33	SD-34	SD-35	SD-35A	Guía Canadiense	
Mes de Muestreo		Marzo	Marzo	Marzo	Marzo	Marzo	ISQG	PEL
		Auroras 1	Auroras 2	Auroras 3	Auroras 4	Auroras 5		
Parámetro	Unidad	Laguna Las Auroras						
Arsénico (As)	mg/kg	342,7	1707	279,6	996,7	413,8	5,9	17
Cadmio (Cd)	mg/kg	2,9	12,1	2,5	7,4	3,4	0,6	3,5
Cobre (Cu)	mg/kg	82,5	516,0	136,8	418,1	213,7	35,7	197
Plomo (Pb)	mg/kg	67	235	71	101	67	35	91,3
Mercurio (Hg)	mg/kg	0,12	0,40	0,13	0,65	0,39	0,17	0,486
		Resultado que superó los valores ISQG y PEL						
		Resultado que superó solo el valor ISQG						

### 7.1.3. Macroinvertebrados bentónicos

En esta sección se presentan los resultados del análisis taxonómico de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos y el procesamiento de la información para la estimación de los índices de diversidad y estado de calidad biológica y ecológica según los índices ABI y CERA-S, respectivamente.

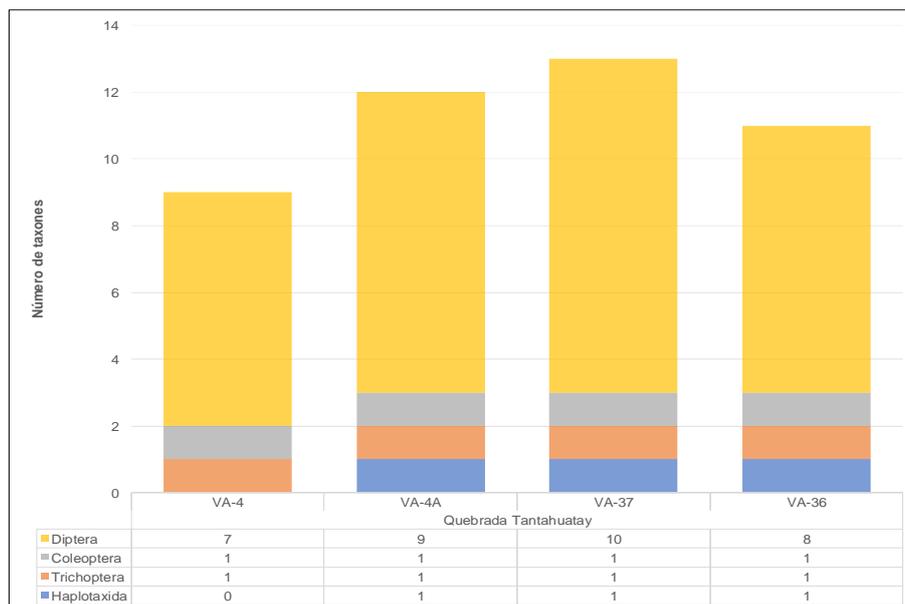
- **Quebrada Tantahuatay (ambiente lótico)**

#### i. Composición y riqueza

En esta zona se evaluaron 3 puntos de monitoreo en la quebrada Tantahuatay. Se registraron 16 taxones de macroinvertebrados bentónicos, los cuales están agrupados en 2 phyla, 2 clases, 4 órdenes y 8 familias.

Respecto a la composición comunitaria, el orden Diptera fue dominante con 13 taxones (81,25 % del total), seguido de Haptotaxida, Trichoptera y Coleoptera con un único taxón cada uno de ellos (Figura 7.1).

Los puntos de muestreo en quebrada Tantahuatay presentaron valores de riqueza similares, con valores que variaron entre 9 y 13 taxones (Figura 7.1). Cabe mencionar que el orden Diptera fue predominante en todos los puntos de muestreo, donde a su vez predominó la familia Chironomidae.



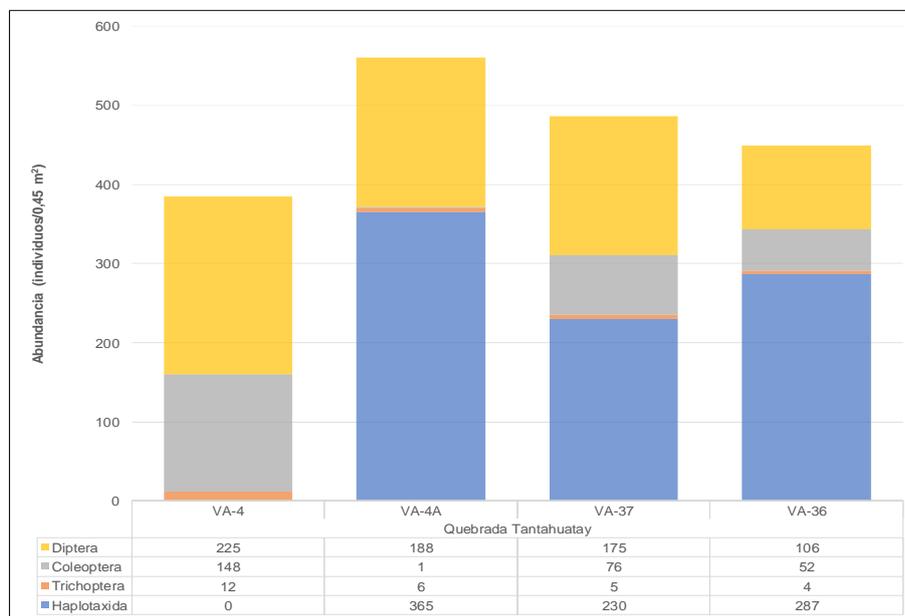
**Figura 7.1.** Riqueza de taxones de macroinvertebrados bentónicos por órdenes en la quebrada Tantahuatay

#### ii. Abundancia

Se registraron 1880 individuos, siendo el orden Haptotaxida el más dominante con 882 individuos (46,91 % del total), seguido de Diptera con 694 individuos (36,91 % del total), Coleoptera con 277 individuos (14,73 % del total) y Trichoptera con 27 individuos (1,44 % del total).

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

La abundancia registrada presenta un comportamiento similar a la riqueza de taxones. Cabe resaltar que, en los puntos de muestreo VA-4A (65,18 %), VA-37 (47,33 %) y VA-36 (63,92 %) predominó el taxón Haplotoxidae n.d (Figura 7.2).



**Figura 7.2.** Abundancia de macroinvertebrados bentónicos por órdenes y puntos de muestreo

### iii. Diversidad alfa

En base a la riqueza y abundancia de taxones, en la Tabla 7.5 se detallan los valores del índice de diversidad de Hill (N1 y N2) y la equidad de Pielou (J') para cada punto de muestreo.

El punto de muestreo VA-4A presentó los menores valores de diversidad N1 (número de especies abundantes) y N2 (número de especies muy abundantes); mientras que los mayores valores de diversidad N1 y N2 se presentaron en los puntos de muestreo VA-37 y VA-4 respectivamente.

El índice de equidad de Pielou (J') presentó su menor valor (0,4826) en el punto de muestreo VA-4A, donde predominó el taxón Haplotoxidae n.d; mientras que VA-4 presentó el mayor valor de equidad (0,699).

**Tabla 7.5.** Índices de diversidad alfa por punto de muestreo

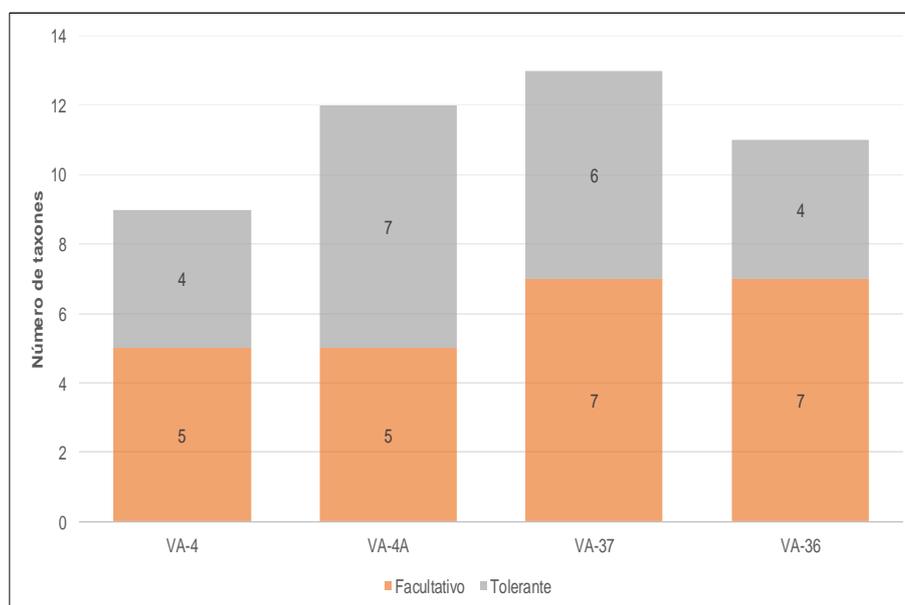
Punto de monitoreo	N1	N2	J'
VA-4	4,645	3,751	0,699
VA-4A	3,318	2,188	0,4826
VA-37	5,289	3,605	0,6494
VA-36	3,726	2,3	0,5485

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

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

#### iv. Indicadores Biológicos y Calidad Biológica ABI

Respecto al comportamiento de los taxones bioindicadores se observa un predominio de taxones facultativos y tolerantes en todos los puntos de muestreo, con una ausencia total de taxones sensibles (Figura 7.3).



**Figura 7.3.** Composición comunitaria de macroinvertebrados bentónicos en función a la sensibilidad a la perturbación.

Según los índices de calidad ABI y calidad ecológica CERA-S, todos los puntos de muestreo de la quebrada Tantahuatay presentaron una «calidad moderada» (Tabla 7.6). La calidad hidromorfológica presentó resultados de «calidad mala» en los puntos de muestreo VA-4 y VA-4A, mientras que VA-37 y VA-36 presentaron una «calidad moderada».

**Tabla 7.6.** Calidad ecológica del agua según el índice biótico andino (ABI) y la calidad hidromorfológica

Punto de monitoreo	Calidad Biológica ABI	Calidad Hidromorfológica	Calidad Ecológica CERA-S
	VA-4		Moderada
VA-4A	Moderada	Mala	Moderada
VA-37	Moderada	Moderada	Moderada
VA-36	Moderada	Moderada	Moderada

- **Lagunas Las Auroras (ambiente léntico)**

##### i. Composición y riqueza

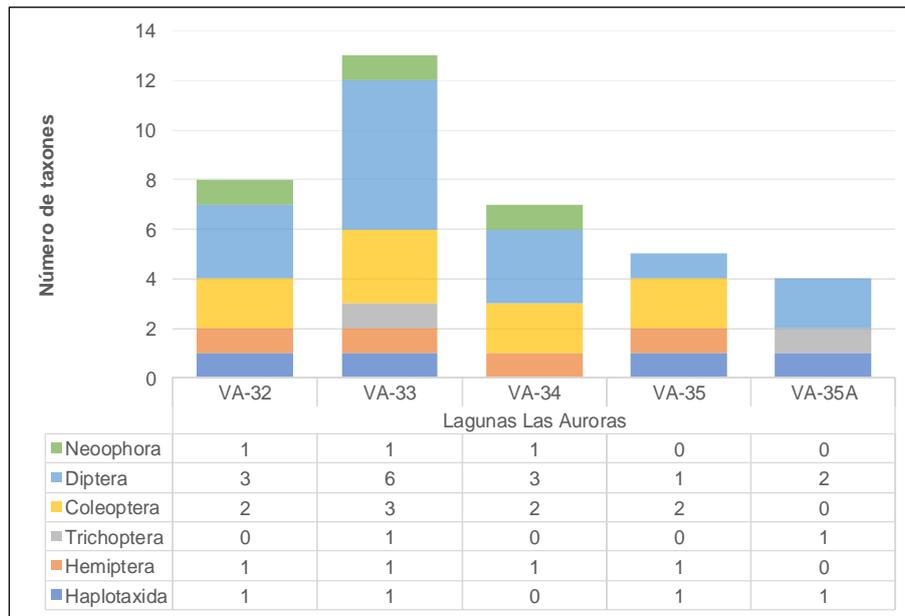
Se evaluaron cinco puntos de muestreo, uno en cada laguna, donde se registraron 14 taxones de macroinvertebrados bentónicos, los cuales están agrupados en 3 phyla, 3 clases, 6 órdenes y 10 familias.

Respecto a la composición comunitaria, el orden Diptera fue dominante con seis taxones (42,86 % del total), seguido de Coleoptera con tres (21,43 % del total), Trichoptera con dos taxones (7,29 % del total, cada orden), mientras que Hemiptera, Haplotoxida y Neophora presentaron un único taxón (3,57 % del total, cada orden).

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

La composición comunitaria de los puntos de muestreo presentó una alta heterogeneidad entre ellos, con excepción del punto de muestreo VA-35A, el cual solo presentó 3 órdenes. En general se observa un predominio de taxones del orden Diptera en casi todos los puntos de muestreo, con excepción de VA-35, donde predominó el orden Coleoptera (Figura 7.4).

El punto de muestreo VA-33 presentó la mayor riqueza, con 13 taxones; mientras que el punto de muestreo VA-35A, presentó la menor riqueza, con 4 taxones.



**Figura 7.4.** Riqueza de taxones de macroinvertebrados bentónicos por órdenes en las lagunas Las Auroras

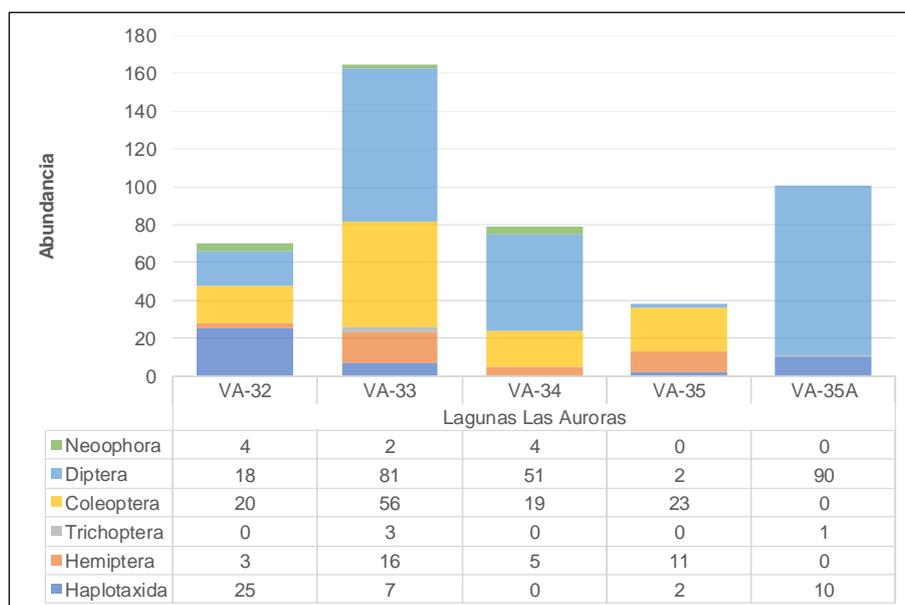
**ii. Abundancia**

Se registraron 453 organismos, siendo el orden Diptera el más dominante con 242 organismos (53,42 % del total), seguido de Coleoptera con 118 organismos (26,05 % del total), Haplotalaxida con 44 organismos (9,71% del total), Hemiptera con 35 organismos (7,73 % del total), Neophora con 10 organismos (2,21 % del total) y Trichoptera con 4 organismos (0,88 % del total).

En general se observa un predominio de individuos del orden Diptera, con excepción de VA-32 y VA-35, donde predominaron los individuos de los órdenes Haplotalaxida y Coleoptera, respectivamente (Figura 7.5). Los puntos de muestreo VA-33 y VA-35A presentaron las mayores abundancias; mientras que el punto de muestreo VA-35 presentó las menores abundancias.

Los taxones pertenecientes a la familia Chironomidae (*Camptocladius* sp., *Cricotopus* sp. y *Alotanypus* sp.) fueron los más abundantes, con un predominio en los puntos de muestreo VA-33, VA-34 y VA-35A. Los organismos pertenecientes a la familia Chironomidae están adaptados a diferentes factores ambientales o de stress (Domínguez y Fernández, 2009).

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad



**Figura 7.5.** Abundancia de macroinvertebrados bentónicos por órdenes en las lagunas Las Auroras

### iii. Diversidad alfa

En base a la riqueza y abundancia de taxones, en la Tabla 7.7 se detallan los valores del índice de diversidad de Hill (N1 y N2) y la equidad de Pielou (J') para cada punto de muestreo.

El punto de muestreo VA-35A presentó los menores valores de diversidad N1 (número de especies abundantes) y N2 (número de especies muy abundantes); mientras que los mayores valores de diversidad N1 y N2 se presentaron en el punto de muestreo VA-33.

El índice de equidad de Pielou (J') presentó su menor valor (0,6238) en el punto de muestreo VA-34, donde predominó el taxón *Camptocladius* sp.; mientras que VA-32 presentó el mayor valor de equidad (0,7995).

**Tabla 7.7.** Índices de diversidad alfa en los puntos de muestreo de las lagunas Las Auroras

Punto de monitoreo	N1	N2	J'
VA-32	5,273	4,246	0,7995
VA-33	6,239	4,538	0,7138
VA-34	3,367	2,342	0,6238
VA-35	2,947	2,352	0,6716
VA-35A	2,589	2,245	0,6862

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

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

## 7.2. Zona 2: Quebrada Tacamache

### 7.2.1. Agua

Los puntos evaluados en la quebrada Tacamache y la aportante ESP-AS-12 (quebrada sin nombre) presentaron valores de pH ácido, incumpliendo los ECA para agua 2015 categoría 3; adicionalmente el punto A-19 registró una concentración de oxígeno disuelto por debajo



PERÚ

Ministerio  
del AmbienteOrganismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental - OEFASTEC: Subdirección  
Técnica CientíficaDecenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

de lo establecido en la subcategoría D2 de dicho ECA (Tabla 7.8). Respecto a los demás parámetros, cumplieron con los valores del ECA para agua 2015 categoría 3.

**Tabla 7.8.** Resultados de los puntos ubicados en la quebrada Tacamache, comparados con el ECA para agua 2015

Código	A-19	A-19A		A-19B		ESP-AS-12	ESP-AS-06		ESP-AS-05		DS N° 015-2015-MINAM			
Mes de Muestreo	Mayo	Marzo	Mayo	Marzo	Mayo	Mayo	Marzo	Mayo	Marzo	Mayo	Categoría 3			
Parámetro	Unidad	Quebrada Tacamache					Qda. S/N	Quebrada Tacamache					D1: Riego de vegetales	D2: Bebida de animales
Medición en campo														
pH	Und. de pH	3,61	4,11	3,73	4,10	3,71	4,98	4,20	3,89	4,56	3,93	6,5 - 8,5	6,5 - 8,4	
Oxígeno disuelto	mg/L	4,87	6,73	6,28	6,74	6,93	6,49	5,88	6,82	7,01	7,22	4	5	
Resultado que incumplió uno o ambos valores establecidos en la categoría 3 del ECA para agua														

## 7.2.2. Sedimentos

En esta zona solo se evaluaron 2 puntos de muestreo de sedimentos, que se ubican aguas abajo de los efluentes y componentes mineros. De acuerdo con la Tabla 7.9, se observa que los puntos ESP-SD-06 y ESP-SD-05 presentaron concentraciones de cobre y mercurio que superaron los valores del ISQG, a excepción del cobre, que también superó el PEL. Adicionalmente el punto ESP-SD-06 registró concentración de arsénico que superó ambos valores de la guía canadiense (ISQG y PEL).

**Tabla 7.9.** Resultados de sedimentos en los puntos ubicados en la quebrada Tacamache

Código	ESP-SD-06	ESP-SD-05	Guía Canadiense		
Mes de Muestreo	Marzo	Marzo	ISQG	PEL	
Parámetro	Unidad	Quebrada Tacamache			
Arsénico (As)	mg/kg	28,1	< 17,5	5,9	17
Cobre (Cu)	mg/kg	68,0	78,0	35,7	197
Mercurio Total (Hg)	mg/kg	0,55	0,81	0,17	0,486
Resultado que superó los valores ISQG y PEL					
Resultado que superó solo el valor ISQG					

## 7.2.3. Macroinvertebrados bentónicos

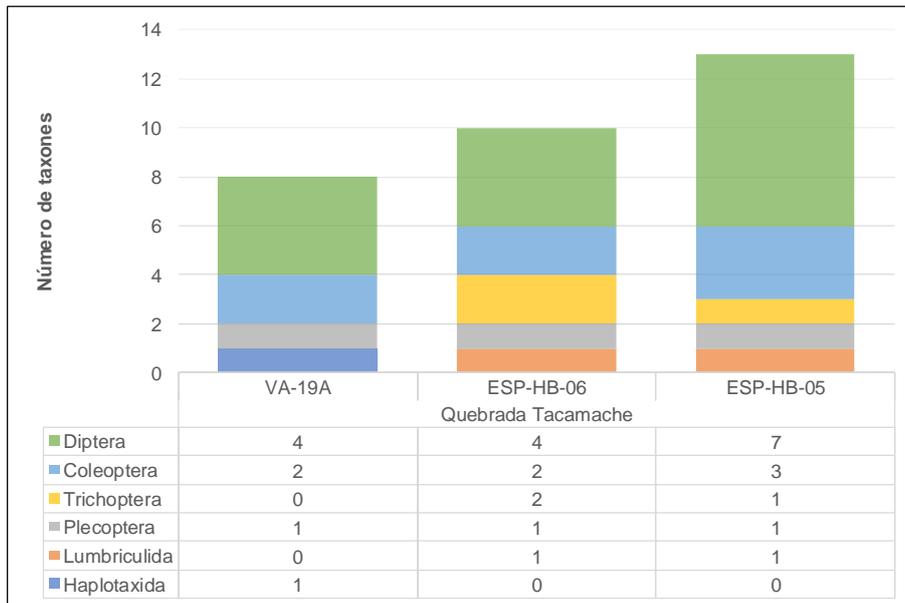
### i. Composición y riqueza

En esta zona se evaluaron tres puntos de muestreo en quebrada Tacamache. Se registraron 19 taxones de macroinvertebrados bentónicos, los cuales están agrupados en 2 phyla, 2 clases, 6 órdenes y 14 familias.

Respecto a la composición comunitaria, el orden Diptera fue dominante con 10 taxones (52,63 % del total), seguido de Coleoptera con cuatro taxones (21,05 % del total), Trichoptera con dos taxones (10,53 % del total); mientras que los demás órdenes registraron un único taxón (5,26 % del total, cada orden) (Figura 7.6).

Los puntos de muestreo en la quebrada Tacamache presentaron valores de riqueza cercanos, con valores que variaron entre 8 y 13 taxones. Cabe mencionar que el orden Diptera fue predominante en todos los puntos de muestreo (Figura 7.6).

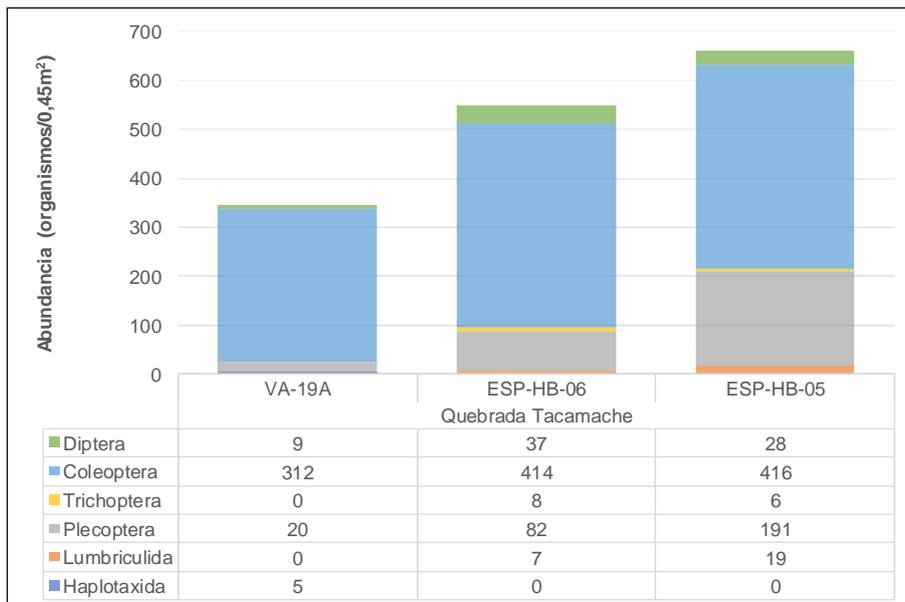
Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad



**Figura 7.6.** Riqueza de taxones de macroinvertebrados bentónicos por órdenes y puntos de muestreo

## ii. Abundancia

Se registraron 1554 individuos, siendo el orden Coleoptera el más dominante con 1142 individuos (73,49 % del total), seguido de Plecoptera con 293 individuos (18,85 % del total), Diptera con 74 individuos (4,76 % del total), Lumbriculida con 26 individuos (1,67 % del total), Trichoptera con 14 individuos (0,90 % del total) y Haplotaixida con cinco individuos (0,32 % del total). El orden Coleoptera fue dominante en abundancia en todos los puntos de muestreo, siendo el taxón *Austrelmis* sp. el más abundante (Figura 7.7).



**Figura 7.7.** Abundancia de macroinvertebrados bentónicos por órdenes y puntos de muestreo.

### iii. Diversidad alfa

En base a la riqueza y abundancia de taxones, en la Tabla 7.10 se detallan los valores del índice de diversidad de Hill (N1 y N2) y la equidad de Pielou (J') para cada punto de muestreo. El punto de muestreo VA-19A presentó los menores valores de diversidad N1 (número de especies abundantes) y N2 (número de especies muy abundantes); mientras que los mayores valores de diversidad N1 y N2 se presentaron en el punto de muestreo ESP-HB-05. El índice de equidad de Pielou (J') presentó su menor valor (0,2211) en el punto de muestreo VA-19A, mientras que ESP-HB-05 presentó el mayor valor de equidad (0,419).

**Tabla 7.10.** Índices de diversidad alfa por punto de muestreo de la quebrada Tacamache

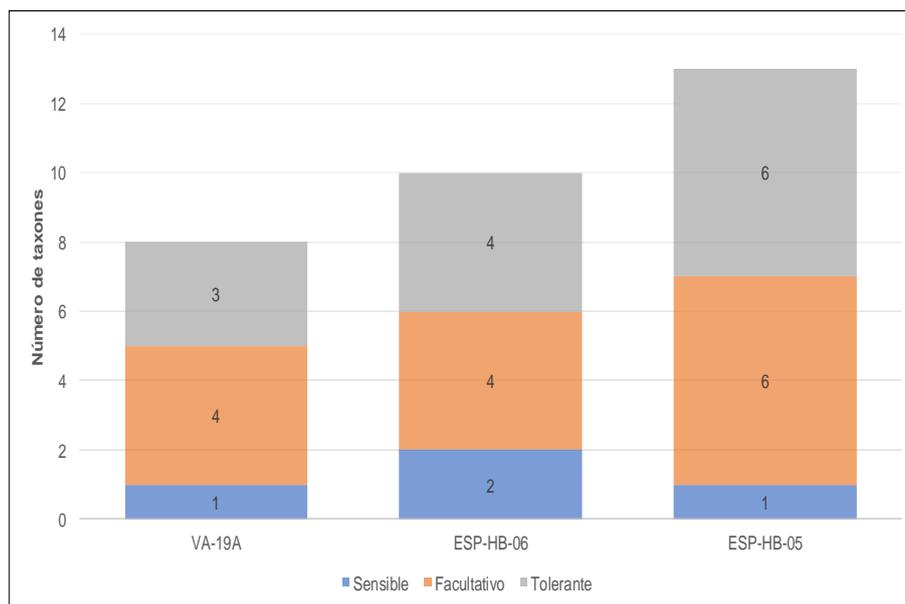
Punto de monitoreo	N1	N2	J'
VA-19A	1,584	1,232	0,2211
ESP-HB-06	2,419	1,7	0,3837
ESP-HB-05	2,929	2,149	0,419

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

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

### iv. Indicadores Biológicos y Calidad Biológica ABI

Respecto al comportamiento de los taxones bioindicadores se observa un predominio de taxones facultativos y tolerantes en todos los puntos de muestreo (Figura 7.8).



**Figura 7.8.** Composición comunitaria de macroinvertebrados bentónicos en función a la sensibilidad a la perturbación.

Según el índice de calidad ABI, los puntos de muestreo ESP-HB-06 y ESP-HB-05 presentaron una «calidad buena»; mientras que el índice de calidad ecológica CERA-S presentó una «calidad buena» (Tabla 7.11). El punto de muestreo VA-19A presentó una «calidad moderada» en ambos índices. La calidad hidromorfológica presentó un comportamiento similar a los índices antes descritos.



PERÚ

Ministerio  
del AmbienteOrganismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental - OEFASTEC: Subdirección  
Técnica CientíficaDecenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad**Tabla 7.11.** Calidad ecológica del agua según el índice biótico andino (ABI) y la calidad hidromorfológica

Punto de monitoreo	Calidad Biológica ABI	Calidad Hidromorfológica	Calidad Ecológica CERA-S
	VA-19A		Moderado
ESP-HB-06	Bueno	Excelente	Bueno
ESP-HB-05	Bueno	Excelente	Bueno

### 7.3. Zona 3: Quebrada Azufre y laguna Cueva de Campos

#### 7.3.1. Agua

##### • Quebrada Azufre

De los resultados obtenidos en la quebrada Azufre, solo el punto de monitoreo ESP-AS-10 (descarta de las pozas de sedimentación) presentó valores de pH ácido y concentraciones de manganeso total que incumplieron referencialmente los ECA para agua 2015 categoría 3; asimismo este punto presentó trazas de cianuro WAD en época de lluvia. El punto ubicado en la parte baja de la quebrada Azufre (ESP-AS-07) no incumplió ningún parámetro del ECA para agua 2015.

**Tabla 7.12.** Resultados de los puntos ubicados en la quebrada Tacamache, comparados con el ECA para agua 2015

Código		ESP-AS-10		ESP-AS-07		DS N° 015-2015-MINAM	
Mes de Muestreo		Marzo	Mayo	Marzo	Mayo	Categoría 3	
Parámetro	Unidad	Quebrada Azufre				D1: Riego de vegetales	D2: Bebida de animales
Medición en campo							
pH	Und. de pH	3,90	3,7	6,51	6,65	6,5 - 8,5	6,5 - 8,4
Fisicoquímicos							
Cianuro WAD	mg/L	0,002	< 0,001	< 0,001	N.E.	0,1	0,1
Metales totales							
Manganeso (Mn)	mg/L	0,46536	0,26189	0,07188	0,10835	0,2	0,2
Resultado que incumplió uno o ambos valores establecidos en la categoría 3 del ECA para agua							

N.E.: No evaluado

##### • Laguna Cueva de campos

Según los resultados obtenidos en el punto de monitoreo de la laguna Cueva de Campos presentó valores de pH ácido que incumplieron el ECA para agua 2015 categoría 4 (Tabla 7.13). Con respecto a los demás parámetros estos cumplieron con dicho ECA.

**Tabla 7.13.** Resultados del punto ubicado en la laguna Cueva de Campos, comparado con el ECA para agua 2015

Código		A-21		DS N.º 015-2015-MINAM
Mes de Muestreo		Marzo	Mayo	Categoría 4
Parámetro	Unidad	Laguna Cueva de campos		E1: Lagunas y lagos
Medición en campo				
pH	Und. de pH	3,86	3,77	6,5 - 9,0
Resultado que incumplió el valor establecido en la categoría 4: E1 del ECA para agua				



### 7.3.2. Sedimentos

En la Tabla 7.14, el punto ubicado aguas abajo de la quebrada azufre (ESP-SD-07), presentó concentraciones de arsénico, cobre y mercurio total, que superaron referencialmente los valores del ISQG, adicionalmente el arsénico superó el valor del PEL.

El punto ubicado en la laguna Cueva de campos (SD-21), presentó concentraciones de cobre que superó el valor del PEL y concentración de mercurio que superó los valores del ISQG y PEL.

**Tabla 7.14.** Resultados de Sedimentos en los puntos ubicados en la quebrada Azufre y en la laguna Cueva de Campos

Código		ESP-SD-07	SD-21	Guía Canadiense	
Mes de Muestreo		Marzo	Marzo	ISQG	PEL
Parámetro	Unidad	Quebrada Azufre	Laguna Cueva de campos		
Arsénico (As)	mg/kg	27,6	< 17,5	5,9	17
Cobre (Cu)	mg/kg	62,5	48,2	35,7	197
Mercurio Total (Hg)	mg/kg	0,18	0,68	0,17	0,486
		Resultado que superó los valores ISQG y PEL			
		Resultado que superó solo el valor ISQG			

### 7.3.3. Macroinvertebrados bentónicos

- **Quebrada Azufre (ambiente lótico):**

#### i. Composición y riqueza

El punto de muestreo ESP-HB-07, en quebrada Azufre, registró 27 taxones de macroinvertebrados bentónicos, los cuales están agrupados en 3 phyla, 4 clases, 8 órdenes y 18 familias.

Respecto a la composición comunitaria, el orden Diptera presentó 12 taxones (44,44 % del total), seguido de Trichoptera con seis taxones (22,22 % del total), Coleoptera con 3 taxones (11,11 % del total), Ephemeroptera con 2 taxones (7,41 % del total); mientras que los demás órdenes presentaron un único taxón cada uno (3,70 % cada uno).

#### ii. Abundancia

Se registraron 393 individuos, siendo el orden Coleoptera el más dominante con 170 individuos (43,26 % del total), seguido de Diptera con 164 individuos (41,73 % del total), Plecoptera con 23 individuos (5,85 % del total), Rhyncobdellida con 11 individuos (2,80 % del total), Haplotaxida con 7 individuos (1,78 % del total), Neophora con 4 individuos (1,02 % del total) y Ephemeroptera con 3 individuos (0,76 % del total).

#### iii. Diversidad alfa

El punto de muestreo ESP-HB-07 presentó un valor de N1 (número de especies abundantes) de 6,933, y un valor de N2 (número de especies muy abundantes) de 4,056; mientras que la equidad de Pielou tuvo un valor de 0,5875.



#### iv. Indicadores Biológicos y Calidad Biológica ABI

Respecto al comportamiento de los taxones bioindicadores, se registraron 9 taxones tolerantes, 13 taxones facultativos y 5 taxones sensibles.

Según los índices de calidad ABI y calidad ecológica CERA-S, el punto de muestreo ESP-HB-07 presentó una calidad «muy buena» y «buena» respectivamente. La calidad hidromorfológica presentó una «calidad buena».

- **Laguna Cueva de Campos (ambiente léntico):**

##### i. Composición y riqueza

El punto de muestreo VA-21, registró seis taxones de macroinvertebrados bentónicos, los cuales están agrupados en 2 phyla, 2 clases, 5 órdenes y 5 familias. Respecto a la composición comunitaria, el orden Diptera presentó dos taxones (33,33 % del total); mientras que los demás órdenes (Haplotaxida, Odonata, Hemiptera y Coleoptera) presentaron un único taxón cada uno (16,67 % cada uno).

##### ii. Abundancia

Se registraron 96 individuos, siendo el orden Coleoptera el más dominante con 53 individuos (55,21 % del total), seguidos de Diptera con 24 individuos (25 % del total), Hemiptera con 17 individuos (17,71 % del total); mientras que los demás órdenes (Haplotaxida y Odonata) presentaron un único individuo (1,04 % cada uno).

##### iii. Diversidad alfa

El punto de muestreo VA-21 presentó un valor de N1 (número de especies abundantes) de 3,233, y un valor de N2 (número de especies muy abundantes) de 2,596; mientras que la equidad de Pielou tuvo un valor de 0,6532.

#### 7.4. Zona 4: Laguna Vira Vira, quebrada Puente de la Hierba y Hueco 2

##### 7.4.1. Agua

- **Laguna Vira Vira**

Los resultados obtenidos en las 2 lagunas Vira Vira presentaron valores de pH ácido que incumplieron el ECA para agua 2015 categoría 4; además, el punto A-10 incumplió la concentración de plomo de dicho ECA.

**Tabla 7.15.** Resultados de los puntos ubicados en las lagunas Vira Vira, comparado con el ECA para agua 2015

Código		A-10		ESP-AS-04		DS N.º 015-2015-MINAM
Mes de Muestreo		Marzo	Junio	Marzo	Junio	Categoría 4
Parámetro	Unidad	Lagunas Vira Vira				E1: Lagunas y lagos
Medición en campo						
pH	Und. de pH	3,75	3,75	3,78	3,80	6,5 - 9,0
Metales totales						
Plomo (Pb)	mg/L	0,0029	0,0032	0,0016	0,0016	0,0025
Resultado que supera el valor establecido en la categoría 4: E1 del ECA para agua						



PERÚ

Ministerio  
del AmbienteOrganismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental - OEFASTEC: Subdirección  
Técnica CientíficaDecenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

- **Quebrada Puente de la Hierba**

En la Tabla 7.16, todos los puntos monitoreados en la quebrada Puente de la Hierba presentaron valores de pH ácido e incumpliendo el ECA para agua 2015 categoría 3, a excepción del punto A-11A que cumplió con dicho ECA. Con respecto a los metales totales, los puntos ESP-AS-14, A-12, ESP-AS-03 y A-14 presentaron concentraciones de manganeso que incumplieron el ECA para agua 2015 categoría 3; mientras que los puntos ESP-AS-14 y A-12, presentaron en el mes de junio concentraciones de hierro, y el punto A-14 presentó dicho metal en el mes de marzo, incumpliendo ambos puntos el ECA para agua 2015 categoría 3. Asimismo, en el mes de marzo (época de lluvia), los puntos A-12 y el ESP-AS-03, presentaron trazas de cianuro WAD.

**Tabla 7.16.** Resultados de los puntos ubicados en la quebrada Puente de la Hierba, comparado con el ECA para agua 2015

Código		A-11A		ESP-AS-14	A-12		ESP-AS-03		A-14		DS N° 015-2015-MINAM	
Mes de Muestreo		Marzo	Junio	Junio	Marzo	Junio	Marzo	Junio	Marzo	Junio	Categoría 3	
Parámetro	Unidad	Qda. Puente de la Hierba		Canal de coronación	Qda. Puente de la Hierba						D1: Riego de vegetales	D2: Bebida de animales
Medición en campo												
pH	Und. de pH	6,94	4,98	4,69	5,61	5,06	5,78	5,36	4,96	5,95	6,5 - 8,5	6,5 - 8,4
Fisicoquímico												
Cianuro WAD	mg/L	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,001	< 0,001	0,003	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,1	0,1
Metales totales												
Hierro (Fe)	mg/L	0,4351	0,3146	7,735	3,45	6,605	8,065	4,628	2,03	2,362	5	**
Manganeso (Mn)	mg/L	0,00601	0,00896	2,724	1,198	1,818	1,011	1,104	0,6211	0,6287	0,2	0,2
Resultado que incumplió uno o ambos valores establecidos en la categoría 3 del ECA para agua												

N.E.: No evaluado

El punto A-11, ubicado en el canal de conducción de agua potable, presentó en los meses de mayo y junio de 2019, valores de pH y concentraciones de aluminio que incumplieron el ECA para agua categoría 1: A1 (Anexo 2: Reporte de resultados).

- **Quebrada Hueco 2**

En la Tabla 7.17, los resultados obtenidos tanto en la quebrada Hueco 2 como en el canal de coronación (aportante a la quebrada), presentaron pH ácido que incumplieron el ECA para agua 2015 categoría 3.

Los puntos ESP-AS-12 (canal de coronación) y ESP-AS-09 (quebrada Hueco 2), presentaron concentraciones de manganeso total que incumplieron el ECA para agua 2015 categoría 3. Asimismo, en el mes de marzo (época de lluvia), el punto ESP-AS-09 presentó traza de cianuro WAD.



PERÚ

Ministerio  
del AmbienteOrganismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental - OEFASTEC: Subdirección  
Técnica CientíficaDecenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad**Tabla 7.17.** Resultados de los puntos ubicados en la quebrada Hueco 2, comparado con el ECA para agua 2015

Código		A-13		ESP-AS-13	ESP-AS-09		DS N° 015-2015-MINAM	
Mes de Muestreo		Marzo	Junio	junio	Marzo	Junio	Categoría 3	
Parámetro	Unidad	Quebrada Hueco 2 (aguas arriba)		Canal de coronación	Quebrada Hueco 2 (aguas abajo)		D1: Riego de vegetales	D2: Bebida de animales
Medición en campo								
pH	Und. de pH	3,68	3,62	5,16	4,22	4,77	6,5 - 8,5	6,5 - 8,4
Cianuro WAD	mg/L	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	0,1	0,1
Metales totales								
Manganeso (Mn)	mg/L	0,08705	0,08427	0,5394	0,571	0,47757	0,2	0,2
Resultado que supera a uno o ambos valores establecidos en la categoría 3 del ECA para agua								

#### 7.4.2. Sedimentos

De acuerdo con la Tabla 7.18, los puntos de monitoreo ubicado en las lagunas Vira Vira (SD-10 y ESP-SD-04), presentaron concentraciones de cobre, plomo y mercurio total, que superaron los valores del ISQG, a excepción del punto ESP-SD-04, que presentó concentraciones de arsénico, cobre y mercurio que superaron los valores del PEL.

En los puntos ubicados en la quebrada Puente de la Hierba (SD-11A y SD-12), presentaron concentraciones de cobre que superaron el valor del ISQG y concentraciones de arsénico que superaron los valores del ISQG y PEL, adicionalmente, el punto SD-12 presentó concentraciones de plomo, zinc y mercurio total, que superaron los valores del ISQG.

El punto ubicado aguas abajo de la quebrada Hueco 2 (ESP-SD-09) y la quebrada Puente de la Hierba (SD-14), presentaron ambas concentraciones de arsénico, cadmio, cobre, plomo, zinc y mercurio total, superando los valores del ISQG y PEL; a excepción del plomo que solo superó el valor del ISQG, y con respecto al punto ESP-SD-09, el mercurio solo superó el valor del ISQG.

**Tabla 7.18.** Resultados de sedimentos en los puntos ubicados en la zona 4

Código		SD-10	ESP-SD-04	SD-11A	SD-12	ESP-SD-09	SD-14	Guía Canadiense	
Mes de Muestreo		Marzo	Marzo	Marzo	Marzo	Marzo	Marzo	ISQG	PEL
Parámetro	Unidad	Laguna Vira Vira		Quebrada puente de la Hierba		Q. Hueco 2	Q. puente de la Hierba		
Arsénico (As)	mg/kg	< 17,5	20,2	26,9	76,6	103,1	297,9	5,9	17
Cadmio (Cd)	mg/kg	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	4,0	5,3	0,6	3,5
Cobre (Cu)	mg/kg	167,6	268,2	64,9	105,0	334,2	756,2	35,7	197
Plomo (Pb)	mg/kg	50	52	16	41	66	50	35	91,3
Zinc (Zn)	mg/kg	12,6	8,1	10,1	131,0	437,7	1229	123	315
Mercurio Total (Hg)	mg/kg	0,27	0,50	< 0,10	0,27	0,27	2,29	0,17	0,486
Resultado que superó los valores ISQG y PEL									
Resultado que superó solo el valor ISQG									

### 7.4.3. Macroinvertebrados bentónicos

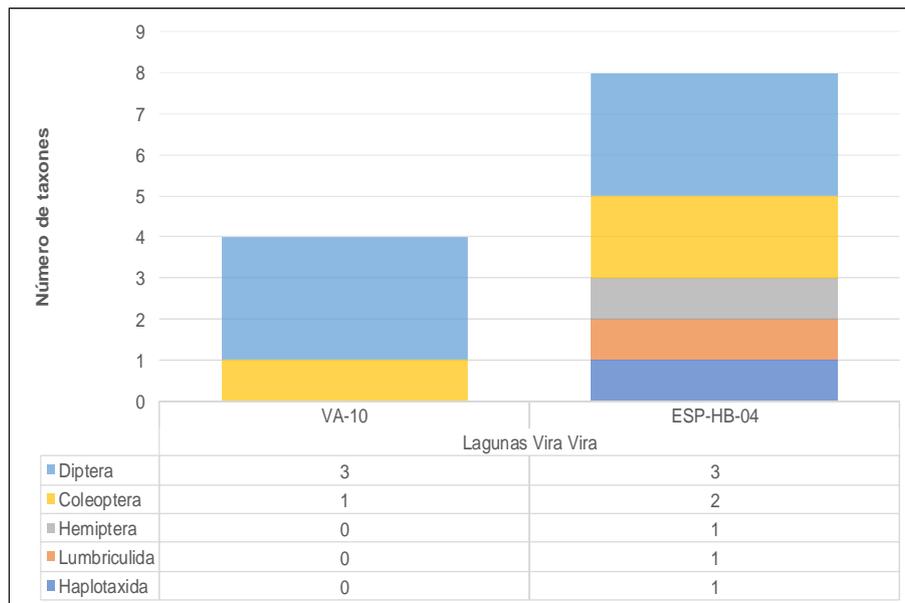
- **Laguna Vira Vira (ambiente léntico):**

#### i. Composición y riqueza

Se evaluaron 2 puntos de muestreo, VA-10 y ESP-HB-04, donde se registraron 9 taxones de macroinvertebrados bentónicos, los cuales están agrupados en 8 phyla, 2 clases, 5 órdenes y 6 familias.

Respecto a la composición comunitaria, el orden Diptera fue dominante con 4 taxones (44,44 % del total), seguido de Coleoptera con 2 (22,22 % del total); mientras que los demás órdenes (Haplotaixida, Lumbriculida y Hemiptera) presentaron un único taxón (11,11 % del total, cada orden).

La composición comunitaria de los puntos de muestreo presentó una mayor heterogeneidad en ESP-HB-04 con respecto a VA-10. Se observa un predominio de taxones del orden Diptera en ambos puntos de muestreo, seguido del orden Coleoptera (Figura 7.9).



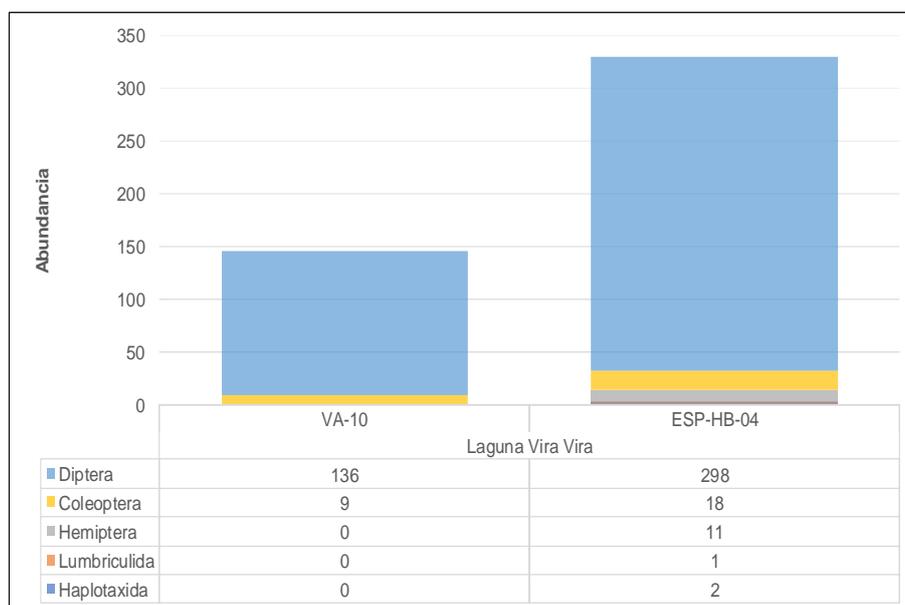
**Figura 7.9.** Riqueza de taxones de macroinvertebrados bentónicos por órdenes y puntos de muestreo

#### ii. Abundancia

Se registraron 475 organismos, siendo el orden Diptera el más dominante con 434 organismos (91,37 % del total), seguido de Coleoptera con 27 organismos (5,68 % del total), Hemiptera con 11 organismos (2,32 % del total), Haplotaixida con 2 organismos (0,42 % del total) y Lumbriculida con único organismo (0,21 % del total).

Se observa un predominio de individuos del orden Diptera en los 2 puntos de muestreo (Figura 7.10). El taxón *Camptocladus* sp., perteneciente a la familia Chironomidae, fue el más abundante en ambos puntos de muestreo.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad



**Figura 7.10.** Abundancia de macroinvertebrados bentónicos por órdenes y puntos de muestreo en ambientes lóticos

### iii. Diversidad alfa

En base a la riqueza y abundancia de taxones, en la Tabla 7.19 se detallan los valores del índice de diversidad de Hill (N1 y N2) y la equidad de Pielou (J') para cada punto de muestreo.

El punto de muestreo VA-10 presentó los menores valores de diversidad N1 (número de especies abundantes) y N2 (número de especies muy abundantes); mientras que ESP-HB-4 presentó los mayores valores de diversidad N1 (número de especies abundantes) y N2 (número de especies muy abundantes). Los valores de equidad de Pielou guardan la misma relación.

Ambos puntos de muestreo presentaron valores de equidad de Pielou cercanos a cero, lo cual se relaciona al predominio del taxón *Camptocladus* sp.

**Tabla 7.19.** Índices de diversidad alfa por puntos de muestreo de la laguna Vira Vira

Punto de monitoreo	N1	N2	J'
VA-10	1,451	1,2	0,2688
ESP-HB-4	1,993	1,398	0,3315

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

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

- **Quebradas Puente La Hierba y Hueco 2 (ambientes lóticos):**

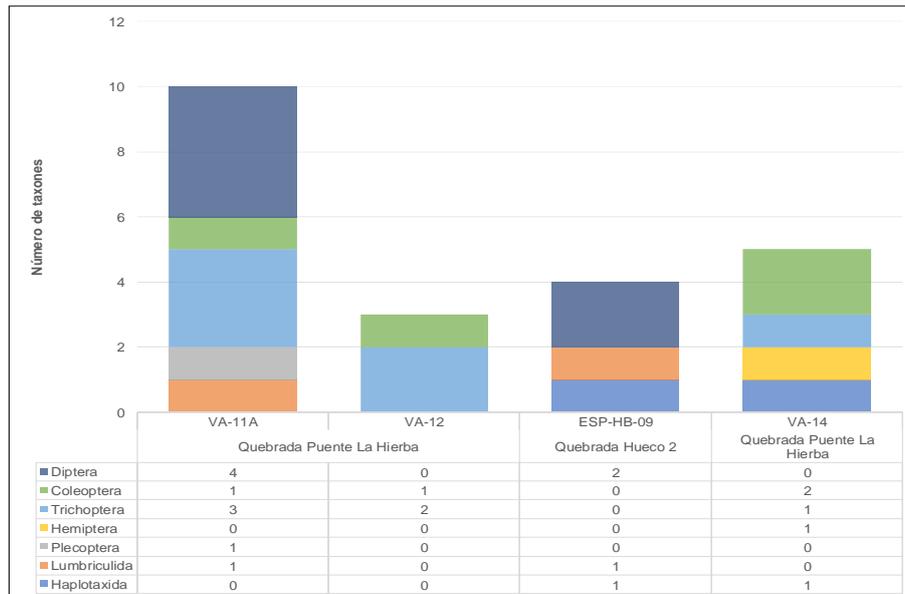
#### i. Composición y riqueza

En esta zona se evaluaron 3 puntos de muestreo en la quebrada Puente La Hierba y uno en la quebrada Hueco 2. Se registraron 14 taxones de macroinvertebrados bentónicos, los cuales están agrupados en 2 phyla, 2 clases, 7 órdenes y 11 familias. Cabe mencionar que, se registraron organismos en todos los puntos de muestreo.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

Respecto a la composición comunitaria, el orden Diptera fue dominante con 5 taxones (35,71 % del total), seguido de Trichoptera con 3 taxones (21,43 % del total), Coleoptera con 2 taxones (14,29 % del total); mientras que las demás órdenes registraron un único taxón (Figura 7.11).

El punto de muestreo VA-11A registró la mayor riqueza de taxones; con una mayor representatividad de los órdenes Diptera y Trichoptera registraron en comparación con los demás puntos de muestreo (Figura 7.11).



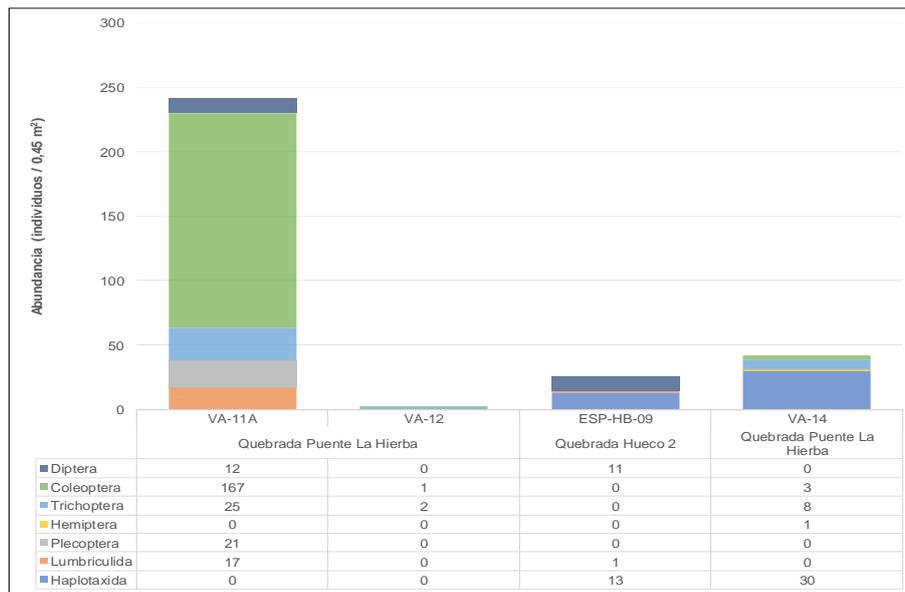
**Figura 7.11.** Riqueza de taxones de macroinvertebrados bentónicos por órdenes y puntos de muestreo.

## ii. Abundancia

Se registraron 312 individuos, siendo el orden Coleoptera el más dominante con 171 individuos (55,16 % del total), seguido de Haplotaaxida con 43 individuos (13,87 % del total), Trichoptera con 35 individuos (11,22 % del total), Diptera con 23 individuos (7,37 % del total), Plecoptera con 21 individuos (6,73 % del total), Lumbriculida con 18 individuos (5,77 % del total) y Hemiptera con un único individuo (0,32 % del total).

La abundancia registrada presenta un comportamiento similar a la riqueza de taxones, siendo el punto de muestreo VA-11A el que registró el mayor valor de abundancia (Figura 7.12). Cabe resaltar que, en este punto de muestreo el taxón *Austrelmis* sp., perteneciente al orden Coleoptera, fue el más abundante con 167 individuos/0,45 m<sup>2</sup> (69 % del total).

**Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad**



**Figura 7.12.** Abundancia de macroinvertebrados bentónicos por órdenes y puntos de muestreo

### iii. Diversidad alfa

En base a la riqueza y abundancia de taxones, en la Tabla 7.20 se detallan los valores del índice de diversidad de Hill (N1 y N2) y la equidad de Pielou (J') para cada punto de muestreo.

El punto de muestreo VA-14 presentó los menores valores de diversidad N1 (número de especies abundantes) y N2 (número de especies muy abundantes); mientras que los mayores valores de diversidad N1 y N2 se presentaron en los puntos de muestreo VA-11A y VA-12, respectivamente.

El índice de equidad de Pielou (J') presentó su menor valor (0,5072) en el punto de muestreo VA-11A, donde predominó el taxón *Austrelmis* sp; mientras que VA-12 presentó el mayor valor de equidad (1) debido a la presencia de 3 taxones con la misma abundancia.

**Tabla 7.20.** Índices de diversidad alfa por punto de muestreo de las quebradas Puente de la Hierba y Hueco 2

Punto de monitoreo	N1	N2	J'
VA-11A	3,215	2,017	0,5072
VA-12	3	3	1
ESP-HB-09	2,825	2,451	0,7492
VA-14	2,409	1,819	0,5462

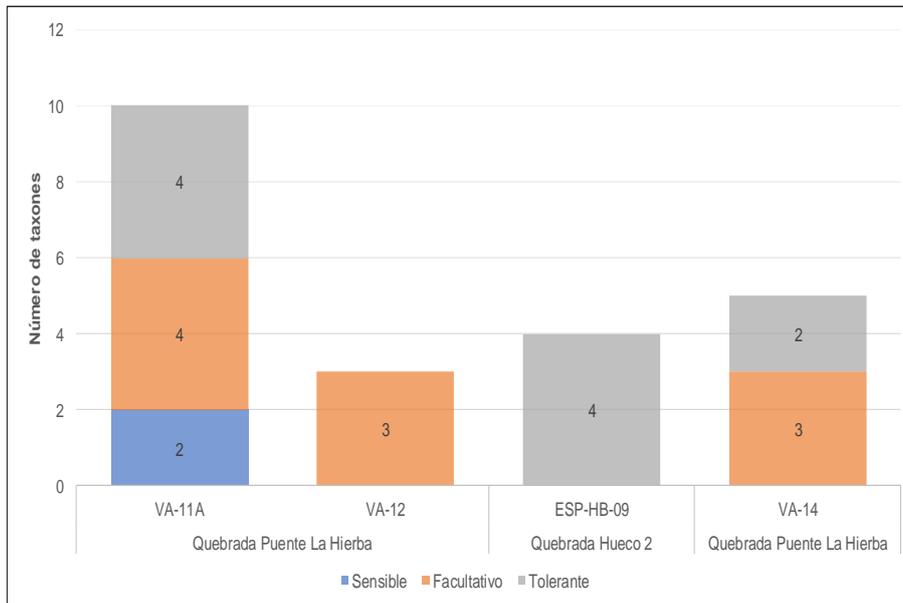
Dónde: N1 y N2: Índices de diversidad de Hill; J': Índice de equidad de Pielou

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

### iv. Indicadores Biológicos y Calidad Biológica ABI

Respecto al comportamiento de los taxones bioindicadores se observa un predominio de taxones facultativos y tolerantes en casi todos los puntos de muestreo, resaltando la presencia de 2 taxones sensibles en VA-11A (Figura 7.13). Lo antes descrito sugiere una disminución de la calidad aguas abajo del punto de muestreo VA-11A.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad



**Figura 7.13.** Composición comunitaria de macroinvertebrados bentónicos en función a la sensibilidad a la perturbación

Según los índices de calidad ABI y calidad ecológica CERA-S, el punto de muestreo VA-11A presentó una «buena calidad», mientras que aguas abajo se observó una disminución de la calidad que varió entre mala y pésima (Tabla 7.21). La calidad hidromorfológica presenta resultados similares a lo antes descrito, resaltando una mejora de calidad en el punto VA-14 (moderada calidad).

**Tabla 7.21.** Calidad ecológica del agua según el índice biótico andino (ABI) y la calidad hidromorfológica

Punto de monitoreo	Calidad Biológica ABI	Calidad Hidromorfológica	Calidad Ecológica CERA-S
	VA-11A		Bueno
VA-12	Mala	Mala	Mala
ESP-HB-09	Pésima	Mala	Pésima
VA-14	Mala	Moderada	Mala

## 7.5. Zona 5: Laguna Los Gentiles y quebrada Tres Amigos

### 7.5.1. Agua

- Laguna Los Gentiles**

Los puntos evaluados en las lagunas Los Gentiles presentaron valores de pH ácido que incumplieron el ECA para agua 2015 categoría 4.

Con respecto a, las concentraciones de metales, la laguna Los Gentiles 1 (A-6), presentó en mayo, cadmio total, mientras que en la laguna Los Gentiles 4 (A-8), que es donde descarga el efluente, presentó en mayo cadmio y selenio total, incumpliendo ambos puntos los valores establecidos en los ECA para agua 2015 categoría 4; además, la laguna Los Gentiles 4 presentó en mayo, alta concentración de conductividad que incumplió dicho ECA y alta concentración de sulfatos.

**Tabla 7.22.** Resultados de los puntos ubicados en las lagunas Los Gentiles, comparados con el ECA para agua 2015

Código		A-6		A-7		A-8		DS N.º 015-2015-MINAM
Mes de Muestreo		Marzo	Mayo	Marzo	Junio	Marzo	Mayo	Categoría 4
Parámetro	Unidad	Los Gentiles 1		Los Gentiles 3		Los Gentiles 4		E1: Lagunas y lagos
Medición en campo								
pH	Und. de pH	4,48	4,14	4,35	4,4	4,48	5,95	6,5 - 9,0
Conductividad eléctrica	µS/cm	145,5	190,9	34,7	40,6	145,5	2780	1000
Fisicoquímico								
Sulfatos, SO <sub>4</sub> -2	mg/L	N.E.	82,32	N.E.	8,867	N.E.	1895	*
Metales totales								
Cadmio (Cd)	mg/L	<0,00001	0,00059	<0,00001	<0,00001	<0,00001	0,00052	0,00025
Selenio (Se)	mg/L	<0,0004	<0,0004	0,0004	<0,0004	<0,0004	0,0109	0,005
Resultado que supera el valor establecido en la categoría 4: E1 del ECA para agua								

N.E.: No evaluado

### • Quebrada Tres Amigos

La quebrada Tres Amigos presentó valores de pH cercanos a la neutralidad y a la vez cumpliendo con lo establecido en el ECA para agua 2015 categoría 3. Con respecto a los metales totales, en el mes de marzo presentó concentraciones de hierro y manganeso, mientras que en junio presentó concentraciones de aluminio y manganeso, incumpliendo los valores del ECA para agua 2015 categoría 3.

**Tabla 7.23.** Resultados del punto ubicado en la quebrada Tres Amigos, comparados con el ECA para agua 2015

Código		ESP-AS-02		DS N° 015-2015-MINAM	
Mes de Muestreo		Marzo	Junio	Categoría 3	
Parámetro	Unidad	Quebrada Tres Amigos		D1: Riego de vegetales	D2: Bebida de animales
Medición en campo					
pH	Und. de pH	7,33	6,56	6,5 - 8,5	6,5 - 8,4
Metales totales					
Aluminio (Al)	mg/L	1,833	8,313	5	5
Hierro (Fe)	mg/L	6,013	3,511	5	**
Manganeso (Mn)	mg/L	1,772	2,965	0,2	0,2
Resultado que supera a uno o ambos valores establecidos en la categoría 3 del ECA para agua					

### 7.5.2. Sedimentos

De acuerdo con la Tabla 7.24, el punto de monitoreo ubicado en la laguna Los Gentiles 3 (SD-7), presentó concentraciones de cadmio, cobre y plomo, que superaron los valores del ISQG; además de las concentraciones de arsénico y mercurio total que superaron los valores del PEL.

Asimismo, el punto ubicado en la laguna Los Gentiles 4 (SD-8) presentó concentraciones de arsénico, plomo y mercurio total, que superaron los valores del ISQG; adicionalmente, el arsénico superó los valores del PEL.

**Tabla 7.24.** Resultados de sedimentos en los puntos ubicados en la laguna Los Gentiles

Código		SD-7	SD-8	Guía Canadiense	
Mes de Muestreo		Marzo	Marzo	ISQG	PEL
Parámetro	Unidad	Los Gentiles 3	Los Gentiles 4		
Arsénico (As)	mg/kg	421,9	120,7	5,9	17
Cadmio (Cd)	mg/kg	3,0	< 1,0	0,6	3,5
Cobre (Cu)	mg/kg	91,8	29,1	35,7	197
Plomo (Pb)	mg/kg	51	64	35	91,3
Mercurio Total (Hg)	mg/kg	0,18	0,20	0,17	0,486
		Resultado que superó los valores ISQG y PEL			
		Resultado que superó solo el valor ISQG			

### 7.5.3. Macroinvertebrados bentónicos

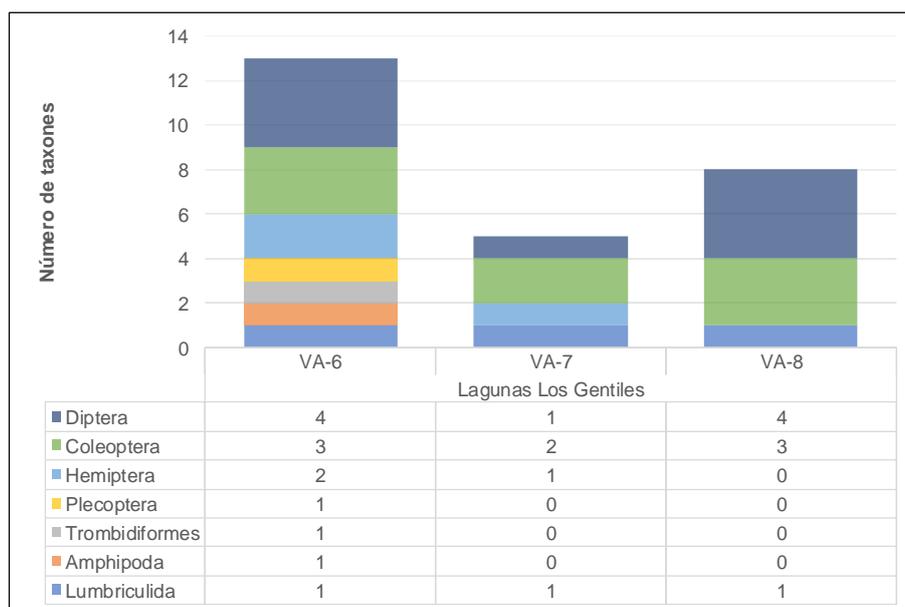
- **Laguna Los Gentiles**

#### i. Composición y riqueza

Se evaluaron 3 puntos de muestreo, VA-6, VA-7 y VA-8, donde se registraron 16 taxones de macroinvertebrados bentónicos, los cuales están agrupados en 2 phyla, 4 clases, 7 órdenes y 11 familias.

Respecto a la composición comunitaria, el orden Diptera fue dominante con 7 taxones (43,75 % del total), seguido de Coleoptera con 3 (18,75 % del total), Hemiptera con dos (12,5 % del total); mientras que los demás órdenes (Lumbriculida, Amphipoda, Trombidiformes y Plecoptera) presentaron un único taxón (6,25 % del total, cada orden).

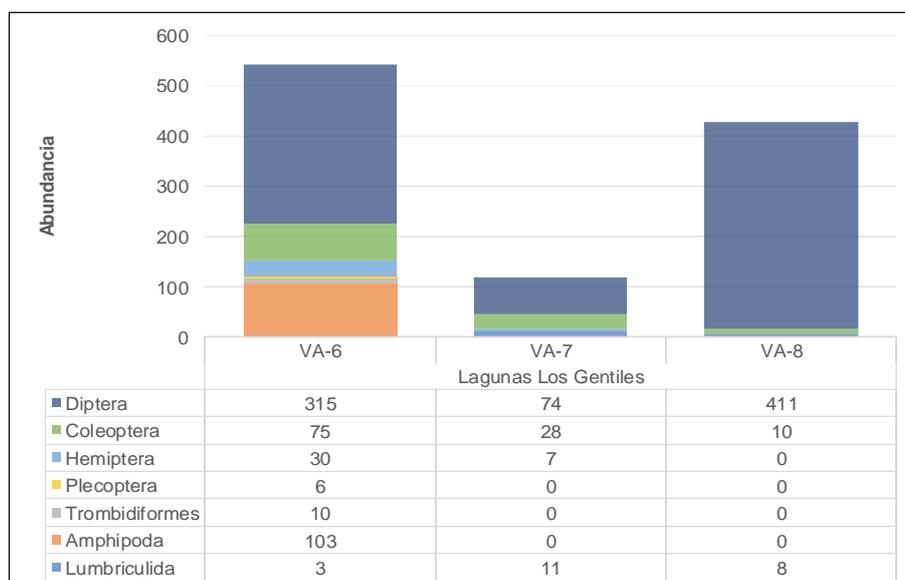
La composición comunitaria de los puntos de muestreo presentó una mayor heterogeneidad en VA-6 con respecto a los demás puntos de muestreo. Se observa un predominio de taxones del orden Diptera y Coleoptera en todos los puntos de muestreo (Figura 7.14).


**Figura 7.14.** Riqueza de taxones de macroinvertebrados bentónicos por órdenes y puntos de muestreo en ambientes lénticos

## ii. Abundancia

Se registraron 1091 organismos, siendo el orden Diptera el más dominante con 800 organismos (73,33 % del total), seguido de Coleoptera con 113 organismos (10,36 % del total), Amphipoda con 103 organismos (9,44 % del total), Hemiptera con 37 organismos (3,39 % del total), Lumbriculida con 22 organismos (2,02 % del total), Trombidiformes con 10 organismos (0,92 % del total) y Plecoptera con 6 organismos (0,55 % del total).

Se observa un predominio de organismos del orden Diptera en los 3 puntos de muestreo (Figura 7.15), donde el taxón *Cricotopus* sp., perteneciente a la familia Chironomidae, fue el más abundante en cada uno de ellos.



**Figura 7.15.** Abundancia de macroinvertebrados bentónicos por órdenes y puntos de muestreo en ambientes lóticos

## iii. Diversidad alfa

En base a la riqueza y abundancia de taxones, en la Tabla 7.25 se detallan los valores del índice de diversidad de Hill (N1 y N2) y la equidad de Pielou (J') para cada punto de muestreo.

El punto de muestreo VA-8 presentó los menores valores de diversidad N1 (número de especies abundantes) y N2 (número de especies muy abundantes); mientras que VA-6 presentó los mayores valores de diversidad N1 (número de especies abundantes) y N2 (número de especies muy abundantes). Los valores de equidad de Pielou, cercanos a cero, representan el predominio del taxón *Cricotopus* sp; principalmente en VA-8 (0,1637) con un predominio de este taxa del 93,71 %.

**Tabla 7.25.** Índices de diversidad alfa por puntos de muestreo

Punto de monitoreo	N1	N2	J'
VA-6	4,723	3,276	0,6052
VA-7	3,059	2,308	0,6948
VA-8	1,405	1,138	0,1637

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

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

## 7.6. Zona 6: Laguna Melchos y quebrada Colorado

### 7.6.1. Agua

- Laguna Melchos**

En la Tabla 7.26. el punto ubicado en la laguna Melchos, registró valores de pH ácido y conductividad eléctrica que incumplieron el ECA para agua 2015 categoría 4. Con respecto a, metales totales, presentó concentraciones de cadmio, cobre, níquel, plomo y zinc total, que incumplieron el ECA para agua 2015 categoría 4.

**Tabla 7.26.** Resultados del punto ubicado en la laguna Melchos, comparados con el ECA para agua 2015

Código		A-38		DS N.º 015-2015-MINAM
Mes de Muestreo		Marzo	Junio	Categoría 4
Parámetro	Unidad	Laguna Melchos		E1: Lagunas y lagos
Medición en campo				
pH	Und. de pH	2,75	2,66	6,5 - 9,0
Conductividad eléctrica	µS/cm	1434	1562	1000
Metales totales				
Cadmio (Cd)	mg/L	0,01134	0,01244	0,00025
Cobre (Cu)	mg/L	1,808	1,956	0,1
Níquel (Ni)	mg/L	0,061	0,0600	0,052
Plomo (Pb)	mg/L	0,0377	0,0320	0,0025
Zinc (Zn)	mg/L	3,659	3,777	0,12
Resultado que incumplió el valor establecido en la categoría 4: E1 del ECA para agua				

- Quebrada Colorado**

La quebrada Colorado presentó valores de pH ácido que incumplieron el ECA para agua 2015 categoría 3. Asimismo, presentó concentraciones de aluminio, arsénico, cadmio, cobre, hierro, manganeso, plomo y zinc total que también incumplieron dicho ECA.

**Tabla 7.27.** Resultados del punto ubicado en la quebrada Colorado, comparados con el ECA para agua 2015

Código		ESP-AS-01		DS N° 015-2015-MINAM	
Mes de Muestreo		Marzo	Junio	Categoría 3	
Parámetro	Unidad	Quebrada Colorado		D1: Riego de vegetales	D2: Bebida de animales
Medición en campo					
pH	Und. de pH	3,21	3,02	6,5 - 8,5	6,5 - 8,4
Metales totales					
Aluminio (Al)	mg/L	14,59	12,47	5	5
Arsénico (As)	mg/L	0,17399	0,20808	0,1	0,2
Cadmio (Cd)	mg/L	0,03042	0,07146	0,01	0,05
Cobre (Cu)	mg/L	9,831	19,24	0,2	0,5
Hierro (Fe)	mg/L	45,46	76,73	5	**
Manganeso (Mn)	mg/L	3,983	10,30	0,2	0,2
Plomo (Pb)	mg/L	0,0544	0,0557	0,05	0,05



PERÚ

Ministerio  
del AmbienteOrganismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental - OEFASTEC: Subdirección  
Técnica CientíficaDecenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

Código		ESP-AS-01		DS N° 015-2015-MINAM	
Mes de Muestreo		Marzo	Junio	Categoría 3	
Parámetro	Unidad	Quebrada Colorado		D1: Riego de vegetales	D2: Bebida de animales
Zinc (Zn)	mg/L	5,162	13,90	2	24
Resultado que supera a uno o ambos valores establecidos en la categoría 3 del ECA para agua					

### 7.6.2. Sedimentos

De acuerdo con la Tabla 7.28, el punto ubicado en la quebrada Colorado (ESP-SD-01) presentó concentraciones de arsénico, cadmio, cobre y plomo por encima de los valores del ISQG y PEL, a excepción del cadmio, que solo superó en ISQG.

**Tabla 7.28.** Resultados de sedimentos en los puntos ubicados en la quebrada Tacamache

Código		ESP-SD-01	Guía Canadiense	
Mes de Muestreo		Marzo	ISQG	PEL
Parámetro	Unidad	Quebrada Colorado		
Arsénico (As)	mg/kg	361,0	5,9	17
Cadmio (Cd)	mg/kg	3,1	0,6	3,5
Cobre (Cu)	mg/kg	711,8	35,7	197
Plomo (Pb)	mg/kg	149	35	91,3
Resultado que superó los valores ISQG y PEL				
Resultado que superó solo el valor ISQG				

### 7.6.3. Macroinvertebrados bentónicos

- **Quebrada Colorado (ambiente lótico):**

#### i. Composición y riqueza

El punto de muestreo ESP-HB-01, se registró al taxón *Podonomus* sp., perteneciente al phyla Arthropoda, clase Insecta, orden Diptera y familia Chironomidae.

#### ii. Abundancia

Se registraron solamente 2 individuos del taxón *Podonomus* sp.

#### iii. Diversidad alfa

El punto de muestreo ESP-HB-01 presentó un valor de 1, tanto para N1 (número de especies abundantes) como para N2 (número de especies muy abundantes); mientras que la equidad de Pielou no se calculó debido a la presencia de un único taxón.

#### iv. Indicadores Biológicos y Calidad Biológica ABI

El taxón *Podonomus* sp, es un bioindicador de categoría tolerante.

Según los índices de calidad ABI y calidad ecológica CERA-S, el punto de muestreo ESP-HB-01 presentó una «Pésima Calidad»; mientras que la calidad hidromorfológica presentó una «Moderada Calidad».



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Organismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección  
Técnica Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

- **Laguna Melchos (ambiente léntico):**

- i. Composición y riqueza**

El punto de muestreo VA-38, registró cinco taxones de macroinvertebrados bentónicos, los cuales están agrupados en un phyla, una clase, 2 órdenes y 4 familias.

Respecto a la composición comunitaria, el orden Diptera presentó 3 taxones (60 % del total) y el orden Coleoptera presentó 2 taxones (40 % del total).

- ii. Abundancia**

Se registraron 37 individuos, siendo el orden Diptera el más dominante con 35 individuos (55,21 % del total), seguido de Coleoptera con 2 individuos (25 % del total).

- iii. Diversidad alfa**

El punto de muestreo VA-38 presentó un valor de N1 (número de especies abundantes) de 3,325, y un valor de N2 (número de especies muy abundantes) de 2,834; mientras que la equidad de Pielou tuvo un valor de 0,7464.

## **8. DISCUSIONES**

El presente estudio tuvo como objetivo principal «Realizar la vigilancia ambiental en el área de influencia de la unidad minera Tantahuatay de la Compañía Minera Coimolache S.A., a través de monitoreos de agua, Sedimentos e hidrobiología». Para el análisis e interpretación de los resultados, el área fue dividida en 6 zonas tal como se indicó en la sección resultados.

Los resultados obtenidos fueron comparados con la data de estudios previos realizados por el OEFA en el 2016, 2017 y 2018, así como los resultados de la línea base 2006, 2007, 2009, 2011, 2012, 2013, 2014 de los IGA reportados por el administrado de los puntos de monitoreo cuyas ubicaciones coinciden (Anexo 5). A continuación, se detalla el análisis de agua superficial, Sedimentos e hidrobiología por zonas.

### **8.1. Zona 1: Quebrada Tantahuatay y laguna Las Auroras**

La zona 1 comprende la quebrada Tantahuatay y las lagunas Las Auroras, así como también el componente minero Depósito de material estéril (DME 3). En la quebrada Tantahuatay (también conocida como quebrada Las Gradadas) se evaluaron 4 puntos de monitoreo (A-4, A-4A, A-37 y A-36), desde su inicio hasta aproximadamente 1,5 km aguas abajo; asimismo, se evaluó un punto de monitoreo proveniente de una filtración (MAN-01) en la ladera derecha de la quebrada, y un punto en cada una de las 5 lagunas (A-32, A-33, A-34, A-35 y A-35A), ver Figura 8.1.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

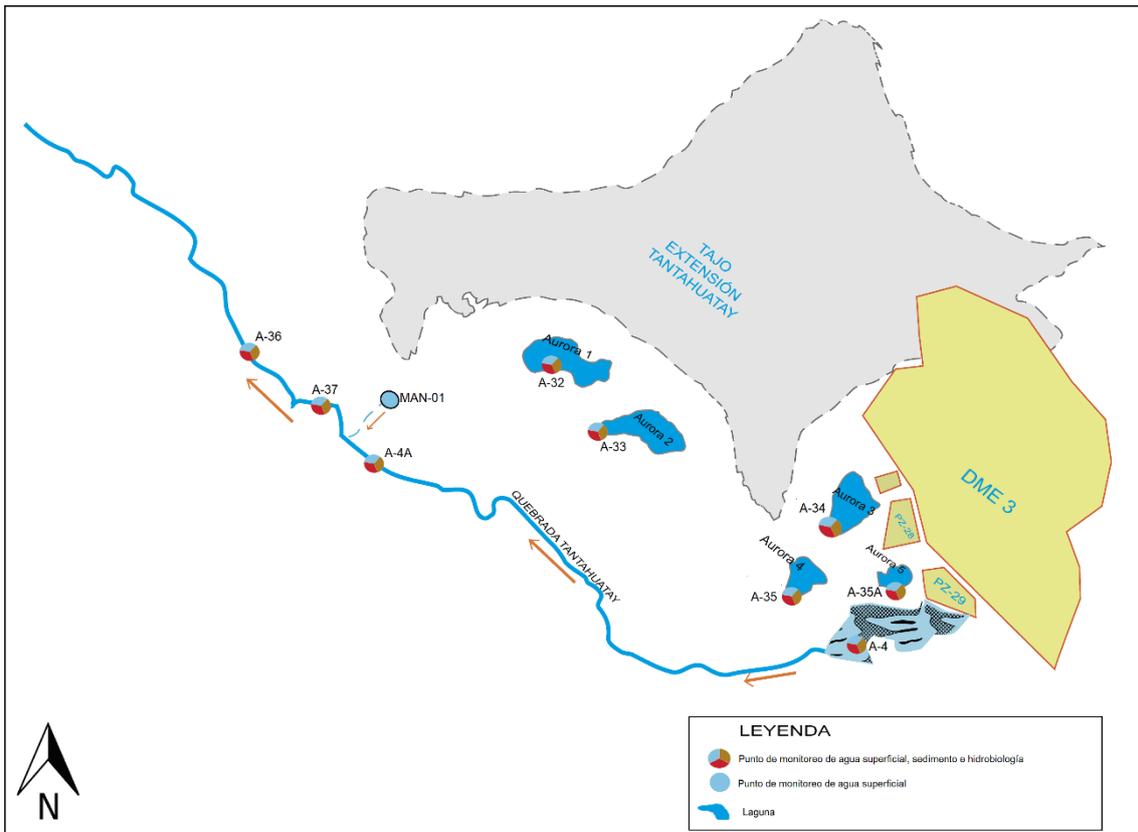


Figura 8.1. Esquema de la Zona I: Quebrada Tantahuatay y lagunas Las Auras

### Quebrada Tantahuatay

En la Figura 8.2 se observa que los 5 puntos evaluados en la quebrada Tantahuatay (mayo 2019), presentaron valores de pH ácido que variaron entre 2,97 y 3,04, incumpliendo los valores del ECA para agua 2015 categoría 3.

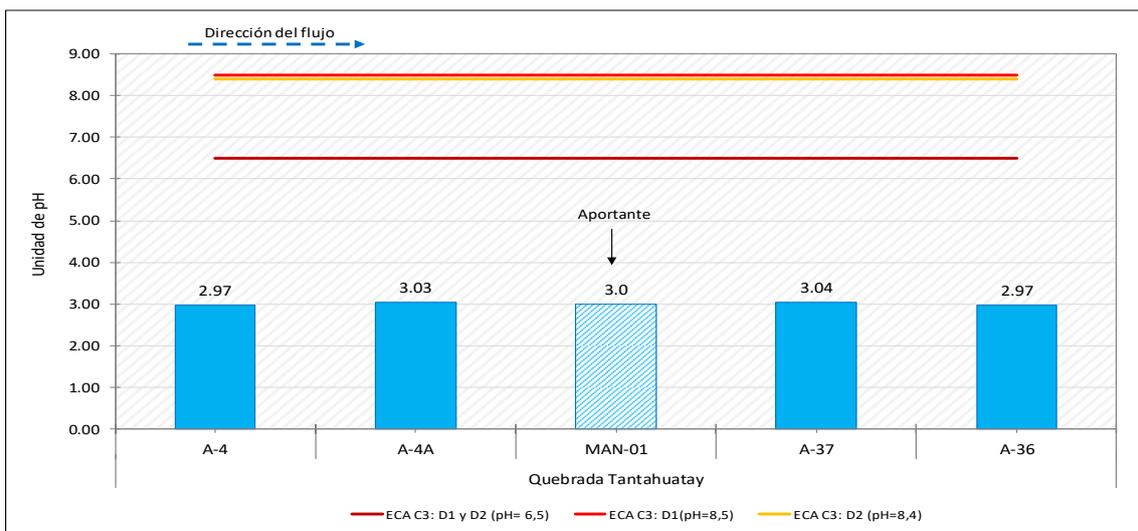


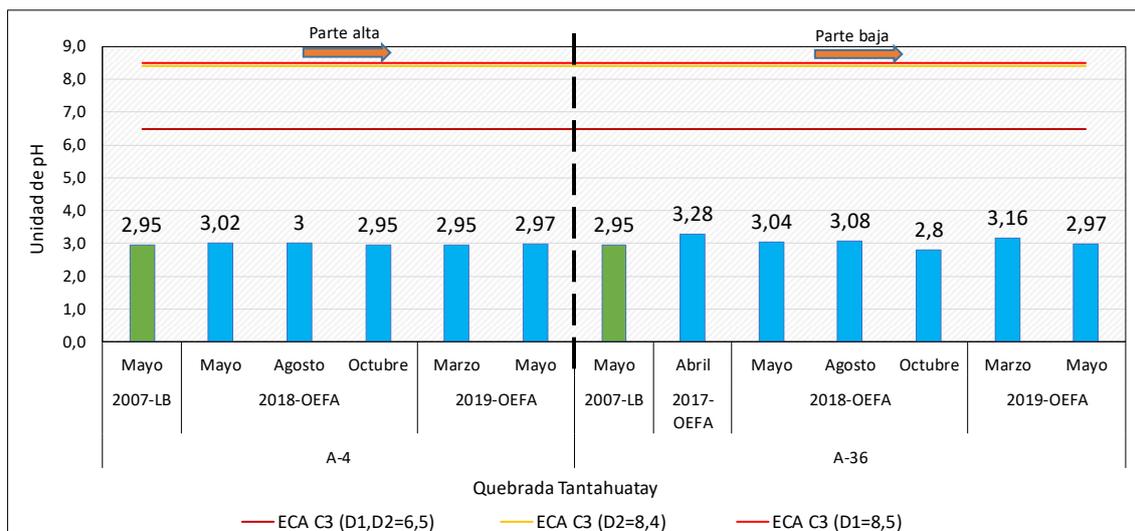
Figura 8.2. Valores de pH en la quebrada Tantahuatay (mayo 2019)

Del análisis histórico de resultados de la línea base (2007), los informes de OEFA (2017, 2018) y la presente vigilancia 2019 (marzo y mayo), se observa que los puntos de monitoreo

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

A-4 (inicio de la quebrada) y A-36 (1,5 km aguas abajo de A-4) presentaron valores de pH ácido (2,95 a 3,02 y 2,8 a 3,28, respectivamente) similares a lo registrado en la línea base 2007 (Figura 8.3). Cabe mencionar que, los puntos A-4A y A-37 no cuentan con data histórica para este análisis.

La condición de acidez del agua superficial de la quebrada Tantahuatay que se presenta desde la línea base, se encontraría asociada a las características geológicas de la zona, ya que estas presentan intenso fracturamiento con alteración hidrotermal del tipo argílico avanzado y mineralización aurífera de alta sulfuración<sup>2</sup>.

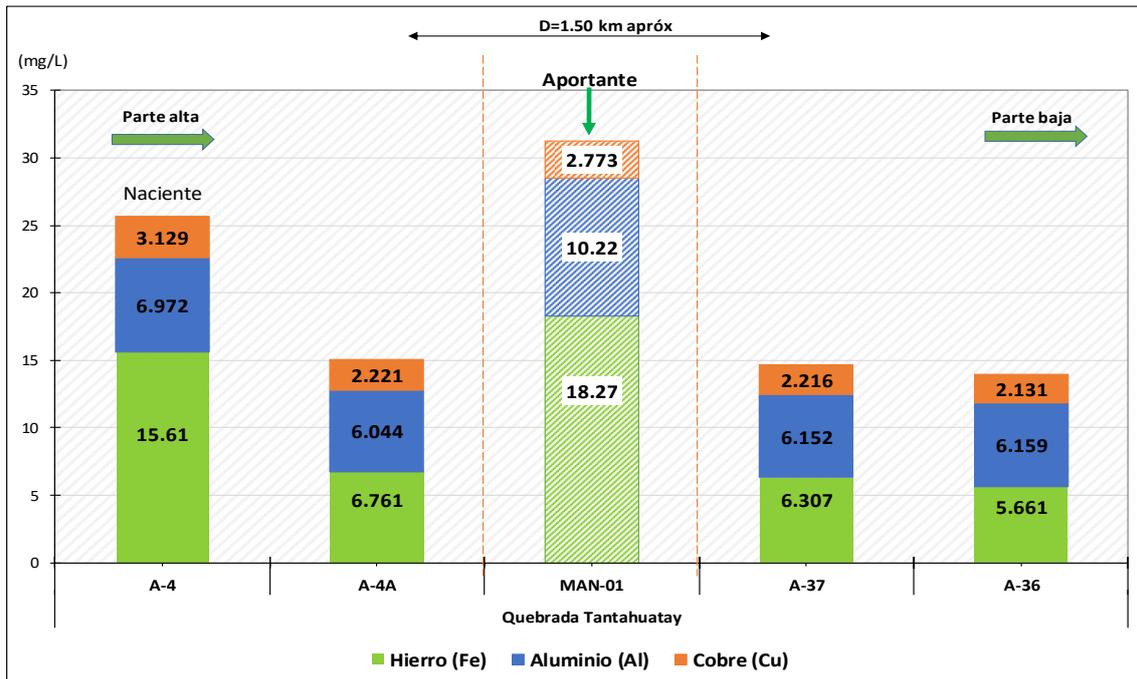


**Figura 8.3.** Comparación de los valores del pH en la quebrada Tantahuatay (A-4 y A-36) de la vigilancia 2019 y estudios previos del OEFA con la línea base

Con respecto a los metales totales en la quebrada Tantahuatay, evaluados en mayo 2019, las concentraciones de hierro, aluminio y cobre incumplieron los valores del ECA para agua 2015 categoría 3 en todos los puntos evaluados. En la Figura 8.4 se observa que el punto A-4, cercano al componente minero DME 3 presentó mayores concentraciones de los metales antes mencionados, aguas abajo estas concentraciones disminuyen progresivamente; a pesar que, la filtración MAN-01 (ubicado en la ladera derecha de la quebrada Tantahuatay) presentó mayores concentraciones de hierro y aluminio, no influyó en la calidad de la quebrada Tantahuatay, debido al poco caudal (Figura 8.5).

<sup>2</sup> Evaluación Ambiental en el área de influencia de las unidades fiscalizables en la provincia de Hualgayoc durante el año 2017, aprobado con informe N° 093-2017-OEFA/DE-SDLB-CEAME.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad



**Figura 8.4.** Concentración de hierro, aluminio y cobre total en la quebrada Tantahuatay y la filtración aportante



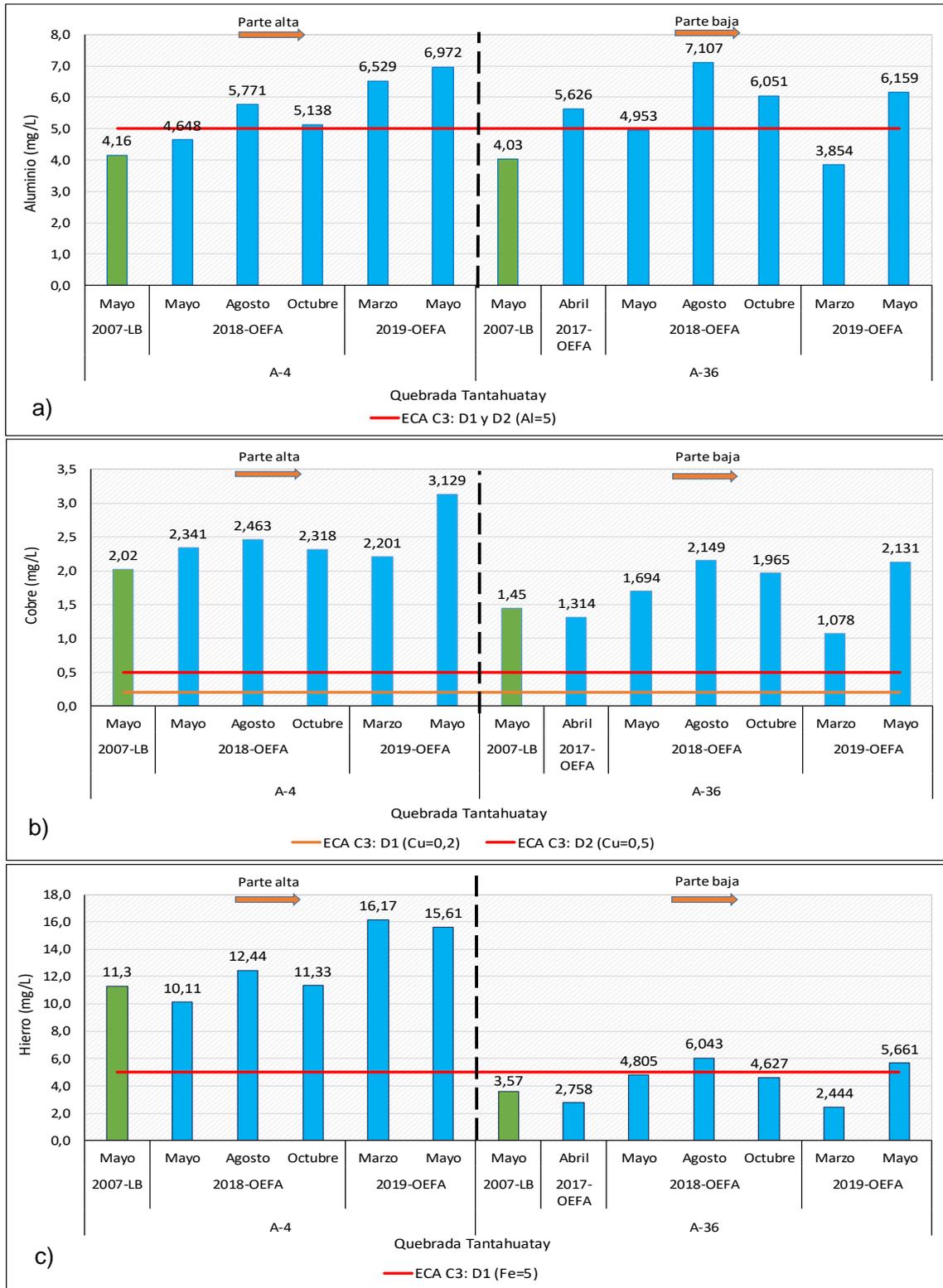
**Figura 8.5.** Aporte de la filtración MAN-01 a la quebrada Tantahuatay

Al comparar los resultados de los puntos A-4 y A-36 (2019) con la línea base 2007 (antes de la construcción del componente minero DME 3) se puede observar que el punto A-4 presentó un incremento en las concentraciones de aluminio, cobre y hierro; mientras que el punto A-36 presentó variabilidad en sus resultados (Figura 8.6). El incremento de concentraciones de metales en el punto A-4 podría deberse a la presencia del componente minero DME 3, ya que en el muestreo realizado en marzo 2019<sup>3</sup> este material

<sup>3</sup> Reporte de muestreo ambiental, del Informe de supervisión N.º 00387-2019-OEFA/DSEM-CMIN, aprobado el 28 de junio de 2019, correspondiente a la Supervisión Regular efectuada en la UM Tantahuatay, en marzo 2019.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

(ESP-DME-01, ESP-DME-02 y ESP-DME-03) presentó concentraciones altas de aluminio, cobre y hierro, y según el ensayo ABA fue potencial generador de acidez.



**Figura 8.6.** Comparación de las concentraciones de a) aluminio, b) cobre y c) hierro total en los puntos de monitoreo A-4 (inicio de quebrada) y A-36 (parte baja de la quebrada Tantahuatay) de la vigilancia 2019 y estudios previos del OEFA con la línea base

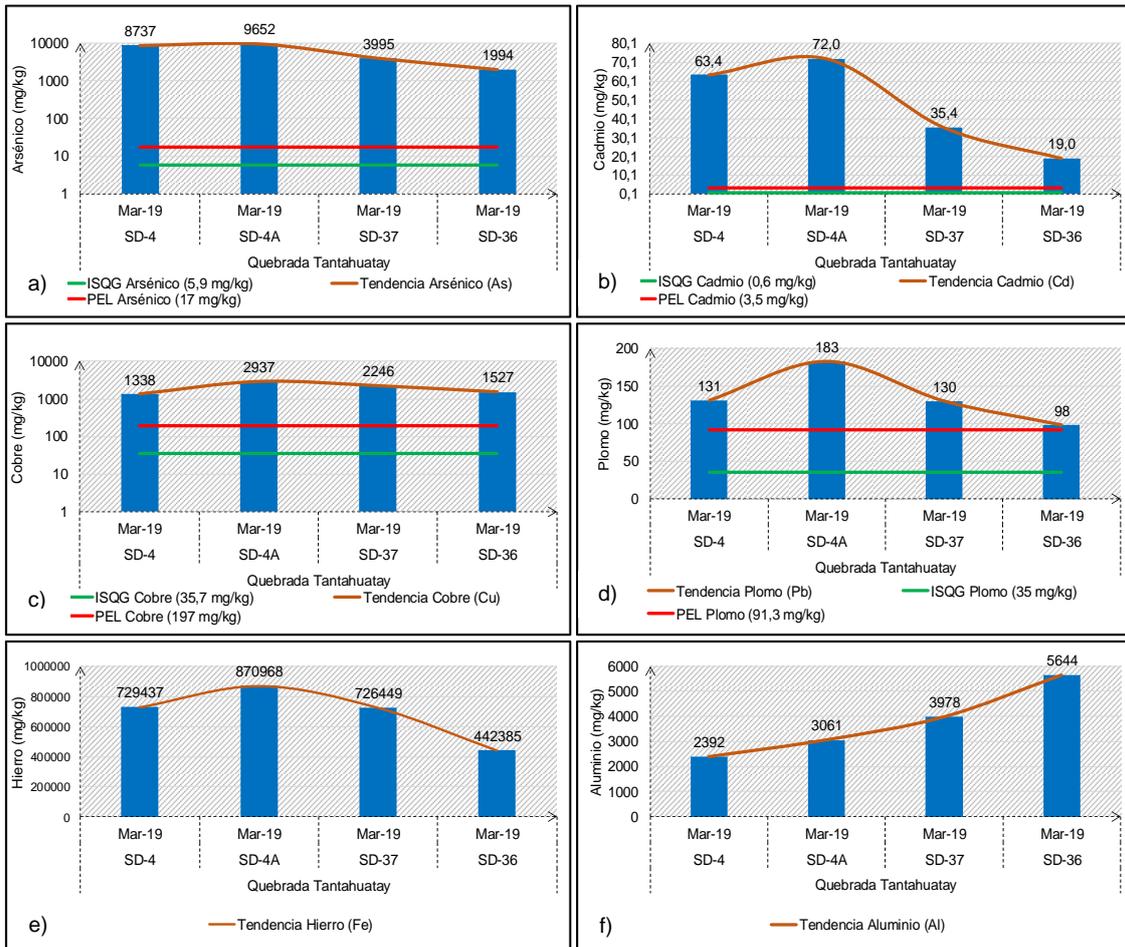
Según el análisis realizado en el informe OEFA 2017, la zona minera Tantahuatay consiste en: rocas volcánicas y brechas asociadas al yacimiento epitermal de alta sulfuración y presenta depósitos de ferricretas en las laderas y en el fondo del valle, que consiste en pseudo brechas, con fragmentos y/o clastos de diferentes tamaños, matriz y cemento compuestas por óxidos de hierro (goethita acicular y botroidal), este contexto se relaciona a lo observado en las características del sustrato de la vigilancia 2019 (Figura 8.7).



**Figura 8.7.** Evidencia de las ferricretas en la quebrada Tantahuatay. a) Ferricretas, b) Bloques y gravas alteradas con presencia de óxidos y c) Naciente de la quebrada con el depósito de material estéril 3 (DME 3). Fotografías de la vigilancia ambiental en la UM Tantahuatay 2019.

Los metales en sedimentos en la quebrada Tantahuatay presentaron concentraciones de arsénico, cadmio, cobre y plomo que superaron los valores referenciales PEL de la guía canadiense. Así mismo, en el punto SD-4A se observa un incremento de dichos metales, disminuyendo aguas abajo (Figura 8.8). Cabe indicar que, los sedimentos también registraron concentraciones de aluminio (2392 a 5644 mg/kg), hierro (442 385 a 870 968 mg/kg) y manganeso (136 a 229 mg/kg) que estarían aportando acidez al agua.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad



**Figura 8.8.** Resultados de las concentraciones de a) arsénico, b) cadmio, c) cobre, d) plomo, e) hierro y f) aluminio total en sedimentos, en la quebrada Tantahuatay (marzo 2019)

En la Figura 8.9 se observan los resultados históricos de metales en sedimentos (línea base y vigilancia 2019) de los puntos ubicados en la quebrada Tantahuatay (SD-4, SD-4A, SD-37 y SD-36), donde las concentraciones de arsénico, cadmio, cobre y plomo se incrementaron en marzo 2019 con respecto a la línea base, a excepción del punto SD-4A, en donde se registró menor concentración de plomo.



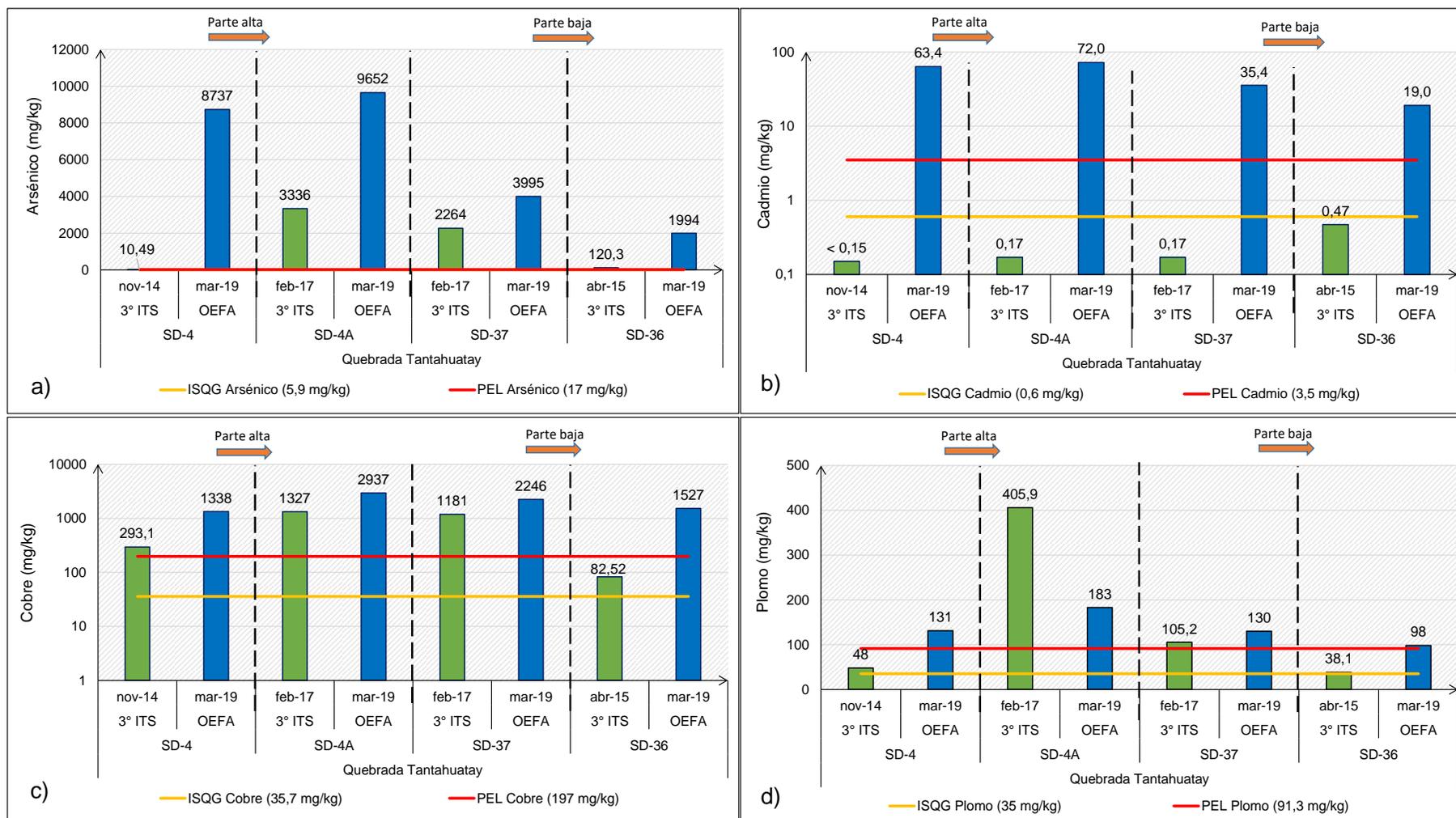
PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica Científica

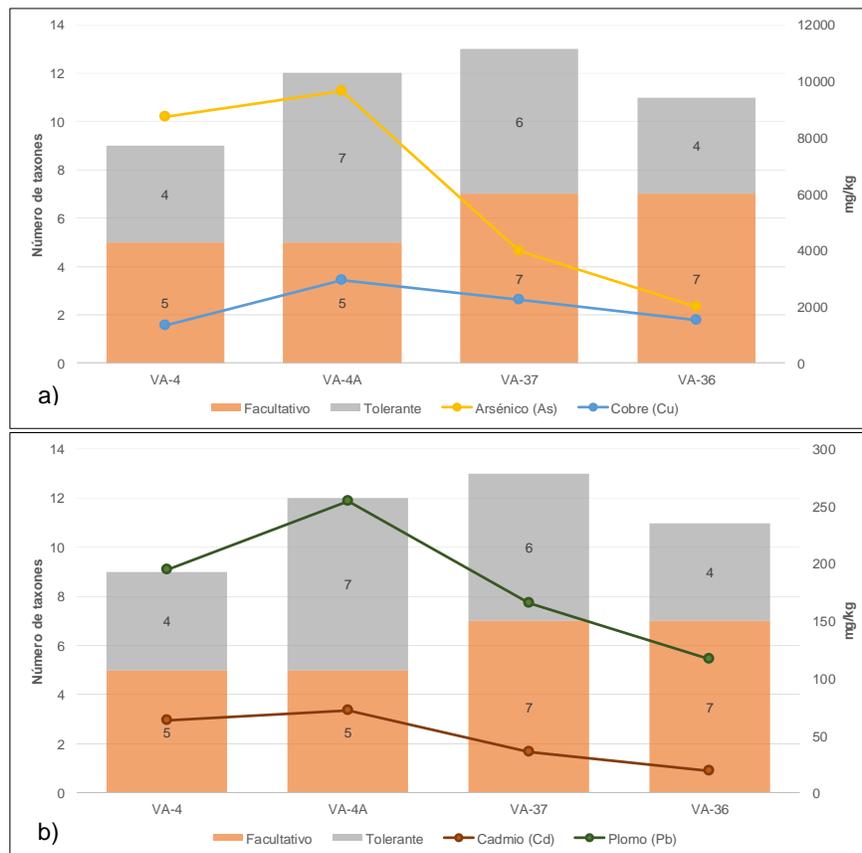
Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad



**Figura 8.9.** Comparación de las concentraciones de a) arsénico, b) cadmio, c) cobre y d) plomo total en la quebrada Tantahuatay (SD-4, SD-4A, SD-37 y SD-36) de la vigilancia 2019 con la línea base

Con respecto a los resultados de la evaluación hidrobiológica de la vigilancia marzo 2019, se observa poca variación de la composición comunitaria de macroinvertebrados bentónicos, con un mayor número de taxones del orden Diptera en los 4 puntos de muestreo de la quebrada Tantahuatay. En el punto de muestreo VA-4, ubicado al inicio de la quebrada y cerca al componente minero DME 3, fue mayor la abundancia de individuos del orden Diptera (principalmente de la familia Chironomidae); mientras que aguas abajo, en los puntos de muestreo VA-4A, VA-37 y VA-36 predominaron los individuos del orden Haptotaxida (principalmente de la familia Haptotaxidae). Los taxones de las familias antes referidas tienen como característica ser tolerante a bajas concentraciones de oxígeno y altas concentraciones de materia orgánica. La familia Chironomidae es indicadora de aguas mesotróficas a eutróficas, contaminadas a muy contaminadas (Roldán, 2003).

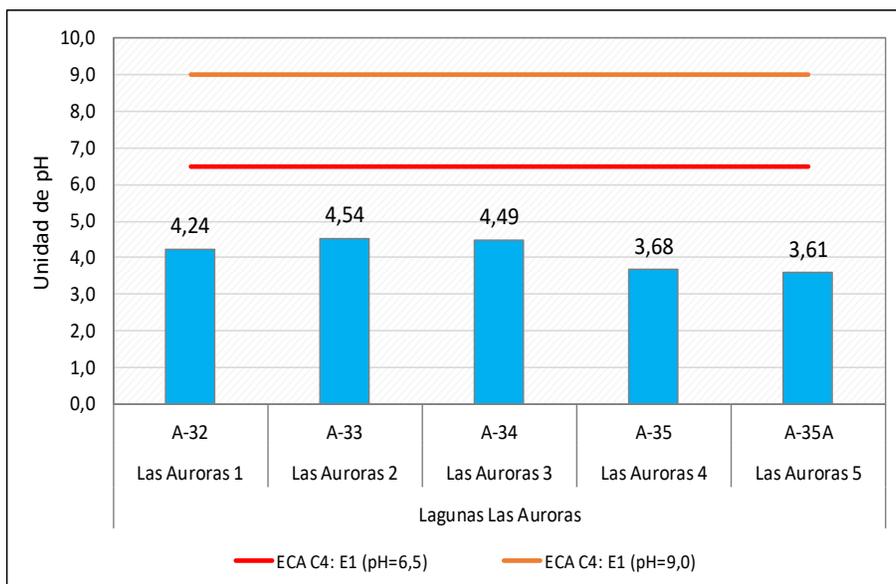
Los índices de bioindicación (ABI y CERA-S) dan como resultado condiciones de calidad moderada en todos los puntos de muestreo, lo que se ve directamente influenciado por el predominio de taxones tolerantes y facultativos. Esto podría verse facilitado por las concentraciones de arsénico, cadmio, cobre y plomo en Sedimentos (Figura 8.10) que superaron los valores referenciales ISQG y PEL de la guía canadiense; así también, las condiciones de acidez con valores por debajo de 3,16. Estas condiciones también impidieron la presencia de taxones sensibles en todos los puntos de muestreo.



**Figura 8.10.** Relación de taxones bioindicadores y concentraciones de metales en Sedimentos: a) arsénico y cobre, b) cadmio y plomo en la quebrada Tantahuatay (marzo 2019)

## Laguna Las Auroras

En la Figura 8.11 se observa que las lagunas Las Auroras presentaron en el mes de mayo 2019 valores de pH ácido que variaron entre 3,61 y 4,54, incumpliendo los valores del ECA para agua 2015 categoría 4. Siendo las lagunas Las Auroras 4 y 5 las que registraron mayor acidez.



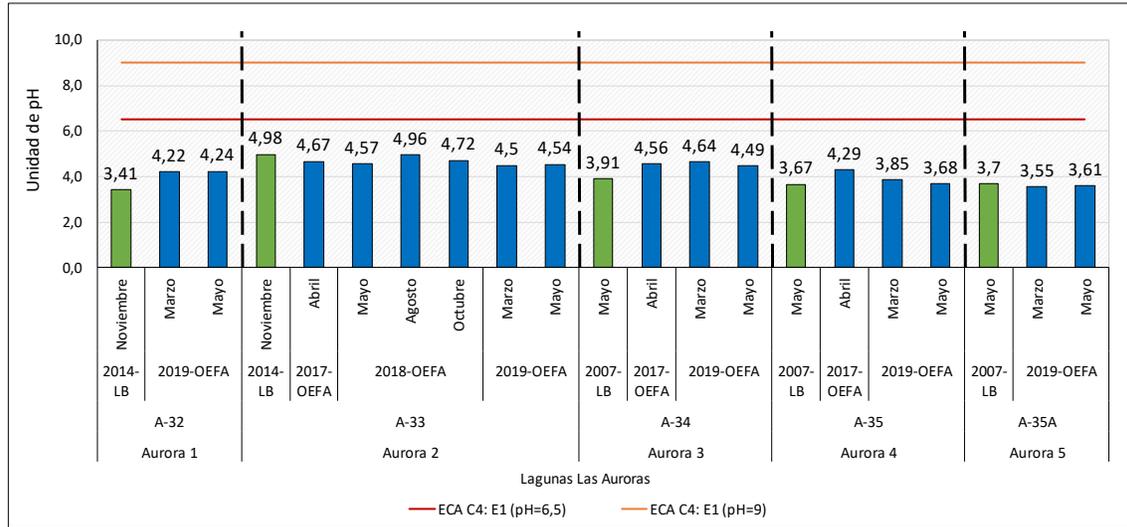
**Figura 8.11.** Valores de pH en las lagunas Las Auroras (mayo 2019)

Según el análisis histórico desde la línea de base (2007 y 2014) hasta la evaluación de mayo 2019 (OEFA), se observa que las lagunas Las Auroras 1, 2, 3, 4 y 5, presentaron valores de pH ácidos que incumplieron el ECA para agua 2015 en la categoría 4. Es importante mencionar que las lagunas Las Auroras 2 (A-33) y Las Aurora 5 (A-35A) disminuyeron ligeramente sus valores de pH, mientras que las lagunas Las Auroras 1 (A-32), Las Auroras 3 (A-34) y Las Auroras 4 (A-35) mostraron un incremento con respecto a la línea base (Figura 8.12).

Esta condición de acidez en las lagunas está asociada a las características geológicas de la zona, ya que son «zonas de intenso fracturamiento con alteración hidrotermal del tipo argílico avanzado y mineralización aurífera de alta sulfuración»<sup>4</sup>. Estas lagunas se encuentran colindantes al proyecto de expansión del Tajo «Tantahuatay».

<sup>4</sup> Evaluación Ambiental en el área de influencia de las unidades fiscalizables en la provincia de Hualgayoc durante el año 2017, aprobado con informe N° 093-2017-OEFA/DE-SDLB-CEAME.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

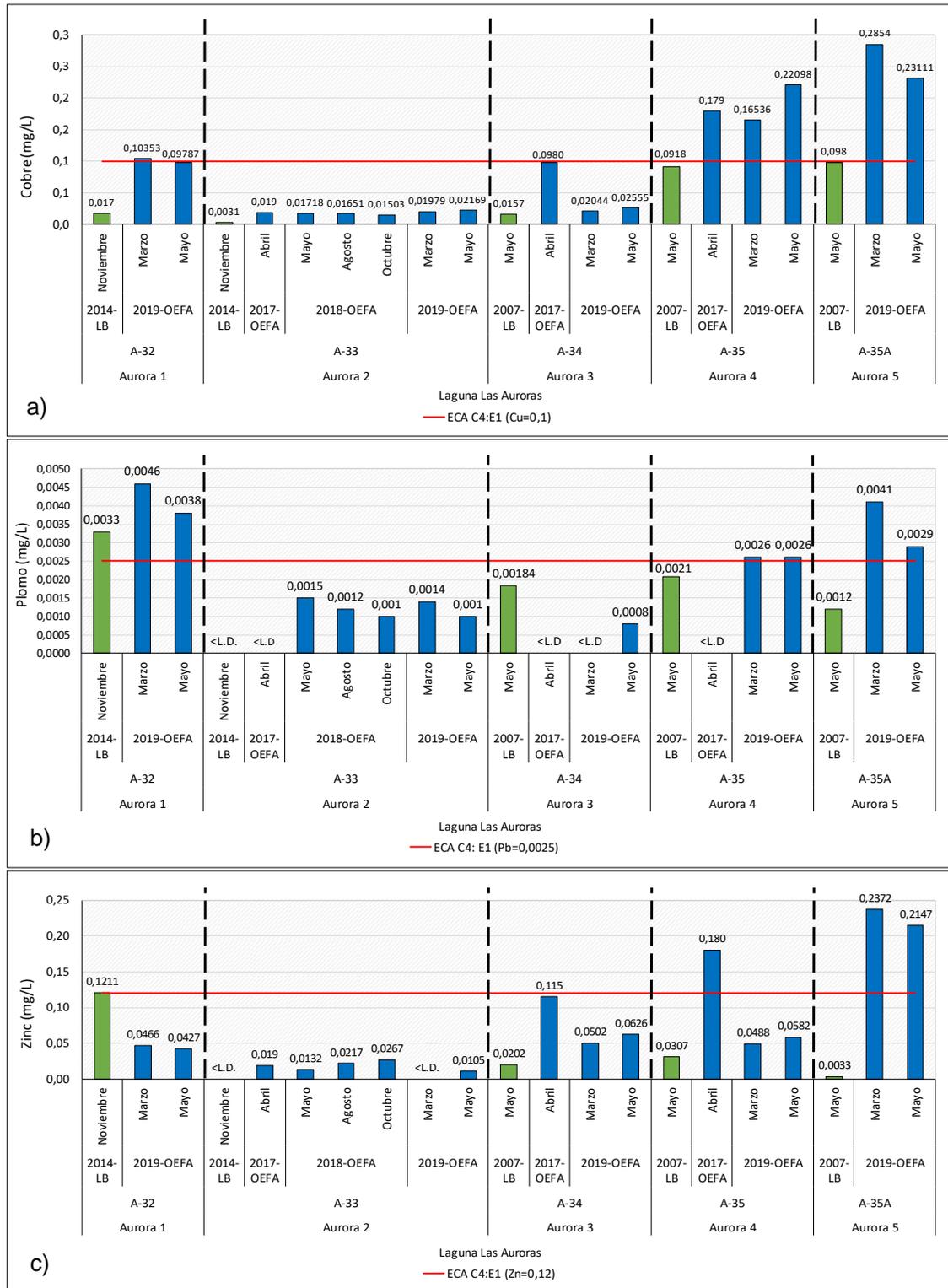


**Figura 8.12.** Comparación de los valores de pH en las lagunas Las Auroras (A-32, A-33, A-34, A-35 y A-35A) de la vigilancia 2019 y estudios previos del OEFA con la línea base

Según el análisis histórico de los metales totales en las lagunas Las Auroras 1 (A-32), 4 (A-34) y 5 (A-35A), el cobre y plomo incrementaron sus concentraciones en la vigilancia 2019 con respecto a la línea base, incumpliendo el ECA para agua 2015 categoría 4 (Figura 8.13.a y b).

Las concentraciones de zinc en las lagunas Las Auroras 3 (A-34), Las Aurora 4 (A-35) y Las Aurora 5 (A-35A) presentaron un incremento con respecto a la línea base. El zinc en la laguna Las Auroras 5 incumplió el ECA para agua 2015 categoría 4 en los meses de marzo y mayo de 2019 (Figura 8.13.c).

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad



**Figura 8.13.** Comparación de las concentraciones de a) cobre, b) plomo y c) zinc total en las lagunas Las Auras (A-32, A-33, A-34, A-35 y A-35A) de la vigilancia 2019 y estudios previos del OEFA con la línea base



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Organismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental - OEFA

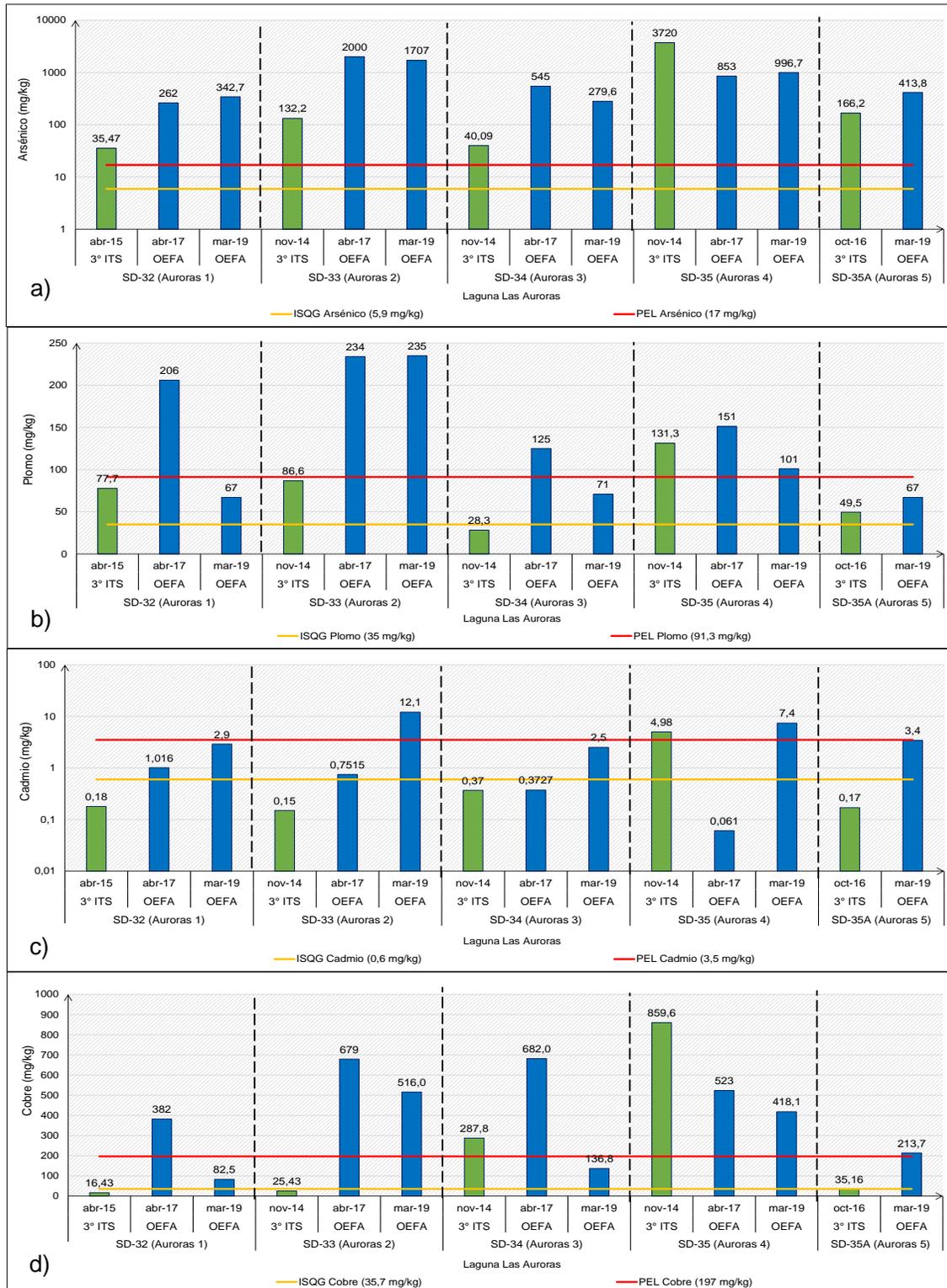
STEC: Subdirección  
Técnica Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

En la Figura 8.14.a y b, se observa un incremento en las concentraciones de arsénico y plomo en Sedimentos de las lagunas Las Auroras 1 (SD-32), Las Auroras 2 (SD-33), Las Auroras 3 (SD-34) y Las Auroras 5 (A-35A) con respecto a la línea base 2015, mientras que la laguna Las Auroras 4 (SD-35). Cabe indicar que, el arsénico en dichas lagunas superó los valores referenciales ISQG y PEL de guía canadiense.

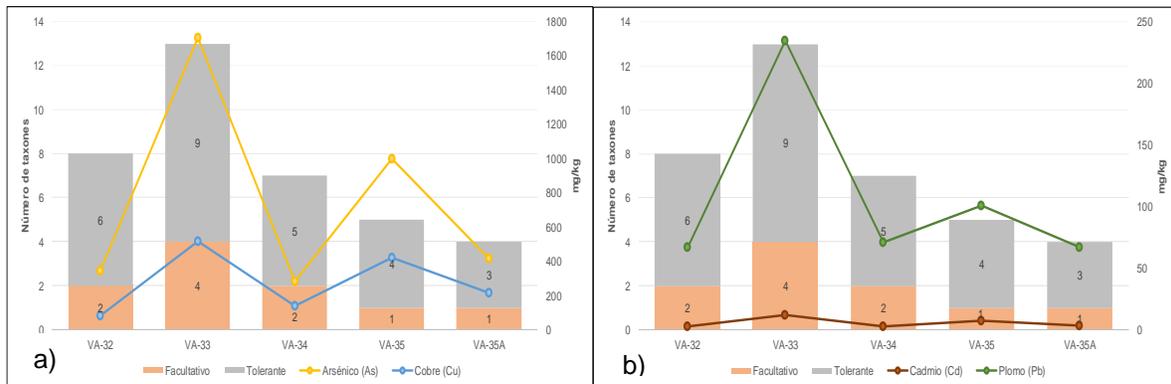
Con respecto a las concentraciones de cadmio y cobre en Sedimentos, las lagunas Las Auroras 1 (SD-32), Las Auroras 2 (SD-33) y Las Auroras 5 (A-35A) incrementaron sus concentraciones con respecto a los datos de la línea base; mientras que las lagunas Las Auroras 3 (SD-34) y Las Auroras 4 (SD-35), muestran variabilidad en sus resultados (Figura 8.14.c y d).

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad



**Figura 8.14.** Comparación de las concentraciones de a) arsénico, b) plomo, c) cadmio y d) cobre en las lagunas Las Auroras (A-32, A-33, A-34, A-35 y A-35A) de la vigilancia 2019 y estudios previos del OEFA con la línea base

La composición comunitaria de macroinvertebrados bentónicos presentó variabilidad entre las 5 lagunas evaluadas. El punto de muestreo de la laguna Las Auroras 2 (VA-33) presentó la mayor riqueza de taxones tolerantes y facultativos, con un predominio de individuos de las familias Dytiscidae y Chironomidae, a su vez que se registraron las mayores concentraciones de arsénico, cobre, cadmio y plomo en Sedimentos que superaron los valores referenciales ISQG y PEL de la guía canadiense (Figura 8.15).



**Figura 8.15.** Relación de taxones bioindicadores y concentraciones de metales en Sedimentos: a) arsénico y cobre, b) cadmio y plomo, en las lagunas Las Auroras

## 8.2. Zona 2: Quebrada Tacamache

En la zona 2 se encuentra ubicada la quebrada Tacamache y los componentes mineros: Depósito de material estéril (DME) Ciénaga Norte, depósito de material orgánico (DMO) Ciénaga Norte y la planta de tratamiento de aguas ácidas Ciénaga Norte de la UM Tantahuatay. En esta quebrada se han establecido 6 puntos de monitoreo, de los cuales el punto A-19 se ubica en la parte alta de la sección evaluada y adyacente al DME Ciénaga Norte; asimismo, en esta quebrada se ubican los puntos de control A-19A y A-19B, entre los cuales se ubica el efluente E-4 (proveniente de la planta de tratamiento de aguas ácidas), y en la parte baja los puntos ESP-AS-06 y ESP-AS-05, entre las cuales se ubica el efluente E-6 (proveniente de la planta de aguas residuales domésticas). También se evaluó un punto de monitoreo (ESP-AS-12) en la quebrada sin nombre, aportante a la quebrada Tacamache (Figura 8.16).

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

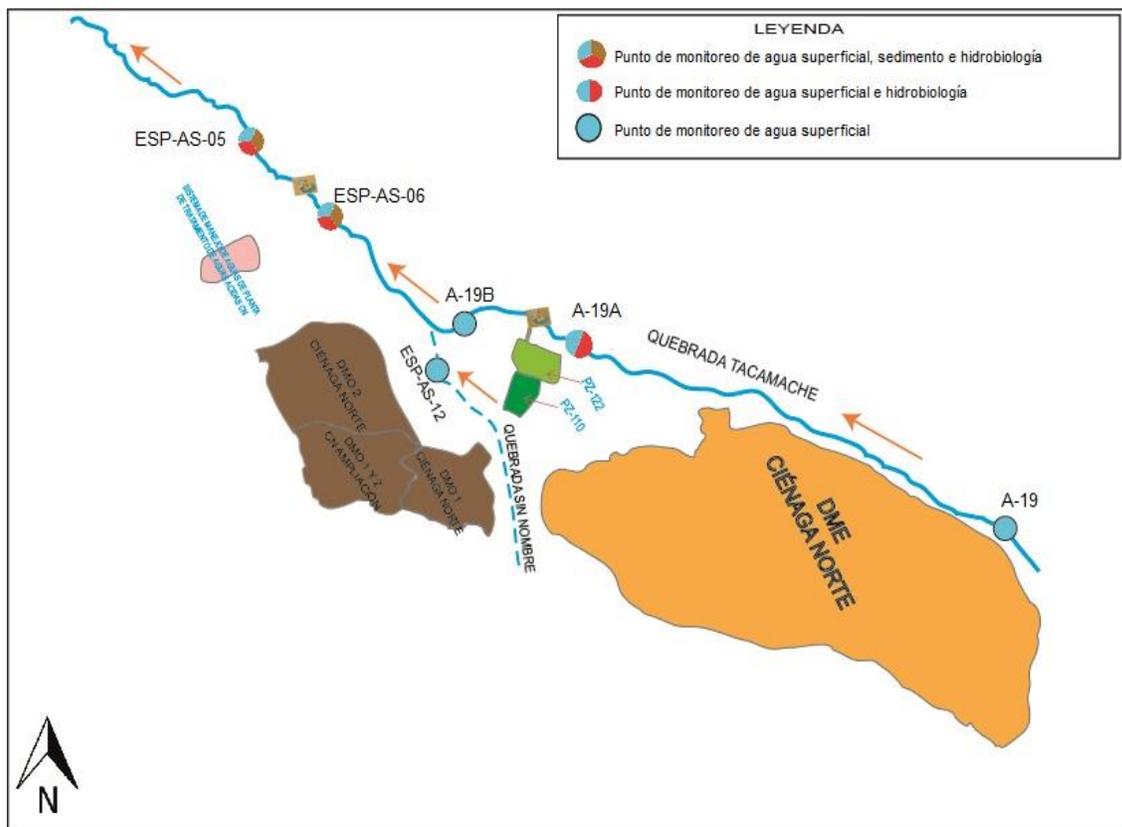


Figura 8.16. Esquema de la Zona 2: Quebrada Tacamache

En la Figura 8.17 se observa que los 5 puntos en la quebrada Tacamache (mayo 2019), presentaron valores similares de pH ácido (de 3,61 a 3,93), asimismo el pH del punto tributario quebrada sin nombre (ESP-AS-12) presentó un mayor valor (4,98). Todos los puntos incumplieron el ECA para agua 2015 categoría 3.

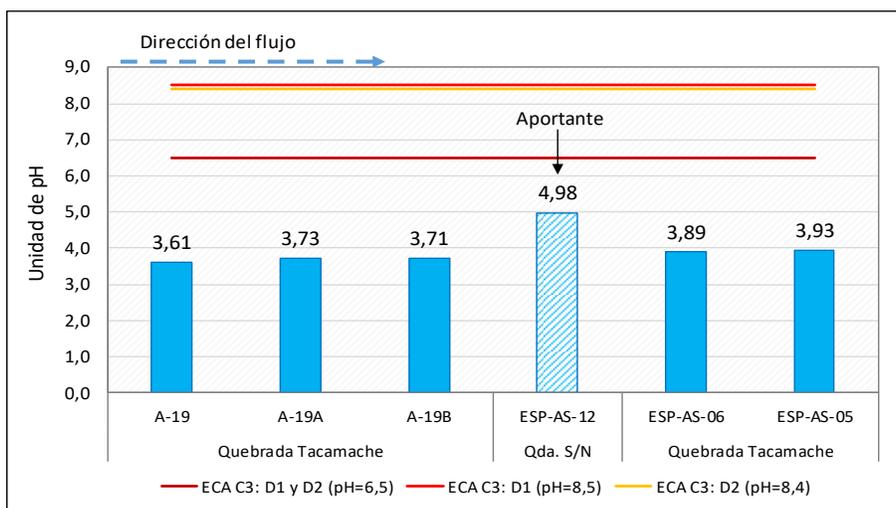
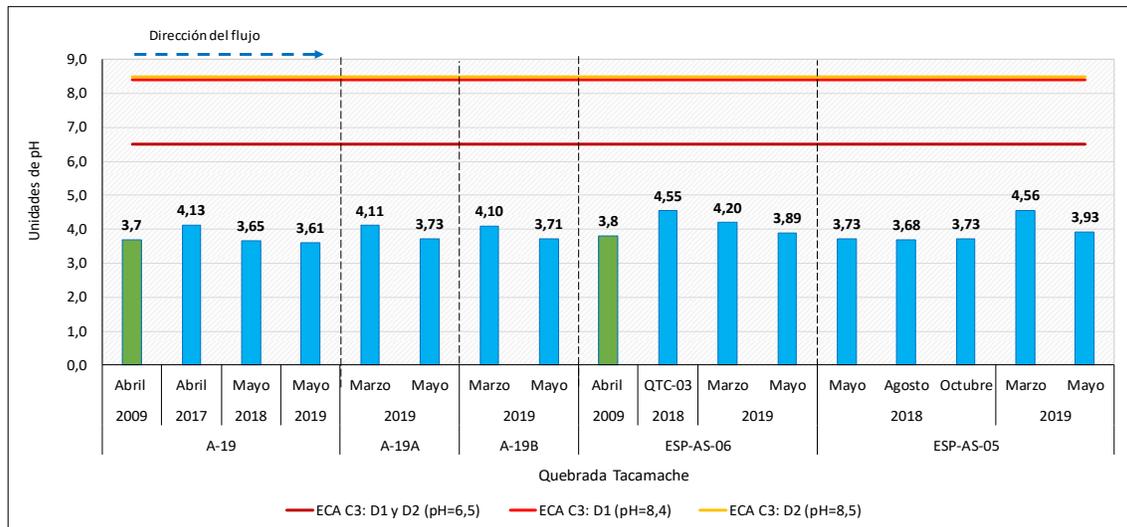


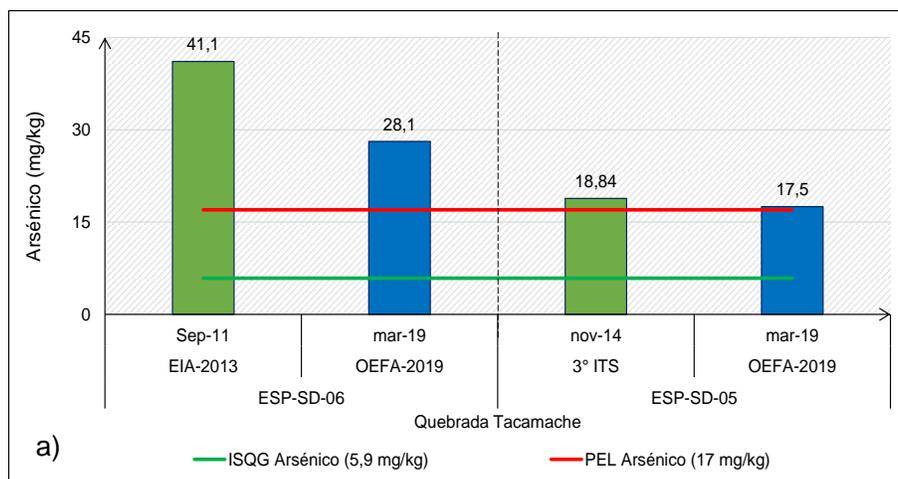
Figura 8.17. Valores de pH evaluados en la quebrada Tacamache (mayo 2019)

Del análisis histórico (Figura 8.18) se observa que los puntos A-19 y ESP-AS-06, evaluados en la quebrada Tacamache, presentaron valores de pH ácido con poca variabilidad desde la línea base (2009) hasta la vigilancia 2019. Los puntos A-19A, A-19B y ESP-AS-05, presentaron valores de pH ácido en la vigilancia 2019 (marzo y mayo). Los metales totales evaluados en mayo 2019 en la quebrada Tacamache cumplieron con los ECA para agua 2015 categoría 3.



**Figura 8.18.** Comparación de los valores del pH en la quebrada Tacamache (A-19, A-19A, A-19B, ESP-AS-06 y ESP-AS-05) de la vigilancia 2019 y estudios previos del OEFA con la línea base

Los sedimentos evaluados en mayo 2019, en la parte baja de la quebrada Tacamache (ESP-SD-06 y ESP-SD-05) mostraron un incremento de concentraciones de cobre y mercurio respecto a la línea base; mientras que la concentración de arsénico, presentó una ligera disminución respecto a la línea base (Figura 8.19). Las concentraciones de arsénico y mercurio evaluados en marzo 2019, superaron los valores referenciales ISQG y PEL de la guía canadiense.

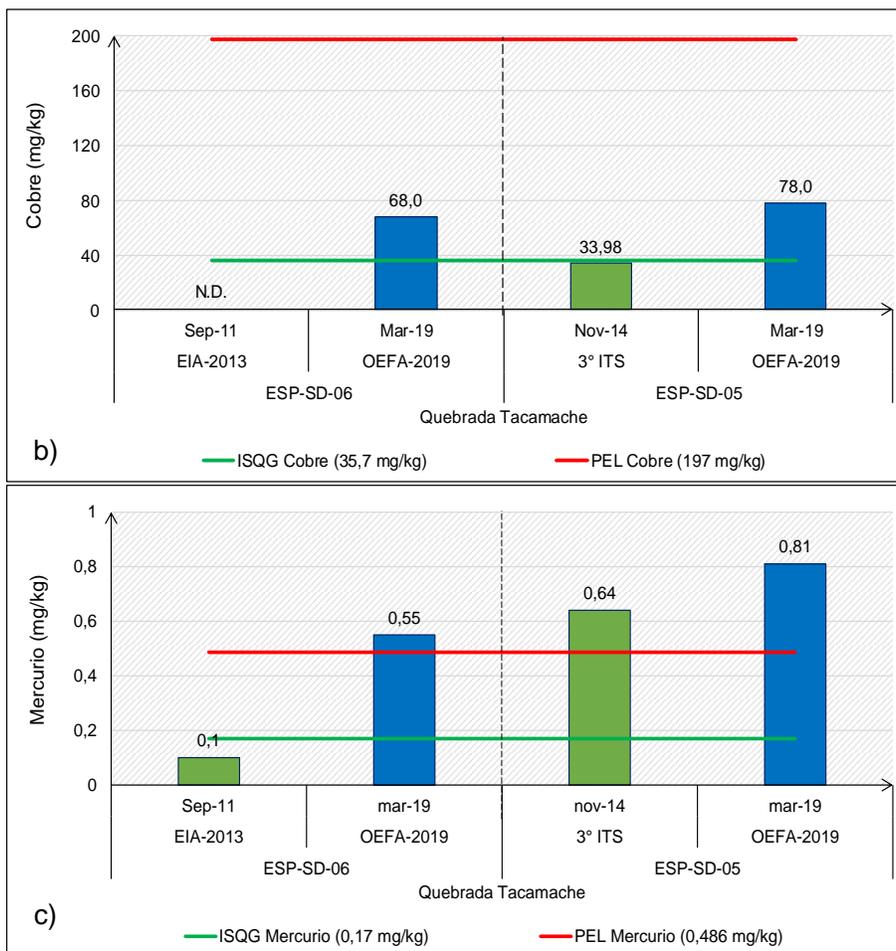


a)

— ISQG Arsénico (5,9 mg/kg)

— PEL Arsénico (17 mg/kg)

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad



**Figura 8.19.** Comparación de las concentraciones de a) arsénico, b) cobre y c) mercurio en la quebrada Tacamache (ESP-SD-06 y ESP-SD-05) de la vigilancia 2019 con la línea base

En la quebrada Tacamache se observa un incremento gradual de la riqueza y abundancia en sentido aguas abajo desde VA-19A cerca al depósito de material estéril hasta ESP-HB-05 cerca de la planta de tratamiento de aguas ácidas. Este cambio en la composición comunitaria se debería a la mejora en las condiciones limnológicas como disminución de la vegetación sumergida, amplitud de cauce, disminución de la cobertura vegetal y aumento de la velocidad de la corriente (Figura 8.20). En general se observó una composición comunitaria heterogénea y un mayor número de taxones del orden Diptera.

Los índices de bioindicación (ABI y CERA-S) dan como resultado condiciones de calidad moderada/moderada en VA-19A y Buena/Excelente en ESP-HB-06 y ESP-HB-05, lo que se ve influenciado por la presencia de taxones sensibles de los órdenes Plecoptera y Tricoptera, así como también de la familia Elmidae (*Austrelmis* sp.), dichas condiciones de calidad se evidenciaron a pesar de presentar concentraciones de mercurio en Sedimentos que superaron los valores referenciales ISQG y PEL de la guía canadiense; así como también los valores de pH en agua incumplieron con el ECA para agua 2015.

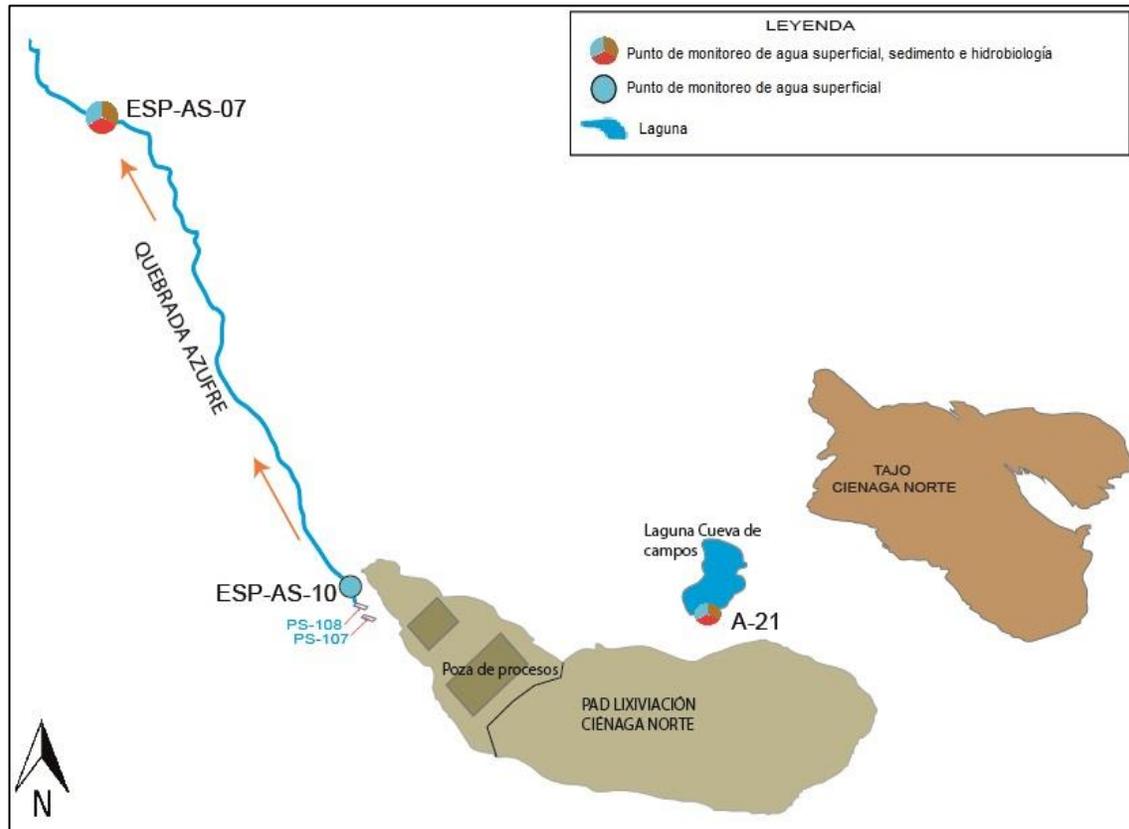


**Figura 8.20.** Cauce y zona de rivera de los puntos de muestreo de macroinvertebrados bentónicos en la quebrada Tacamache

### 8.3. Zona 3: Quebrada Azufre y laguna Cueva de Campos

En la zona 3 se encuentra ubicada la quebrada Azufre, la laguna Cueva de Campos y los componentes mineros Pad de Lixiviación y tajo Ciénaga Norte de la UM Tantahuatay. Se evaluó el punto de monitoreo ESP-AS-10 en la descarga de aguas de no contacto de las pozas de sedimentación (PS-107 y PS-108) sobre el cauce de la quebrada Azufre, el punto ESP-AS-07 situado en la quebrada Azufre (aproximadamente a 1,5 km aguas abajo) y también el punto de monitoreo A-21 en la Laguna Cueva de Campos (entre el Pad de Lixiviación Ciénaga Norte y el tajo ciénaga norte), ver Figura 8.21.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

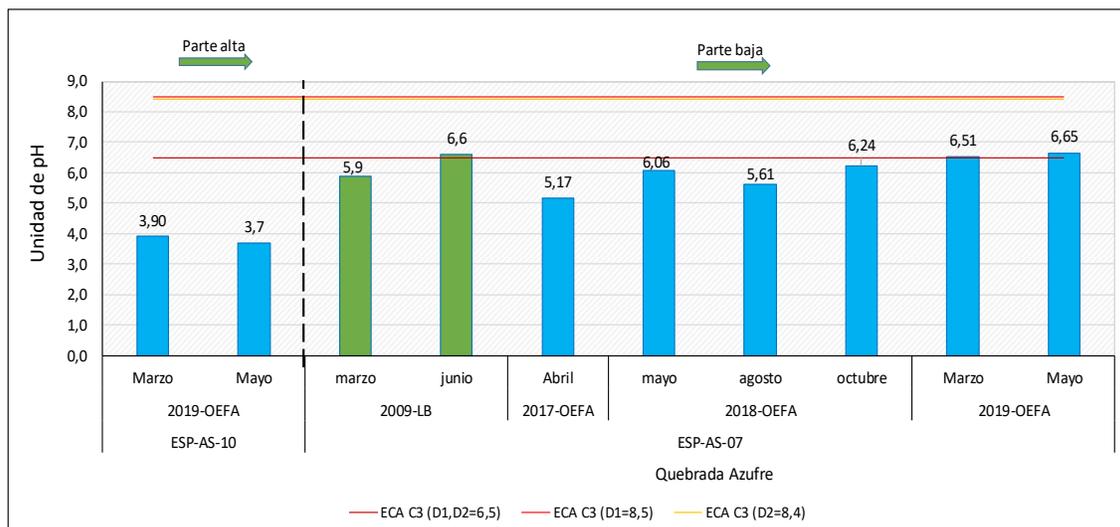


**Figura 8.21.** Esquema de la zona 3: Quebrada Azufre y laguna Cueva de Campos

El punto de monitoreo ESP-AS-10, proveniente del canal de coronación del PAD de lixiviación Ciénaga Norte y que descarga en la parte alta de la quebrada Azufre, presentó concentraciones de manganeso (0,26189 y 0,46536 mg/L) y valores de pH (3,9 y 3,7) que incumplieron referencialmente el ECA para agua 2015 categoría 3.

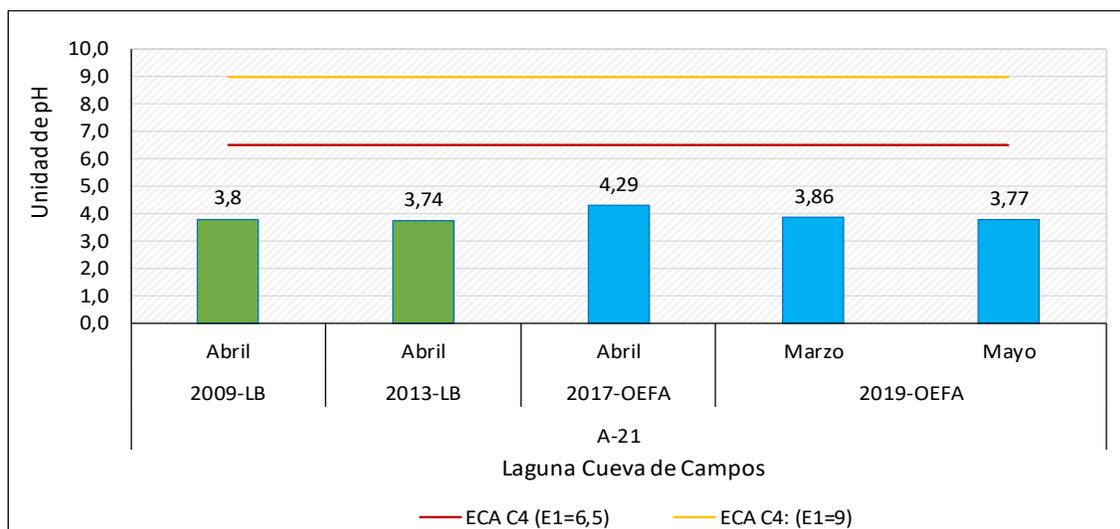
El punto de monitoreo ESP-AS-07, ubicado en la parte baja de la quebrada Azufre, presentó valores históricos de pH que variaron entre 5,17 (abril 2017) y 6,65 (mayo 2019), observándose además un incremento progresivo desde agosto 2018 hasta mayo 2019, cabe indicar que en la vigilancia 2019, los valores de pH cumplieron con los ECA para agua 2015 categoría 3 (Figura 8.22).

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad



**Figura 8.22.** Valores y análisis histórico del pH, en la quebrada Azufre, en los puntos ESP-AS-10 y ESP-AS-07 respectivamente

En el análisis histórico de la laguna Cueva de Campos (A-21), desde abril 2009 a mayo 2019, se observó poca variabilidad en los valores de pH, que a su vez incumplieron con el rango del ECA para agua 2015 categoría 4 (Figura 8.23).

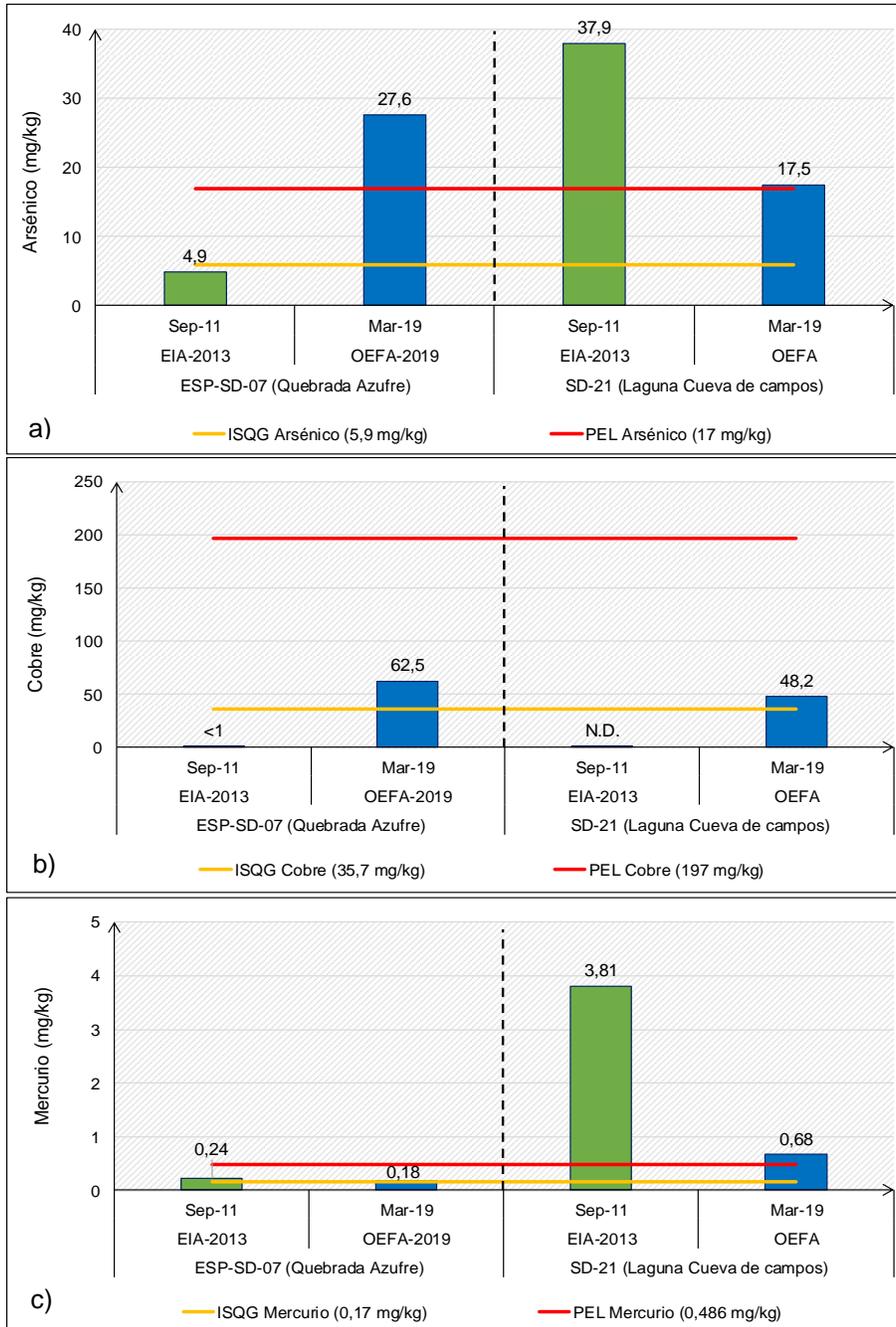


**Figura 8.23.** Comparación de los valores del pH en la laguna Cueva de Campos (A-21) de la vigilancia 2019 y estudios previos del OEFA con la línea base

Los resultados de metales totales en sedimentos de la quebrada Azufre (ESP-SD-07), presentaron mayor concentración de arsénico y cobre, respecto a la línea base; caso contrario con la concentración de mercurio, que disminuyó. En la laguna Cueva de campos (SD-21), se observaron menores concentraciones de arsénico y mercurio respecto a la línea base, mientras que la concentración de cobre se incrementó (Figura 8.24).

En la quebrada Azufre, el arsénico superó los valores referenciales ISQG y PEL en la vigilancia 2019, mientras que el cobre solamente superó el valor ISQG; el mercurio también superó

solamente el valor ISQG en la línea base 2013 y la vigilancia 2019. En la laguna Cueva de Campos, las concentraciones de arsénico y mercurio superaron los valores ISQG y PEL de la guía canadiense, mientras que el cobre solo incumplió el valor ISQG (Figura 8.25).



**Figura 8.24.** Resultados de las concentraciones de a) arsénico, b) cobre y c) mercurio en la quebrada Azufre (ESP-SD-07) y la laguna Cueva de Campos (SD-21) de la vigilancia 2019 con la línea base



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Organismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección  
Técnica Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

El punto de monitoreo ESP-HB-07 (parte baja de la quebrada Azufre), presentó mayor riqueza de taxones que la laguna Cueva de Campos (VA-21), con una composición heterogénea de 8 órdenes y destacando la presencia de los indicadores de buena calidad: Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera, siendo este último el segundo orden con mayor riqueza de taxones.

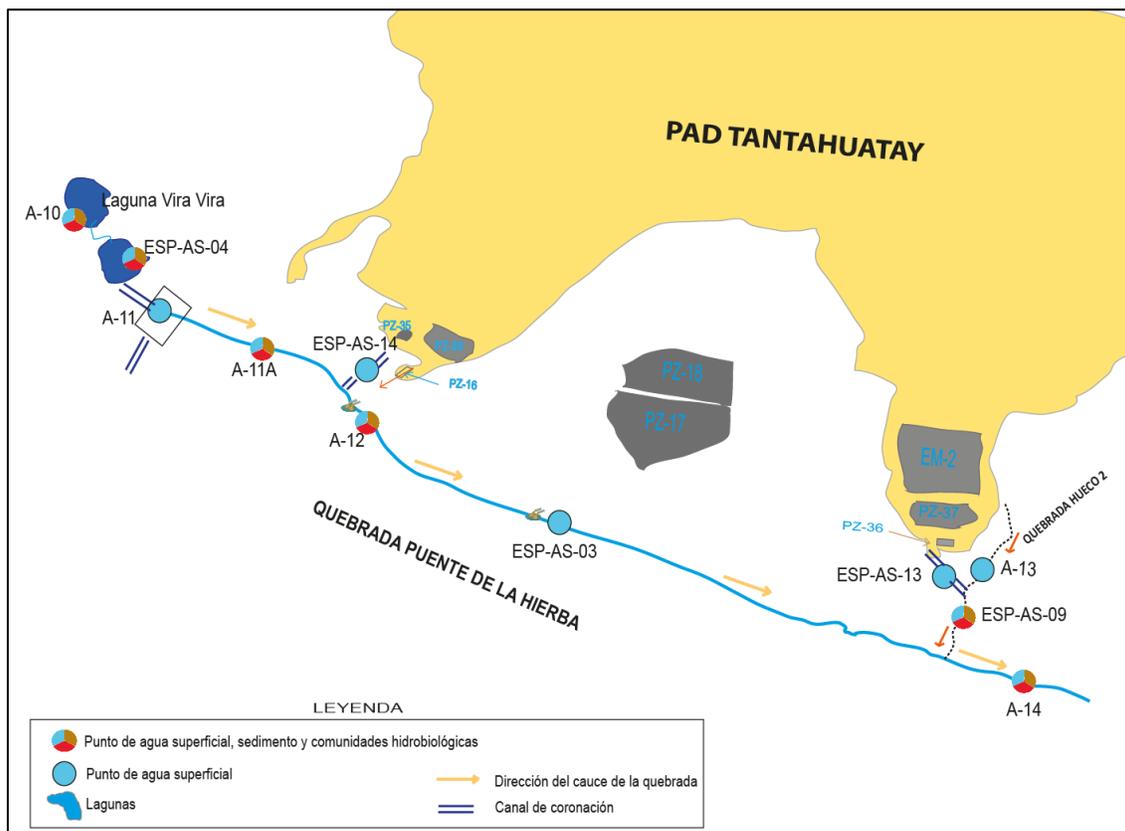
Los índices de bioindicación ABI y CERA-S dan como resultado una condición de calidad Muy Buena/Buena en el punto ESP-HB-07, lo que se ve influenciado por el predominio de taxones facultativos y presencia de taxones sensibles, destacando el predominio de individuos del taxón *Austrelmis* sp. Dichas condiciones óptimas de calidad se evidenciaron a pesar de presentar concentraciones de arsénico en Sedimentos que superaron los valores referenciales ISQG y PEL de la guía canadiense.

La laguna Cueva de Campos (VA-21), presentó una baja riqueza de taxones y una baja abundancia, con una composición heterogénea compuesta por taxones tolerantes y facultativos y el predominio de individuos de la familia Dytiscidae.

#### **8.4. Zona 4: Laguna Vira Vira, quebrada Puente de la Hierba y quebrada Hueco 2**

En la zona 4 se encuentran ubicadas las lagunas Vira Vira, quebrada Puente de la Hierba, quebrada Hueco 2 y el componente minero principal Pad de Lixiviación Tantahuatay. Se evaluaron 2 puntos en las lagunas Vira Vira (A-10 y ESP-AS-04), 5 puntos en la quebrada Puente de la Hierba (A-11, A-11A, A-12, ESP-AS-03 y A-14) y un punto en el canal de coronación (ESP-AS-14) que vierte sus aguas antes del punto A-12. Asimismo, en la parte baja, se tienen 2 puntos en la quebrada Hueco 2 (A-13 y ESP-AS-09), y entre ellos descarga sus aguas el canal de coronación (ESP-AS-13), ver Figura 8.26. Cabe indicar que, actualmente donde se encuentra el canal de coronación (ESP-AS-14), en el 2006 y 2007 (línea base), existía la quebrada Hueco 1.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

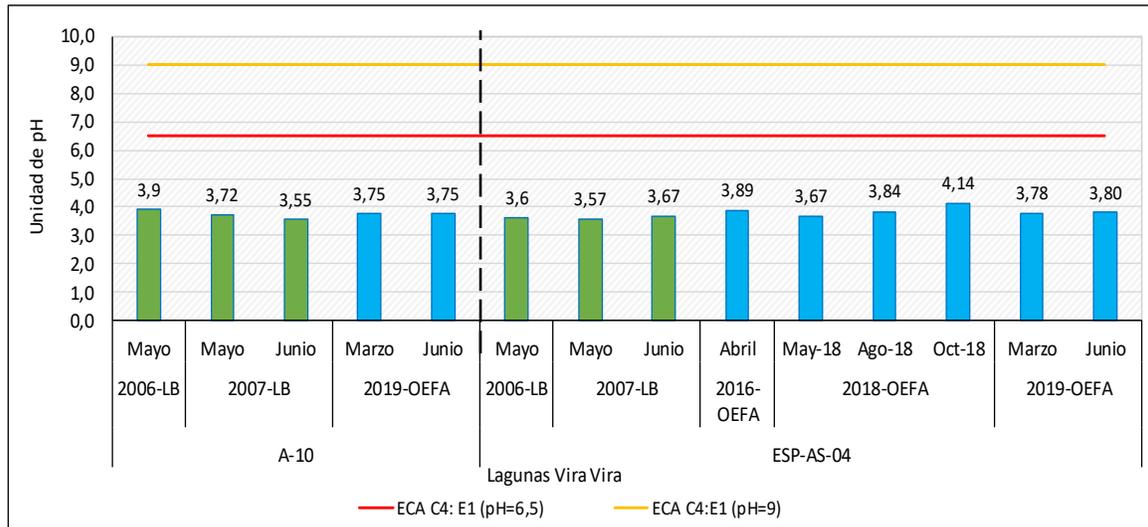


**Figura 8.25.** Esquema de la zona 4: Laguna Vira Vira, quebrada Puente la Hierba y quebrada Hueco 2

En la Figura 8.26 se observa que las lagunas Vira Vira (A-10 y ESP-AS-04) presentaron valores de pH ácidos en la vigilancia 2019 (marzo y junio) incumpliendo el ECA para agua 2015 categoría 4 y al comparar con la línea base los resultados fueron similares. Esta condición de acidez se debería a la alteración argílica presente en la zona<sup>5</sup>.

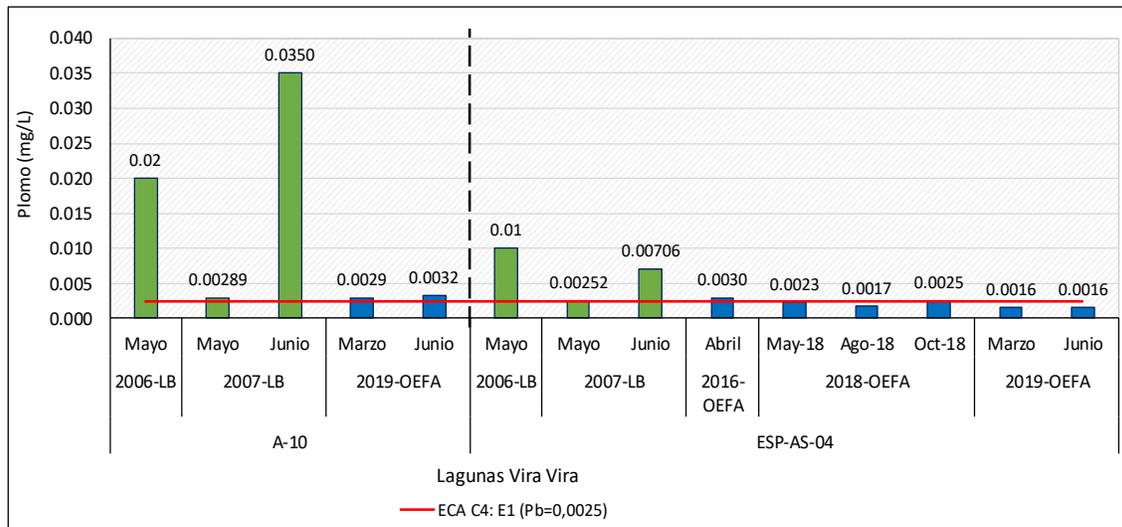
<sup>5</sup> Modificación del Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto "Tantahuatay", Ciénaga Norte, aprobado mediante RD N.º 273-2014-MEM/DGAAM, el 05 de junio de 2016.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad



**Figura 8.26.** Comparación de los valores de pH en las lagunas Vira Vira (A-10 y ESP-AS-04) de la vigilancia 2019 y estudios previos del OEFA con la línea base

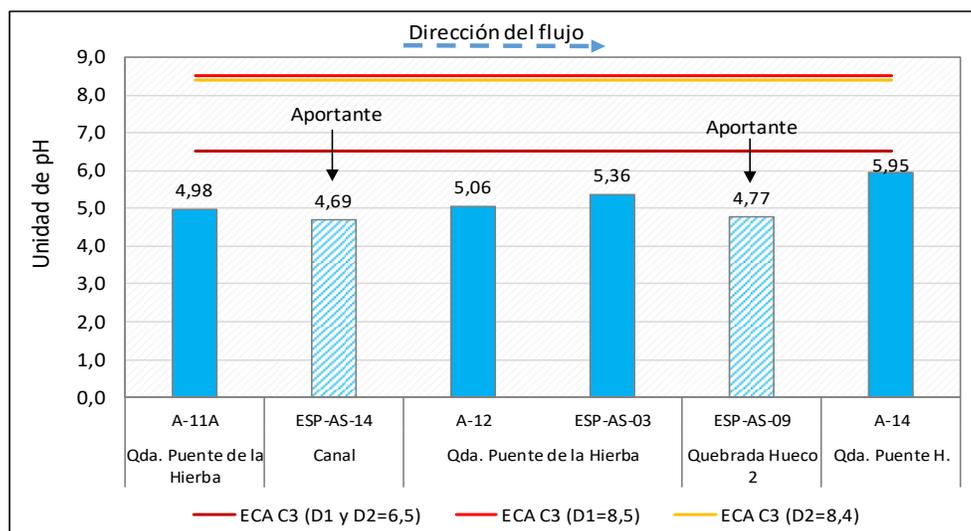
Asimismo, en la laguna Vira Vira norte (A-10), presentó en la vigilancia 2019 concentraciones de plomo total que incumplieron los ECA para agua 2015 categoría 4; mientras que en la laguna Vira Vira Sur (ESP-AS-04) cumplió con dicha norma. Los resultados de ambas lagunas fueron menores a los reportados en la línea base (Figura 8.27).



**Figura 8.27.** Comparación de las concentraciones de plomo total en las lagunas Vira Vira (A-10 y ESP-AS-04) de la vigilancia 2019 y estudios previos del OEFA con la línea base

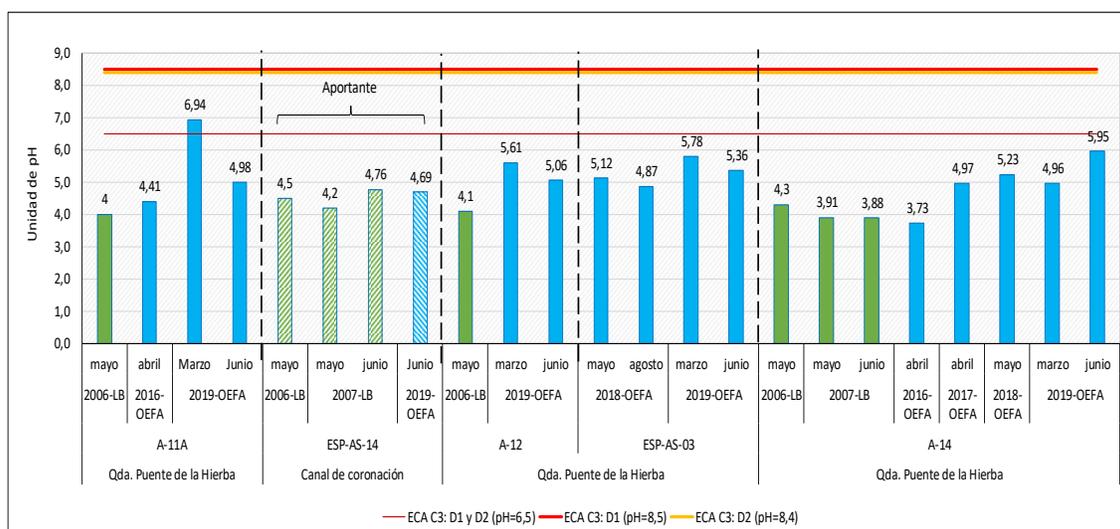
En la evaluación de junio 2019 los puntos de la quebrada Puente de la Hierba, desde A-11A (naciente de la quebrada) hasta el punto A-14 (parte baja de la quebrada), presentaron un ligero incremento en sus valores de pH (4,98 a 5,95), luego de recibir los aportes del agua del canal de coronación (ESP-AS-14) y de la quebrada Hueco 2 (ESP-AS-09). Asimismo, todos los puntos evaluados incumplieron los ECA para agua 2015 categoría 3 (Figura 8.28).

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad



**Figura 8.28.** Valores de pH en la quebrada Puente de la Hierba y aportantes (junio 2019)

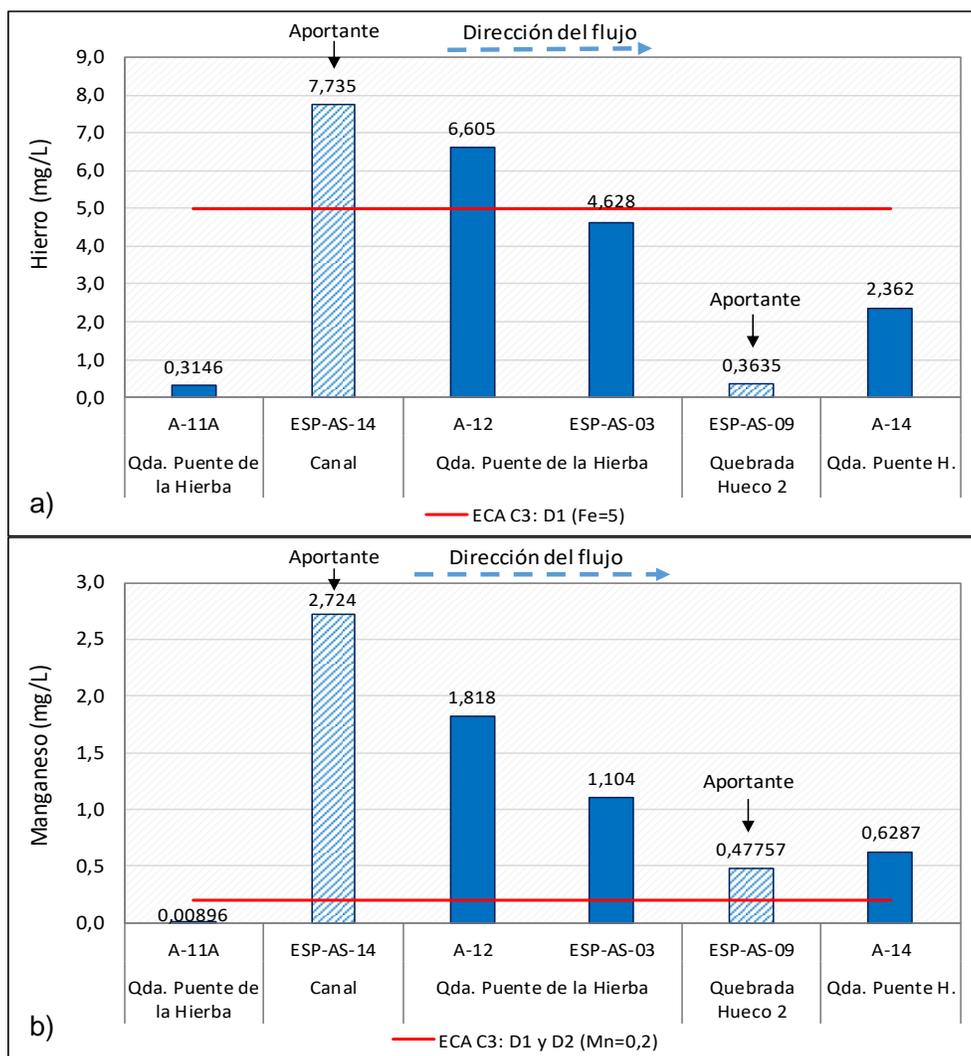
Según el análisis histórico, los valores de pH en la quebrada Puente de la Hierba (A-11A, A-12 y A-14) presentaron un ligero incremento; sin embargo, el pH del agua proveniente del canal de coronación presentó poca variabilidad respecto a la línea base (Figura 8.29).



**Figura 8.29.** Comparación de los valores de pH en la quebrada Puente de la Hierba (A-11A, A-12, ESP-AS-03 y A-14) y su aportante (ESP-AS-14) de la vigilancia 2019 y estudios previos del OEFA con la línea base

Con respecto a los metales totales en la quebrada Puente de la Hierba, se observa que el punto ESP-AS-14 (canal de coronación) aportante a esta quebrada presentó altas concentraciones de hierro y manganeso con respecto al punto A-11A (aguas arriba del canal aportante), generando un incremento de estos metales aguas abajo (A-12) hasta incumplir con los ECA para agua 2015 categoría 3, el cual disminuye gradualmente aguas abajo (Figura 8.30). Similar comportamiento presentó la conductividad eléctrica, sulfatos, aluminio, arsénico, calcio, cadmio, níquel y zinc pero sin exceder la normativa mencionada (Anexo 2).

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad



**Figura 8.30.** Resultados de las concentraciones de a) hierro y b) manganeso en la quebrada Puente de la Hierba (junio 2019)

Para el análisis histórico de los metales totales en la quebrada Puente de la Hierba se consideró los puntos A-11A, ESP-AS-14 y A-12, ubicados en la parte alta de la quebrada. Donde el punto A-11A (aguas arriba del canal aportante) presentó menores concentraciones de hierro y manganeso en la vigilancia 2019 con respecto a su línea base, mientras que el canal aportante ESP-AS-14 y el punto aguas abajo de su confluencia (A-12) presentaron incrementos de estos metales con respecto a su línea base (ver Figura 8.31), por lo que se evidencia la influencia del aporte del agua del canal de coronación a la quebrada Puente de la Hierba (ver Figura 8.32).

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

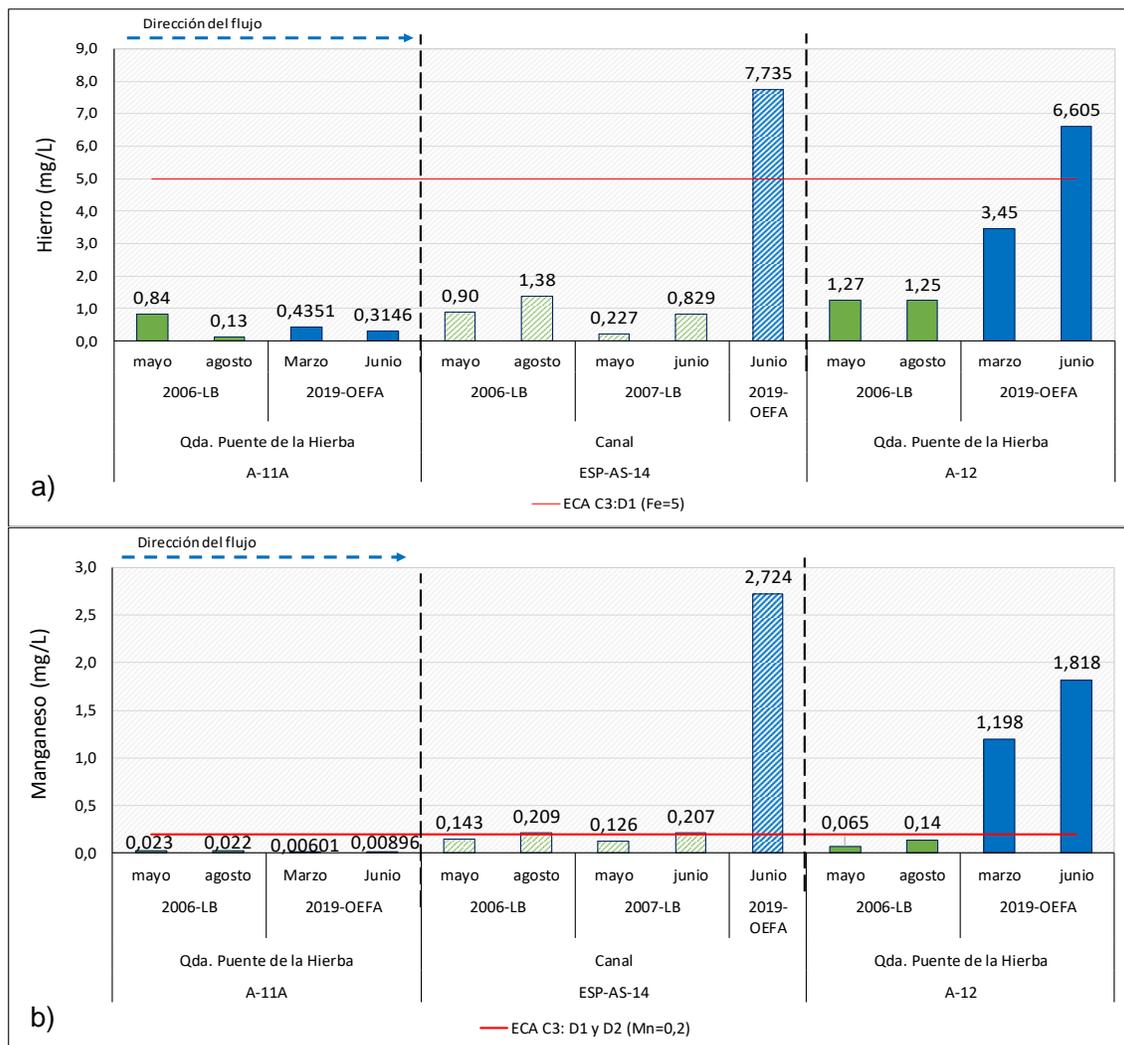


Figura 8.31. Comparación de las concentraciones de a) hierro y b) manganeso total en la quebrada Puente de la Hierba y aportante de la vigilancia 2019 con la línea base



Figura 8.32. Agua proveniente del canal de coronación (punto ESP-AS-14) que es aportante de la quebrada Puente de la Hierba (junio 2019)



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Organismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección  
Técnica Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

Con respecto a los sedimentos de la zona 4, en la figura 8.33 se observan los resultados de metales totales de la vigilancia de marzo 2019, donde las concentraciones de arsénico, cobre y mercurio en la laguna Vira Vira (ESP-SD-04) superaron referencialmente los valores PEL de la guía canadiense; mientras que en la laguna Vira Vira (SD-10), las concentraciones de cobre, plomo y mercurio superaron solo los valores ISQG de la guía mencionada.

En la quebrada Puente de la Hierba, se observa un incremento progresivo de las concentraciones de arsénico, cobre, plomo, mercurio y zinc donde las concentraciones de estos parámetros solo superaron en el punto SD-14 (ubicado aguas abajo de las operaciones) referencialmente los valores PEL de la guía canadiense, a excepción del plomo que solo superó el valor ISQG y el arsénico que también superó el valor PEL en los puntos SD-11A y SD-12 de dicha guía. Cabe indicar que, la quebrada Hueco 2 (ESP-SD-09) presentó arsénico, cadmio, cobre, y zinc que superaron los valores PEL; mientras que para plomo y mercurio solo superó los valores ISQG (Figura 8.33).



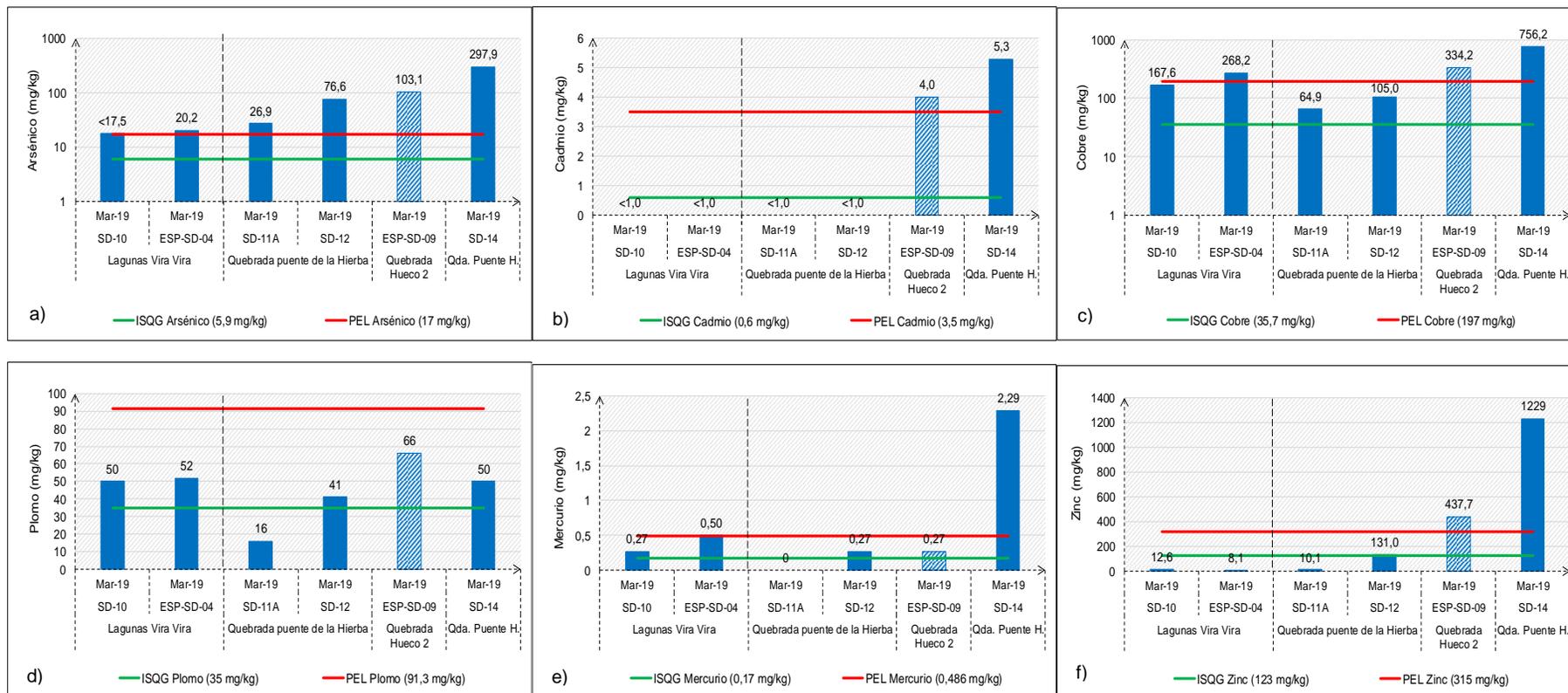
PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad



**Figura 8.33.** Resultados de las concentraciones de a) arsénico, b) cadmio, c) cobre, d) plomo, e) mercurio y f) zinc total en sedimentos, en las lagunas Vira Vira y la quebrada Puente de la Hierba (marzo 2019)



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Organismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección  
Técnica Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

En la quebrada Puente de la Hierba, los puntos SD-11A y SD-12, mostraron una disminución de arsénico, cobre y plomo, con respecto a la línea base; mientras que, la quebrada aportante Hueco 2 (ESP-SD-09) y el punto ubicado aguas abajo de las operaciones (SD-14) presentaron un incremento en las concentraciones de arsénico, cobre, plomo y zinc con respecto a la línea base. Cabe precisar que la concentración de zinc disminuyó en el punto SD-11A y aumentó en el punto SD-12 respecto a la línea base (Figura 8.34).



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

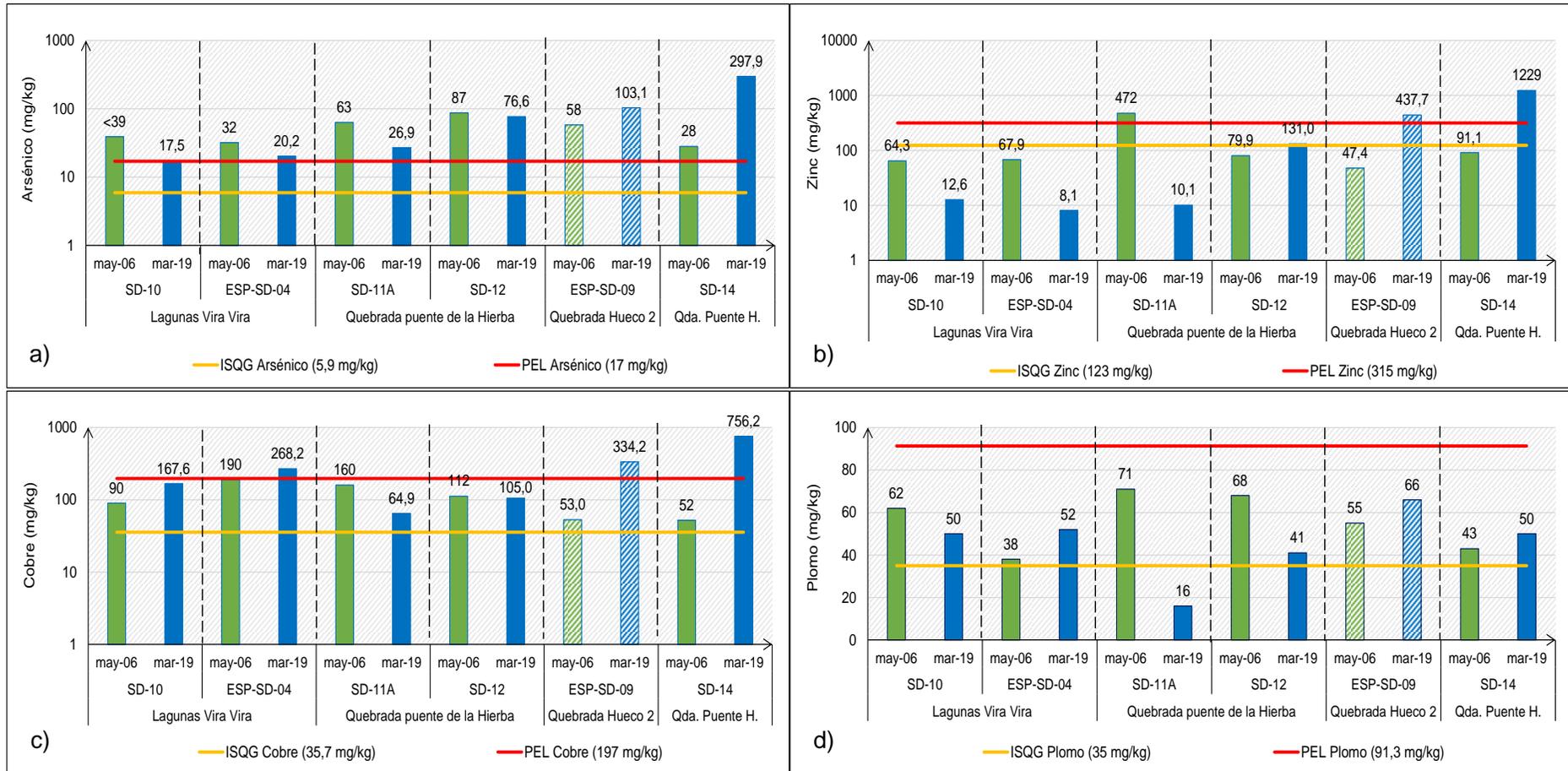


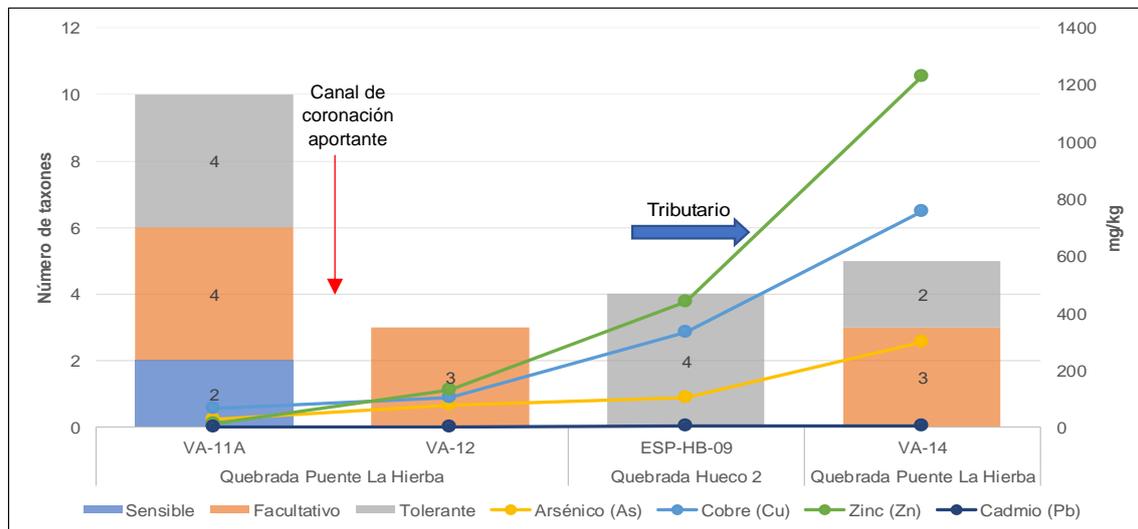
Figura 8.34. Comparación de las concentraciones de a) arsénico, b) zinc c) cobre y d) plomo total en las lagunas Vira Vira, quebradas Puente de la Hierba y Hueco 2 de la vigilancia 2019 con la línea base

Los puntos VA-10 y ESP-HB-04, ubicados en las lagunas Vira Vira, presentaron una baja riqueza de taxones y una moderada abundancia, principalmente con presencia de taxones tolerantes donde destacó *Camptocladius* sp., perteneciente a la familia Chironomidae. Cabe mencionar que, el punto de muestreo ESP-HB-04 registró una mayor abundancia que VA-10 respecto a casi todos los taxones tolerantes, lo cual se podría ver facilitado por las altas concentraciones de arsénico y cobre que superaron los valores referenciales PEL de la guía canadiense.

En el punto VA-11A (aguas arriba del canal aportante), se registró la mayor riqueza de taxones y abundancia con respecto a los demás puntos ubicados en la quebrada, con una composición heterogénea donde predominaron los individuos del taxón facultativo *Austrelmis* sp (perteneciente al orden Coleoptera); asimismo, la presencia de los órdenes Plecoptera y Trichoptera (taxones sensibles) aportan al resultado de Buena Calidad, según los bioindicadores ABI y CERA-S.

En el punto VA-12 (aguas abajo del canal de coronación) se registraron solamente 3 taxones facultativos de los órdenes Trichoptera y Coleoptera, con un resultado de Mala Calidad, principalmente debido a la baja riqueza de taxones. La quebrada Hueco 2 (ESP-HB-09), aportante a la quebrada Puente de la Hierba, registró una Calidad Pésima según ambos índices antes mencionados, presentando taxones tolerantes a condiciones de alta Carga orgánica (familias Chironomidae, Haplotaixidae y Lumbriculidae); asimismo, el punto VA-14 aguas abajo de la confluencia de los puntos antes mencionados, presentó taxones facultativos y tolerantes, con una Calidad Mala.

En los puntos ESP-HB-09 y VA-14 (Figura 8.35), donde se presentó una pésima y mala calidad, respectivamente, se observó un predominio del taxón indeterminado de la familia Haplotaixidae (preferente por condiciones de alta carga orgánica) y ausente en los demás puntos de muestreo. Cabe indicar que, en estos puntos, las concentraciones de arsénico, cadmio, cobre y zinc superaron los valores referenciales PEL de la guía canadiense.



**Figura 8.35.** Relación de taxones bioindicadores y concentraciones de metales en Sedimentos: arsénico, cobre, zinc y cadmio, en las quebradas Puente de la Hierba y Hueco 2

### 8.5. Zona 5: Laguna Los Gentiles y quebrada Tres Amigos

En la zona 5 se encuentran ubicadas las lagunas Los Gentiles 1 (A-6), Los Gentiles 3 (A-7) y Los Gentiles 4 (A-8), la quebrada Tres Amigos (ESP-AS-02), y los componentes mineros DME Tantauatay, DMI Tantauatay y la planta de tratamiento de aguas ácidas; además, en la laguna Los Gentiles 4 (A-8) descarga el efluente autorizado E-1A, proveniente de la planta de tratamiento de las aguas ácidas, el cual no presentó flujo en la vigilancia 2019 (marzo y mayo), ver Figura 8.36.

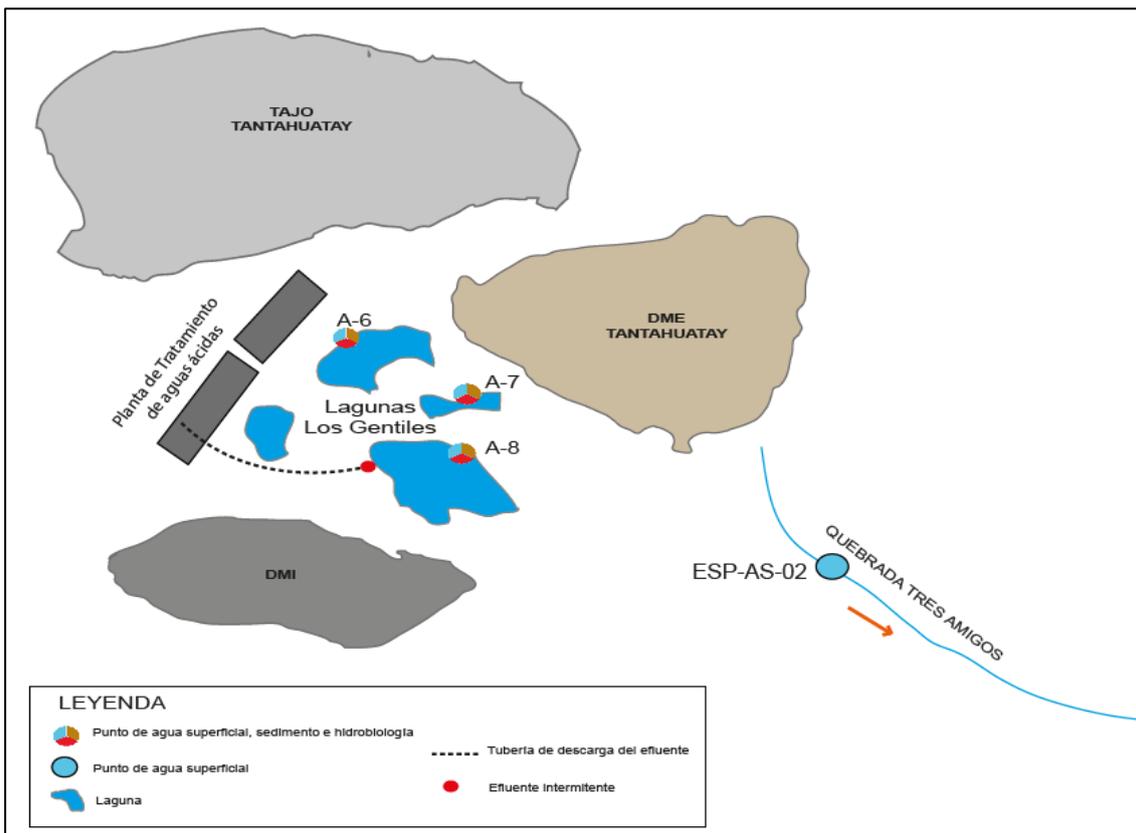


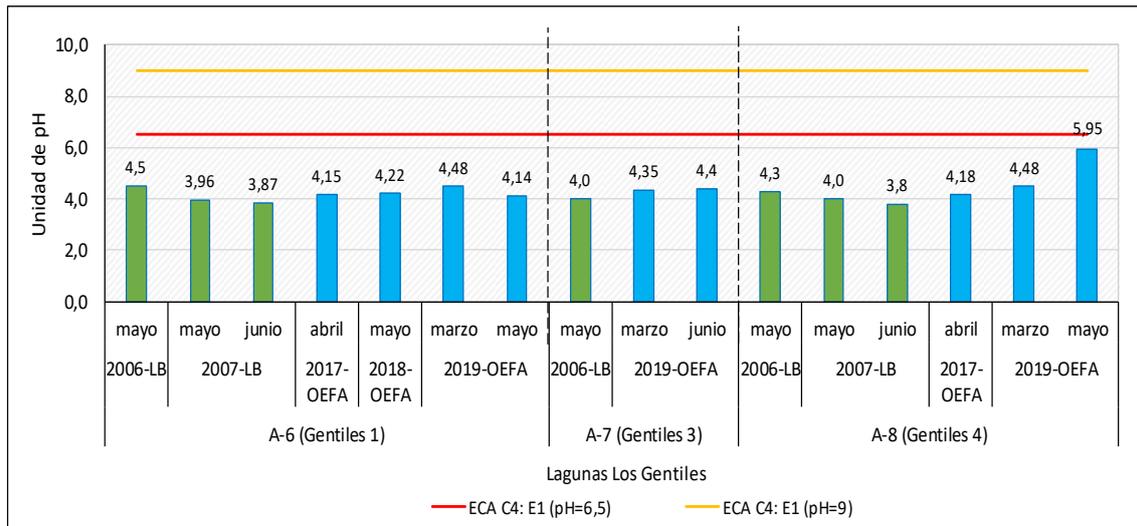
Figura 8.36. Esquema de la zona 5: Laguna Los Gentiles y quebrada Tres Amigos



Figura 8.37. Tubería del efluente E-1A sin flujo, ubicado en la laguna Los Gentiles 4 (A-8)

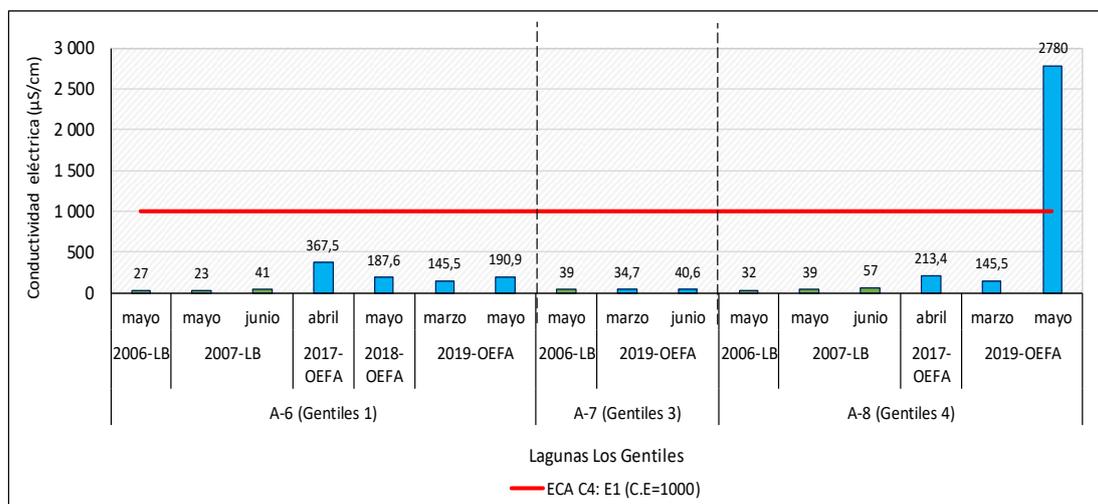
### Laguna Los Gentiles

De acuerdo a los resultados de pH en agua superficial, obtenidos en la vigilancia 2019 (marzo y mayo/junio), se observa que las lagunas Los Gentiles presentaron valores de pH ácido que incumplieron el ECA para agua 2015 categoría 4 en ambos meses. Con respecto al análisis histórico del pH desde la línea base (2006 y 2007) hasta la vigilancia 2019, se observó poca variabilidad en las 3 lagunas evaluadas, siendo la laguna Los Gentiles 4 (A-8) la que presentó en mayo 2019 un incremento en los valores de pH con respecto a lo registrado en las demás evaluaciones y línea base (Figura 8.38).



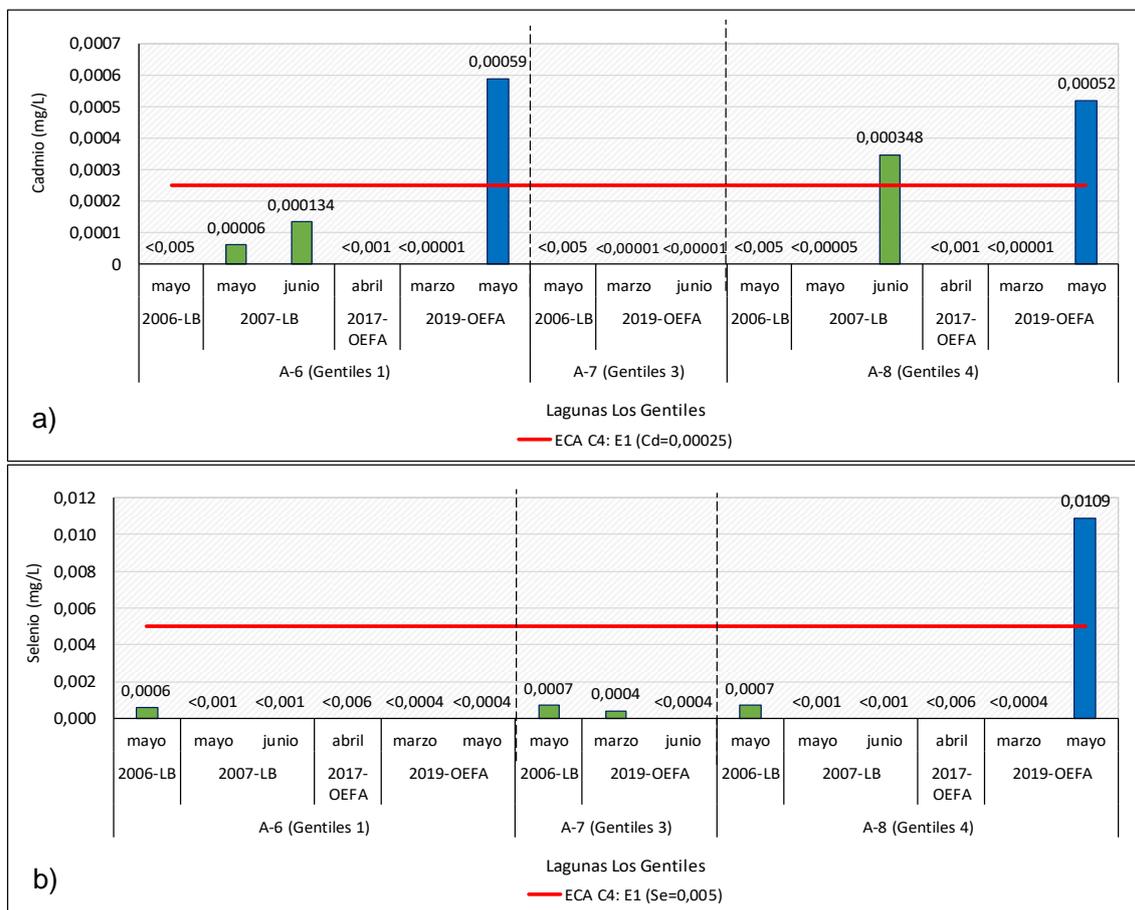
**Figura 8.38.** Comparación de los valores de pH en las lagunas Los Gentiles (A-6, A-7 y A-8) de la vigilancia 2019 y estudios previos del OEFA con la línea base

La conductividad eléctrica en las lagunas Los Gentiles 1 (A-6) y Los Gentiles 3 (A-7) presentaron valores que cumplieron con el ECA para agua 2015 categoría 4, a excepción de la laguna Los Gentiles 4 (A-8) que incumplió en el mes de mayo dicho ECA. Con respecto al análisis histórico de la conductividad eléctrica (Figura 8.39), la laguna Los Gentiles 1 (A-6) presentó un incremento en la vigilancia 2019 con respecto a la línea base; caso similar se observó en la laguna Los Gentiles 4 (A-8), alcanzando un valor pico de 2780  $\mu\text{S}/\text{cm}$  para la conductividad y 1895 mg/L para sulfatos; y en la laguna A-7 se observa poca variabilidad entre los valores de la línea base con lo registrado en la vigilancia 2019 (marzo y junio).



**Figura 8.39.** Comparación de los resultados de la conductividad eléctrica en la laguna Los Gentiles de la vigilancia 2019 y estudios previos del OEFA con la línea base

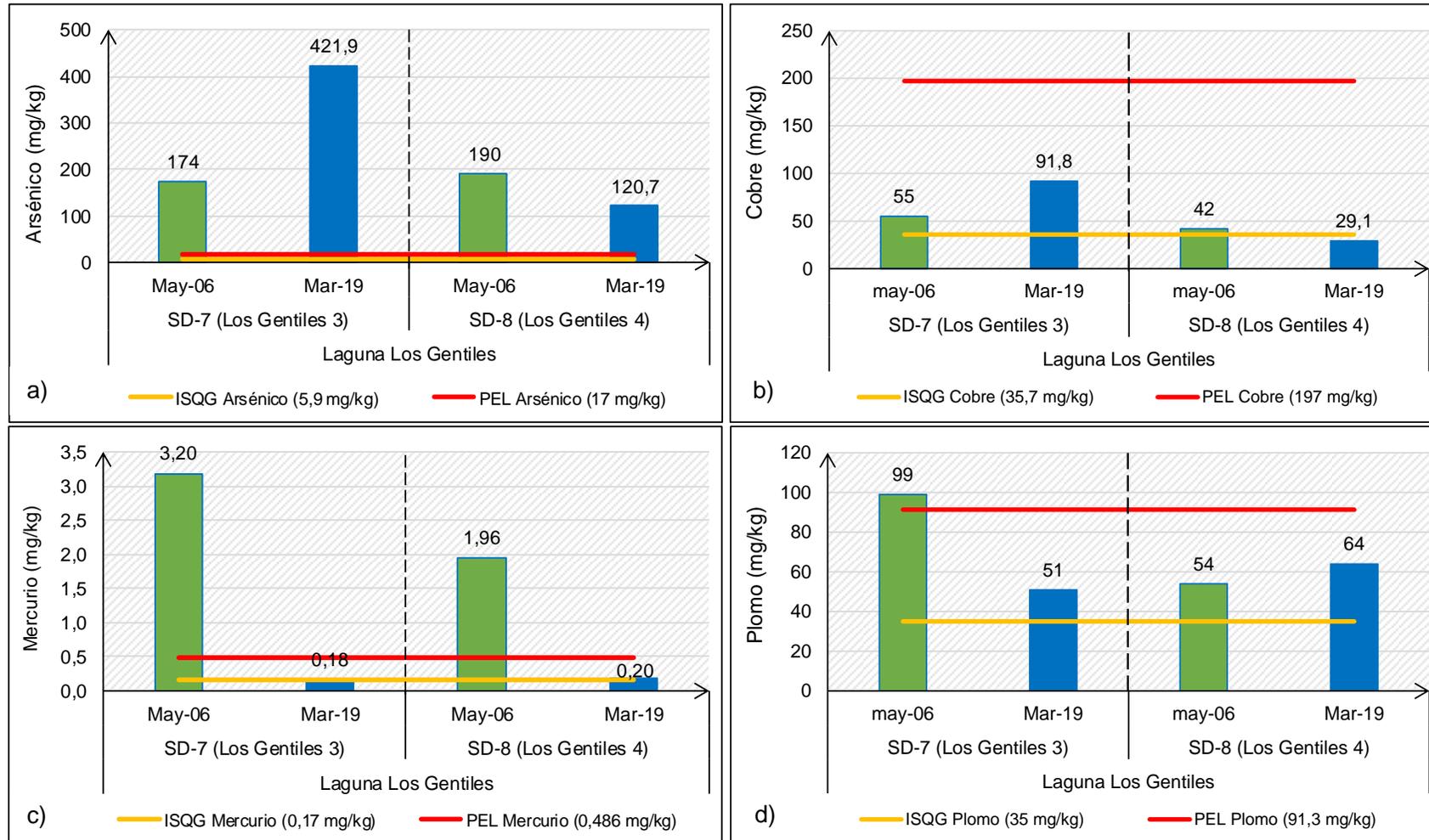
Las concentraciones de cadmio en las lagunas Los Gentiles 1 (A-6) y Los Gentiles 4 (A-8), y selenio en Los Gentiles 4 (A-8) incumplieron los ECA para agua 2015 categoría 4 en mayo de 2019. Estos resultados fueron mayores a los reportados en la data histórica y línea base (Figuras 8.40.a y 8.40.b).



**Figura 8.40.** Comparación de las concentraciones de a) cadmio y b) selenio total en las lagunas Los Gentiles de la vigilancia 2019 y estudios previos del OEFA con la línea base

Los sedimentos de la laguna Los Gentiles 3 (SD-7) en marzo 2019 presentó un incremento de arsénico y cobre; mientras que el mercurio y plomo presentaron una disminución con respecto a la línea base. Asimismo, en la laguna Los Gentiles 4 (SD-8), el arsénico, cobre y mercurio presentaron una disminución de sus concentraciones; mientras que el plomo presentó un incremento con respecto a la línea base (Figura 8.41). En las lagunas Los Gentiles 3 (VA-7) y Los Gentiles 4 (VA-8), donde se registraron altas concentraciones de arsénico que superaron los valores referenciales PEL de la guía canadiense solamente se registraron taxones facultativos y tolerantes, con ausencia de taxones sensibles, además de una menor riqueza de taxones con respecto a Los Gentiles 1 (VA-6). Esto sugiere una mala condición ecológica en VA-7 y VA-8, considerando además la condición comunitaria y la eutrofización propia de los ambientes lénticos.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

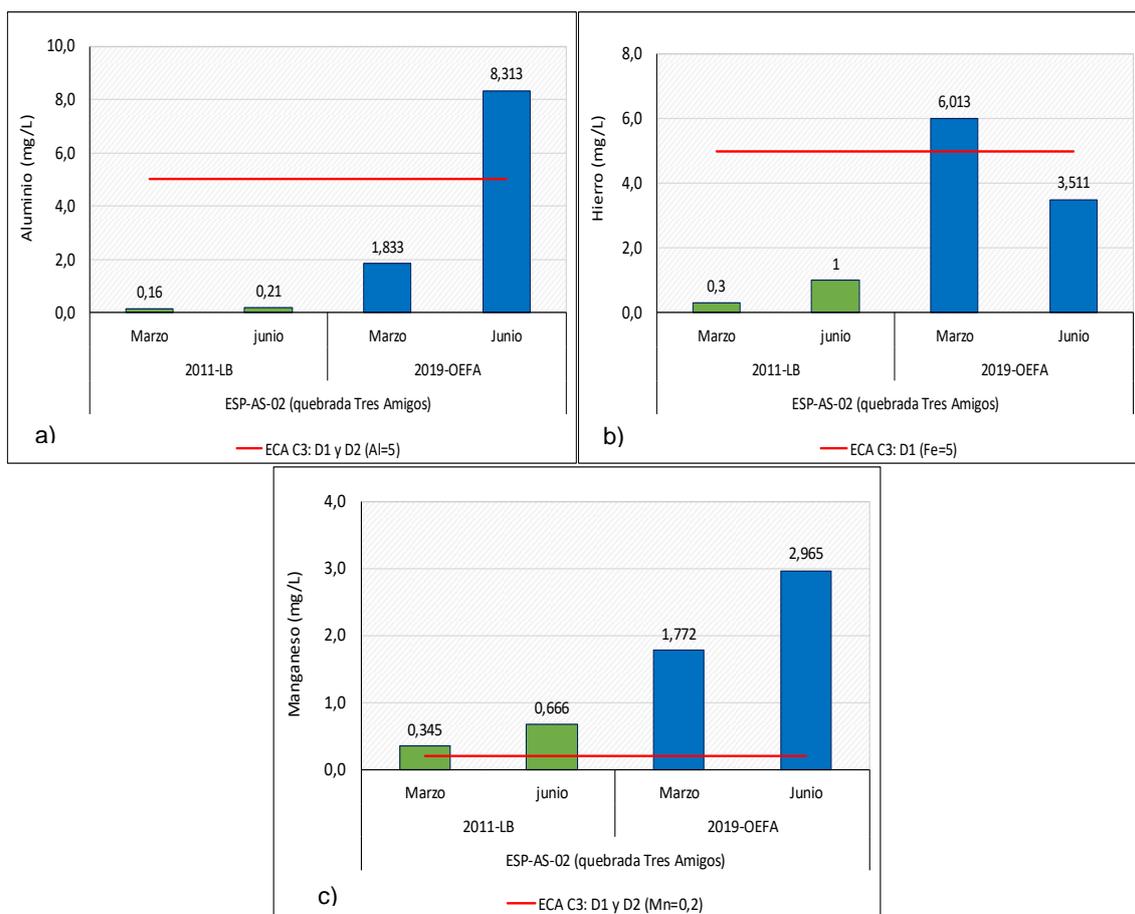


**Figura 8.41.** Comparación de las concentraciones de a) arsénico, b) cobre, c) mercurio y d) plomo total en la laguna Los Gentiles de la vigilancia 2019 con la línea base

### Quebrada Tres Amigos

El punto evaluado en la quebrada Tres Amigos (ESP-AS-02), a diferencia de los demás puntos evaluados en la UM Tantahuatay, presentó valores de pH que cumplieron con el ECA para agua 2015 categoría 3, el mismo que se presentó en la línea base 2006.

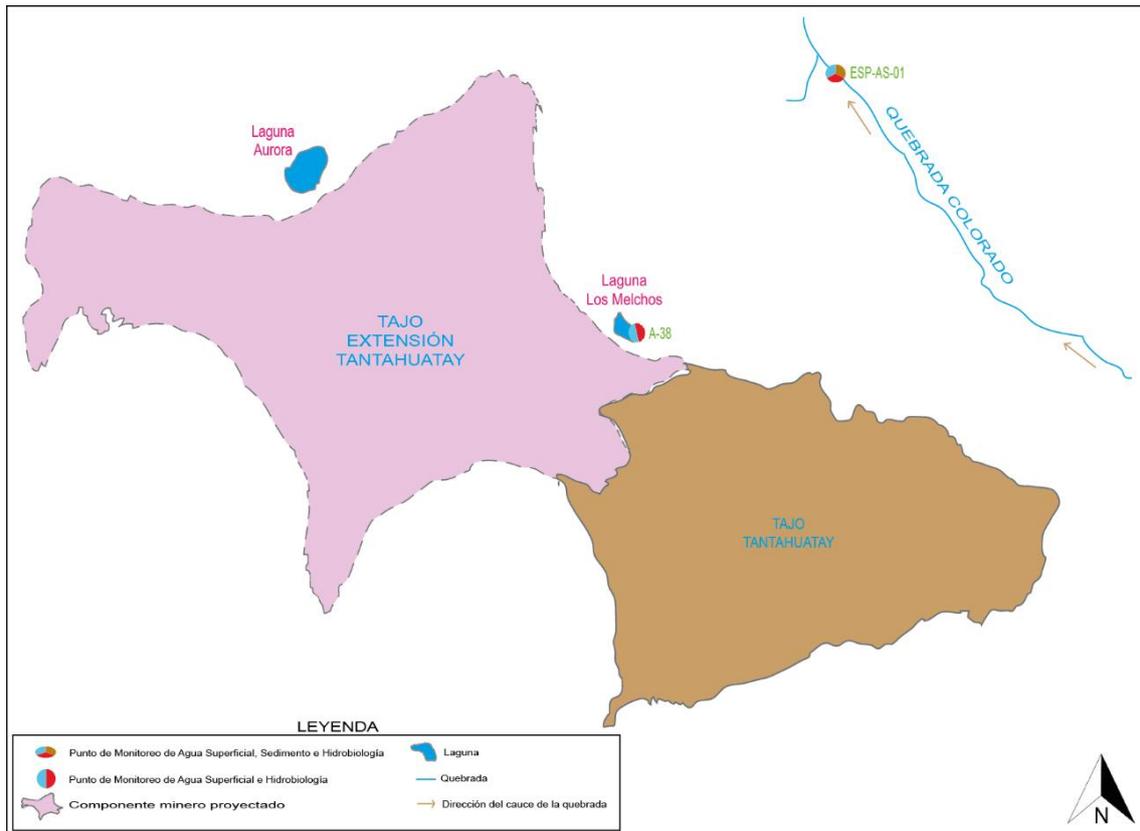
Las concentraciones de aluminio (junio 2019), hierro (marzo 2019) y manganeso (marzo y junio de 2019) incumplieron los ECA para agua 2015 categoría 3. Los resultados de marzo y junio de 2019 fueron mayores a lo registrado en los estudios previos del OEFA y línea base; además se observa una tendencia de incremento (Figura 8.42).



**Figura 8.42.** Comparación de las concentraciones de a) aluminio, b) hierro y c) manganeso total en la quebrada Tres Amigos (ESP-AS-02) de la vigilancia 2019 con la línea base

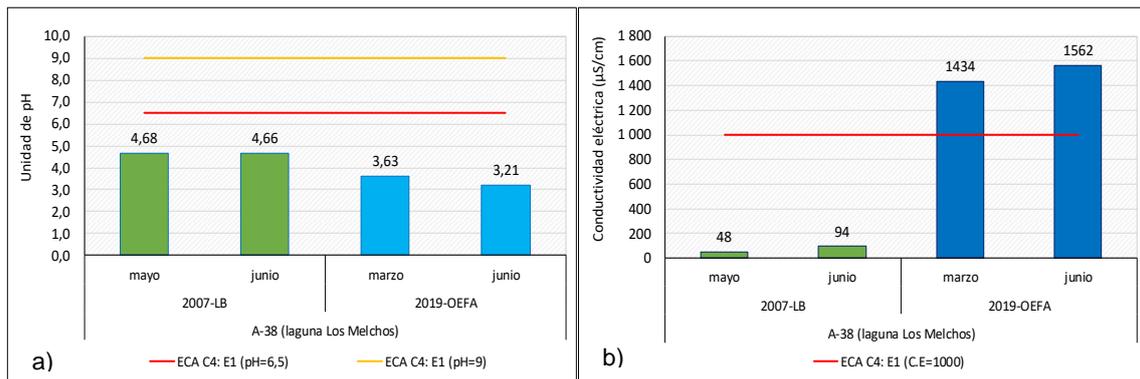
### 8.6. Zona 6: Laguna Los Melchos y quebrada Colorado

En la zona 6 se evaluaron dos puntos de monitoreo: En la laguna Los Melchos (A-38), contigua al Tajo Tantahuatay, y en la quebrada Colorado (ESP-AS-01), a aproximadamente 1 km de distancia del tajo (Figura 8.43).



**Figura 8.43.** Esquema de la zona 6: Laguna Los Melchos y quebrada Colorado

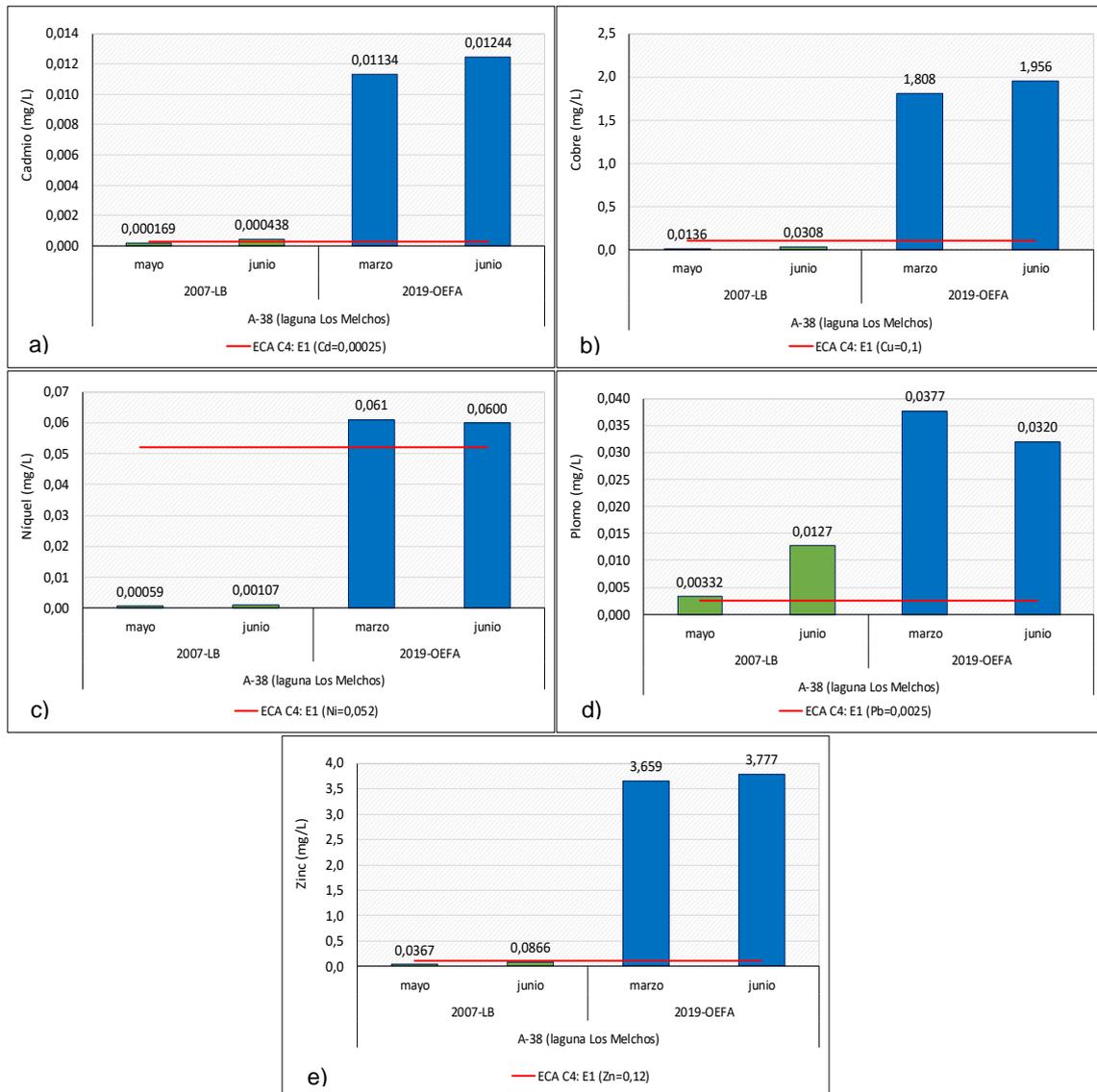
En la vigilancia de 2019, el punto de monitoreo A-38 (laguna Los Melchos) presentó valores de pH ácido y conductividad eléctrica que incumplieron los ECA para agua 2015 categoría 4; asimismo se observa una disminución de los valores de pH y un incremento de conductividad eléctrica respecto a la línea base 2007 (Figura 8.44).



**Figura 8.44.** Comparación de resultados de a) pH y b) conductividad eléctrica en la laguna Los Melchos de la vigilancia 2019 con la línea base

Las concentraciones de cadmio, cobre, níquel, plomo y zinc en la laguna Melchos (A-38) incumplieron con los ECA para agua 2015 categoría 4, y al comparar con la línea base, estos resultados fueron mayores (Figura 8.45).

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad



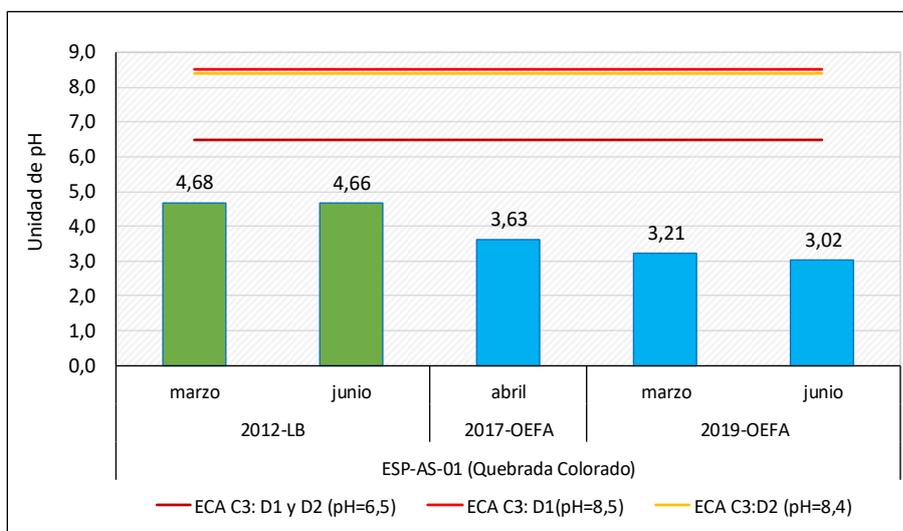
**Figura 8.45.** Comparación de las concentraciones de a) cadmio, b) cobre, c) níquel, d) zinc y e) plomo total en la laguna Los Melchos de la vigilancia 2019 con la línea base

El punto de monitoreo VA-37 presentó una baja riqueza, con solamente 5 taxones, 3 de los cuales pertenecieron al orden Diptera (Chironomidae) y 2 al orden Coleoptera (Staphylinidae y Dytiscidae), todos taxones tolerantes. Cabe precisar que el 94,59 % de la abundancia estuvo representado por individuos de la familia Chironomidae.

### Quebrada Colorado

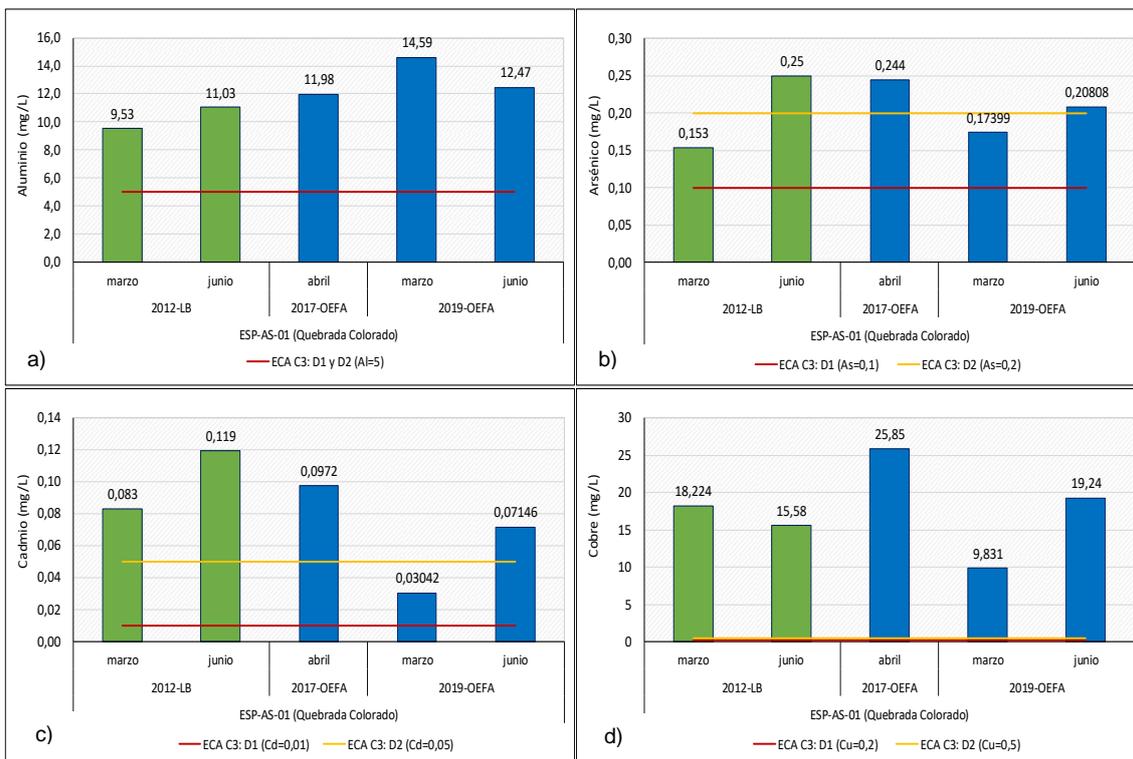
En la vigilancia de 2019, el punto de monitoreo ES-AS-01 (quebrada Colorado) presentó una disminución de los valores de pH que variaron entre 3,21 y 3,02 para las evaluaciones de marzo y junio respectivamente; a su vez, también se observa una disminución de los valores de pH con respecto a la línea base 2012. Cabe precisar que el pH en este punto incumplió los ECA para agua 2015 categoría 3 en marzo y junio de 2019 (Figura 8.46).

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

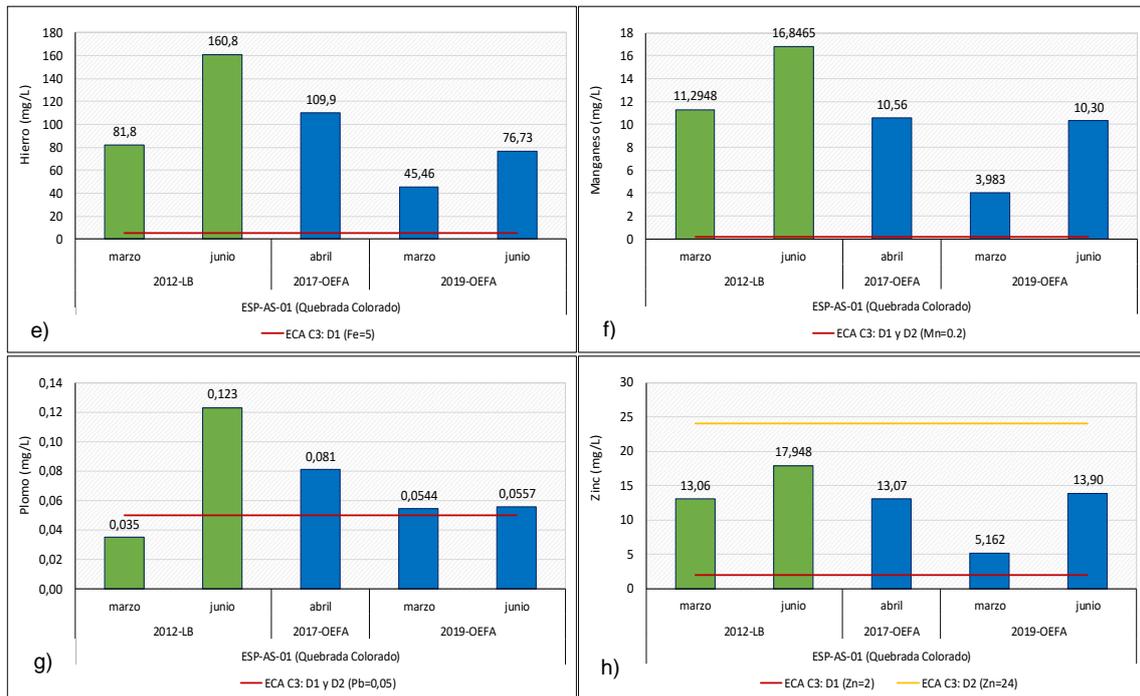


**Figura 8.46.** Comparación de los valores de pH en la quebrada Colorado de la vigilancia 2019 y estudios previos del OEFA con la línea base

El punto de monitoreo ESP-AS-01 de la quebrada Colorado presentó concentraciones de aluminio, arsénico, cadmio, cobre, hierro, manganeso, plomo y zinc en mayo y junio de 2019 que incumplieron el ECA para agua 2015 categoría 3; donde solo la concentración de aluminio fu mayor respecto a la línea base (Figura 8.47).

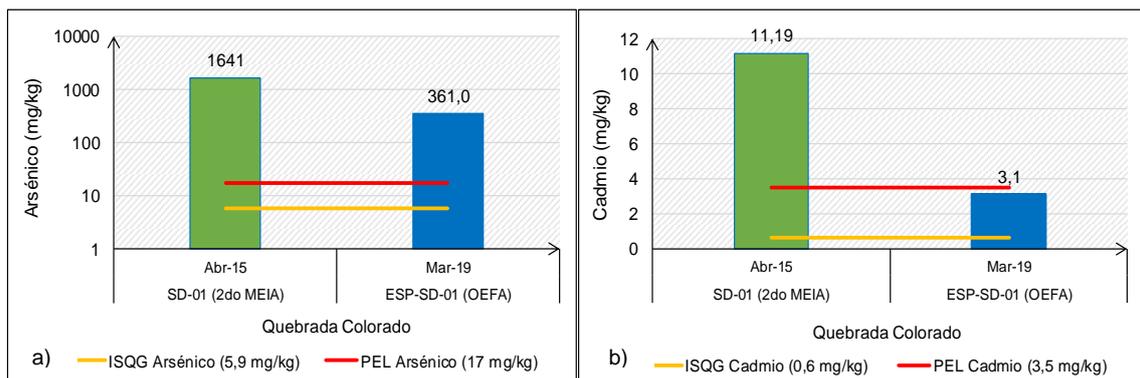


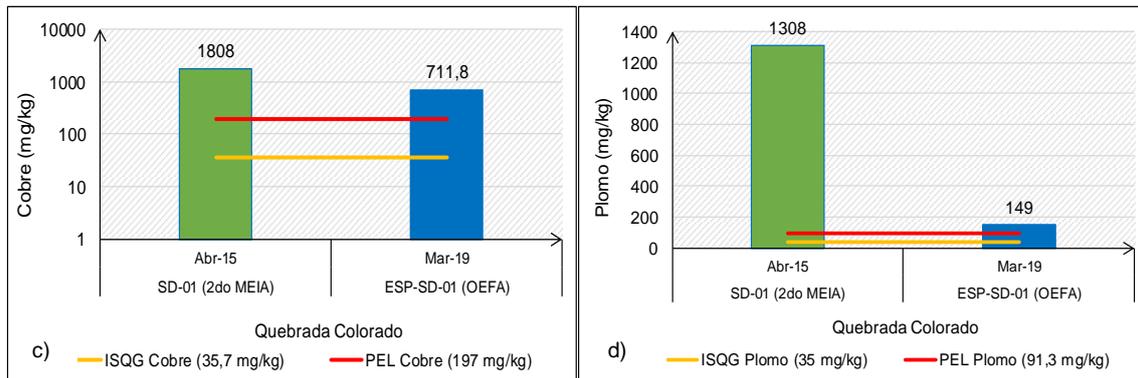
Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad



**Figura 8.47.** Comparación de las concentraciones de a) aluminio, b) arsénico, c) cadmio, d) cobre, e) hierro, f) manganeso, g) plomo y h) zinc total en la quebrada Colorado de la vigilancia 2019 y estudios previos del OEFA con la línea base

Respecto al análisis histórico de las concentraciones de metales en Sedimentos, el punto de ESP-SD-01 (quebrada Colorado) presentó una disminución en la concentración de arsénico, cadmio, cobre y plomo con respecto a la línea base. El arsénico, cobre y plomo superaron los valores referenciales PEL de la guía canadiense. Además, este punto presentó una baja riqueza, con solamente 2 individuos del taxón tolerante *Podonomus* sp. (Figura 8.48).





**Figura 8.48.** Comparación de las concentraciones de a) arsénico, b) cadmio, c) cobre y d) plomo total en la quebrada Colorado de la vigilancia 2019 con la línea base

## 9. CONCLUSIONES

### Zona 1: Quebrada Tantahuatay y laguna Las Auroras

Las aguas de la quebrada Tantahuatay (A-4, A-4A, A-35 y A-36) fueron ácidas con presencia de hierro, aluminio y cobre que incumplieron los ECA para agua 2015 categoría 3 en todos los puntos evaluados. Además, el punto A-4, cercano al componente minero DME 3, presentó las mayores concentraciones de los metales antes mencionados y disminuyeron progresivamente a medida que se aleja de este componente. Asimismo, en los sedimentos de esta quebrada también se registró la presencia de arsénico, cadmio, cobre y plomo que superaron los valores referenciales PEL de la guía canadiense, es más, en estos sedimentos también se registraron altas concentraciones de aluminio, hierro y manganeso que estarían aportando acidez al agua. La presencia de estos parámetros en los sedimentos podría relacionarse con las condiciones de moderada calidad biológica y ecológica, con un predominio de taxones tolerantes (Chironomidae y Haptotaxidae) y facultativos en todos los puntos de monitoreo. Los resultados de agua y sedimentos fueron mayores a lo reportado en la línea base en la mayoría de puntos.

En las lagunas Las Auroras (Auroras 1, Auroras 2, Auroras 3, Auroras 4 y Auroras 5) se registraron valores de pH ácidos en marzo y mayo 2019, los que incumplieron los ECA para agua 2015 categoría 4; así también, según la data histórica, el pH mostró poca variación con respecto a la línea base. Las concentraciones de cobre y plomo en las lagunas Las Auroras 1 (A-32), Las Auroras 4 (A-35) y Las Auroras 5 (A-35A) incumplieron los ECA para agua 2015 categoría 4, y estos resultados fueron mayores a la línea base. Con respecto a los sedimentos, todas las lagunas presentaron concentraciones de arsénico que superaron los valores referenciales PEL de la guía canadiense; mientras que, para cadmio, cobre y plomo, superaron los valores referenciales ISQG o PEL de la guía en mención en al menos una de las lagunas evaluadas; este comportamiento de los sedimentos podría relacionarse al predominio de taxones tolerantes (Chironomidae) sobre los facultativos en las 5 lagunas evaluadas, principalmente en la laguna Las Auroras 2 (VA-33), donde se registró la mayor riqueza de estos taxones y a su vez presentaron las más altas concentraciones de arsénico, cadmio, cobre y plomo.

### Zona 2: Quebrada Tacamache

Las aguas de la quebrada Tacamache (A-19, A-19A, A-19B, ESP-AS-06, ESP-AS-05) y su aportante, la quebrada S/N (ESP-AS-12), fueron ácidas con 3,61 a 4,98 unidades de pH incumpliendo los ECA para agua 2015 categoría 3. A pesar de que los sedimentos de la quebrada Tacamache presentaron concentraciones de mercurio y arsénico que superaron los valores PEL de la guía canadiense, estos no influyeron en la calidad del agua de esta quebrada, lo que se corrobora con la presencia de taxones sensibles de los órdenes



Plecoptera y Trichoptera, y según los índices ABI y CERA-S, la calidad ecológica de esta quebrada fue de moderada a buena.

### **Zona 3: Quebrada Azufre y laguna Cueva de Campos**

La laguna Cueva de Campos (VA-21), ubicado entre el Tajo y PAD de lixiviación Ciénaga Norte, presentó valores de pH ácido que incumplieron los ECA para agua 2015 categoría 4, similar resultado se registró en la línea base (2009). Además, las concentraciones de arsénico, cobre y mercurio en los sedimentos de esta laguna superaron los valores ISQG o PEL de la guía canadiense y fueron menores a la línea base, a excepción del cobre; la comunidad de macroinvertebrados bentónicos presentó una baja riqueza y abundancia de taxones, con una composición heterogénea compuesta por taxones tolerantes y facultativos.

El punto ESP-AS-10 (proveniente del canal de coronación del PAD de lixiviación Ciénaga Norte y que descarga en la parte alta de la quebrada Azufre) registró valores de pH y manganeso que incumplieron referencialmente los ECA para agua 2015 categoría 3; mientras que, los parámetros evaluados en el punto ESP-AS-07 (ubicado en la quebrada Azufre a 1,5 km aguas abajo del PAD) cumplieron con los ECA en mención. A pesar que este punto presentó una concentración de arsénico en sedimentos que superó referencialmente el valor PEL de la guía canadiense, se registraron taxones sensibles de los órdenes Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera, usualmente empleados como indicadores de ambientes de Buena (ABI)/Excelente (CERA-S) calidad ecológica.

### **Zona 4: Lagunas Vira Vira, quebrada Puente de la Hierba y Hueco 2**

#### **Lagunas Vira Vira**

Las aguas de las lagunas Vira Vira norte (A-10) y Vira Vira sur (ESP-AS-04) fueron ácidas, con presencia de plomo solo en el punto A-10, que incumplieron los ECA para agua 2015 categoría 4. Y, al comparar con la línea base los resultados de pH fueron similares y el plomo fue menor en marzo y junio 2019. Asimismo, las concentraciones de arsénico, cobre y mercurio en la laguna Vira Vira sur (ESP-SD-04) superaron referencialmente los valores PEL de la guía canadiense; mientras que, en la laguna Vira Vira norte (SD-10), las concentraciones de cobre, plomo y mercurio superaron solo los valores ISQG de la guía señalada; sin embargo, solo el arsénico y zinc fueron menores a la línea base.

Los puntos ubicados en las lagunas Vira Vira norte y sur presentaron una baja riqueza de taxones y una moderada abundancia, principalmente con presencia de taxones tolerantes donde destacó *Camptocladius* sp., perteneciente a la familia Chironomidae.

#### **Quebradas Puente de la Hierba y Hueco 2**

El agua proveniente del canal de coronación del PAD de lixiviación Tantahuatay (ESP-AS-14) afectó la calidad de la quebrada Puente de la Hierba, debido a que las concentraciones de hierro y manganeso se incrementaron en el punto A-12 (ubicado aguas abajo de la descarga del agua del canal) hasta incumplir con los ECA para agua 2015 categoría 3 en comparación con el punto ubicado aguas arriba (A-11A), disminuyendo progresivamente aguas abajo. Similar comportamiento presentó la conductividad eléctrica, sulfatos, aluminio, arsénico, calcio, cadmio, níquel y zinc pero sin exceder la normativa indicada. Cabe señalar que, las concentraciones de hierro y manganeso en el agua del canal (ESP-AS-14) y en el punto A-12 fueron mayores a lo registrado en la línea base.

En los sedimentos de la quebrada Puente de la Hierba, las concentraciones de arsénico, cobre, plomo, mercurio y zinc se incrementaron progresivamente, las cuales superaron referencialmente los valores PEL de la guía canadiense solo en el punto SD-14 (ubicado aguas abajo de las operaciones) a excepción del plomo que solo superó el valor ISQG y el



arsénico que también superó el valor PEL en los puntos SD-11A y SD-12 de dicha guía. Resaltar que, la quebrada Hueco 2 (ESP-SD-09) presentó concentraciones de arsénico, cadmio, cobre, y zinc que superaron de manera referencial los valores PEL; mientras que, para plomo y mercurio solo superó referencialmente los valores ISQG.

La quebrada Puente de la Hierba en el punto VA-11A registró la mayor riqueza de taxones y abundancia con respecto a los demás puntos evaluados con presencia de los órdenes Plecoptera y Trichoptera (taxones sensibles) que aportaron al resultado de buena calidad; mientras que, el punto VA-12, aguas abajo de la descarga del agua proveniente del canal de coronación, se registraron solamente 3 taxones facultativos de los órdenes Trichoptera y Coleoptera, con un resultado de Mala Calidad (ABI y CERA-S). Estos cambios corroboran la afectación de la quebrada.

### **Zona 5: Laguna Los Gentiles y quebrada Tres amigos**

Las lagunas Los Gentiles 1 (A-6), Gentiles 3 (A-7) y Gentiles 4 (A-8) presentaron tanto en la vigilancia 2019 como en la línea base 2006, valores de pH ácidos con poca variabilidad, a excepción de lo registrado en mayo 2019 que presentó un ligero incremento en su valor. Además, en la laguna Los Gentiles 4 (A-8) se registró en mayo 2019, valores de conductividad eléctrica, cadmio y selenio que incumplieron los ECA para agua 2015 categoría 4, además presentó altas concentraciones de sulfato (1895 mg/L). Acotar que, los parámetros que incumplieron los ECA señalados fueron mayores a la línea base y a lo registrado en las demás lagunas. Mencionar que, durante la vigilancia 2019 se observó una tubería sin flujo sobre la laguna Los Gentiles 4 que proviene de la planta de tratamiento de las aguas ácidas.

En cuanto a, los resultados de sedimentos, las 2 lagunas evaluadas (Los Gentiles 3 y Los Gentiles 4) presentaron concentraciones de arsénico que superaron de manera referencial el valor PEL y el cobre, mercurio y plomo solo superaron los valores ISQG; estos resultados en sedimentos podría relacionarse al predominio de taxones facultativos y tolerantes, que sugiere una mala condición ecológica en las lagunas Los Gentiles 3 (VA-7) y Los Gentiles 4 (VA-8), considerando además la condición comunitaria y la eutrofización propia de los ambientes lénticos.

El pH en la quebrada Tres Amigos (ESP-AS-02) cumplió con los ECA para agua 2015 categoría 3, similar a lo registrado en la línea base. Mientras que, las concentraciones de aluminio (junio 2019), hierro (marzo 2019) y manganeso (marzo y junio 2019) incumplieron los ECA señalados y fueron mayores a lo registrado en la data histórica y línea base.

### **Zona 6: Quebrada Colorado y laguna Los Melchos**

La laguna Los Melchos (A-38) presentó una disminución de los valores de pH con respecto a la línea base 2007; mientras que, la conductividad eléctrica y las concentraciones de cadmio, cobre, níquel, plomo y zinc fueron mayores que la línea base e incumplieron con los ECA para agua 2015 categoría 4. Además, esta laguna (VA-38) presentó una baja riqueza, con solamente 5 taxones, 3 de los cuales pertenecieron al orden Diptera (Chironomidae) y 2 al orden Coleoptera (Staphylinidae y Dytiscidae), todos taxones tolerantes. Cabe precisar que, el 94,59 % de la abundancia estuvo representado por individuos de la familia Chironomidae. Esta laguna podría estar siendo afectada por el material tajo Tantauatay que se encuentra colindante a la laguna.

El punto ubicado en la quebrada Colorado (ESP-AS-01) incumplió con los ECA para agua 2015 categoría 3, en los valores de pH y concentraciones de aluminio, arsénico, cadmio, cobre, hierro, manganeso, plomo y zinc.



## 10. RECOMENDACIONES

- Remitir una copia del presente informe a la Dirección de Supervisión Ambiental en Energía y Minas (DSEM).

## 11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Jost, L. (2006). *Entropy and diversity*. *Oikos*, 113(2), 363–375.

Pielou, E. C. (1975). *Ecological diversity*. New York: John Wiley & Sons.

Peet, R.K. (1974). *The measurement of species diversity*. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, 5, 285-307.

Magurran, A. (1991). *Ecological Diversity and Its Measurement*. Princeton University Press, Princeton, 178 pp.

Acosta, R., Ríos, B., Rieradevall, M. y Prat, N. (2009). Propuesta de un Protocolo de Evaluación de la Calidad Ecológica de Ríos Andinos (C.E.R.A) y su Aplicación a dos Cuencas en Ecuador y Perú. *Limnetica*, 28(1), 35-64.

Domínguez, E. y Fernández, H. (2009). Macroinvertebrados sudamericanos: Sistemática y biología. Tucumán, Fundación Miguel Lillo. 654p.

Roldán, G. (2003). Bioindicación de la Calidad del Agua en Colombia. Uso del Método BMWP/Col. Medellín, Colombia: Ed Universidad de Antioquia.

## 12. ANEXOS

Anexo 1: Mapas

Anexo 1.1: Mapa de ubicación

Anexo 1.2: Mapa de puntos de monitoreo del primer monitoreo (marzo)

Anexo 1.3: Mapa de puntos de monitoreo del segundo monitoreo (mayo/junio)

Anexo 2: Reporte de resultados del segundo monitoreo (mayo/junio)

Anexo 3: Informes de ensayo del primer monitoreo (marzo)

Anexo 4: Reporte de campo del segundo monitoreo (mayo/junio)

Anexo 5: Equivalencias de los puntos de monitoreo del OEFA con los de la línea base de los IGA del administrado

Anexo 6: Documentos de la Dirección de Supervisión Ambiental en Energía y Minas

Anexo 6.1: Acta de supervisión regular (marzo 2019)

Anexo 6.2: Reporte de muestreo ambiental



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Organismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección  
Técnica Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

Es cuanto informamos a usted para los fines pertinentes.

Atentamente:

[LFAJARDO]

[LANCCO]

[CAMAYA]

Visto este informe la Dirección de Evaluación Ambiental ha dispuesto su aprobación.

Atentamente:

[FGARCIA]



"Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado por el OEFA, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S. 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. N° 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de la siguiente dirección web: <https://sistemas.oefa.gob.pe/verifica> e ingresando la siguiente clave: 06648676"



06648676