

**INFORME N° 00225 -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

**ASUNTO** : Vigilancia ambiental en el área de influencia de la unidad minera Antapaccay administrada por la Compañía Minera Antapaccay S.A.

**CUE** : 2019-02-0005

**CUC** : 0006-3-2019-401

**REFERENCIA** : Planefa 2019

**FECHA** : Lima, 24 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 Antapaccay de la Compañía Minera Antapaccay S.A. son presentados en la Tabla 1.1.

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

a.	Zona evaluada	Distrito y provincia Espinar, departamento Cusco
b.	Unidades fiscalizables en la zona de estudio o actividades económicas	Área de influencia de la unidad minera Antapaccay de la Compañía Minera Antapaccay S.A.
c.	Problemática identificada	Presunta afectación ambiental por actividades de la unidad minera Antapaccay y conflictividad social
d.	La actividad se realizó en el marco de	Planefa 2019/ POI 2019
e.	Tipo de evaluación	Vigilancia Ambiental
f.	Periodo de ejecución	Del 16 al 18 marzo de 2019

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	Ing. Químico	Gabinete
2	Luis Ángel Ancco Pichuilla	Ing. Químico	Gabinete
3	Kilmenia Luna Campos	Bióloga	Campo/ Gabinete
4	Jorge Luis Peralta Argomeda	Biólogo	Gabinete
5	Norvin Plumieer Requena Sánchez	Ing. Sanitario	Gabinete



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

## 2. DATOS DE LA ACTIVIDAD REALIZADA

Los parámetros evaluados en la vigilancia ambiental en el área de influencia de la unidad minera Antapaccay se presentan en la Tabla 2.1.

**Tabla 2.1.** Parámetros evaluados

Matriz evaluada	Parámetros evaluados	Cantidad de estaciones
Agua (superficial, afloramientos y manantiales)	pH	16
	Temperatura	16
	Conductividad	16
	Oxígeno disuelto	16
	Metales totales	16
	Metales disueltos	4
	Sulfatos	16
Sedimento	Metales totales	12
Hidrobiología	Macroinvertebrados	12

En la Tabla 2.2 se presentan los parámetros que incumplen la normativa ambiental aprobada en los instrumentos de gestión ambiental del administrado<sup>1</sup> y normativa vigente (referencial).

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

Matriz	Cuerpo de agua	Código OEFA	Código IGA	Norma Ambiental	
				IGA <sup>1</sup>	Vigente o referencial <sup>2</sup>
				Marzo-2019	Marzo-2019
Agua (superficial, afloramientos y manantiales)	Quebrada Ccamacmayo	AS-29A	**	--	Fósforo
	Quebrada Ccamacmayo	AS-30	**	pH	pH
	Río Tintaya	AS-37	RT-03	pH, cobre, plomo, y zinc	pH, selenio
	Quebrada Yanamayo	AS-36	QY-02	Sulfatos. cobre y manganeso	Manganeso y selenio
	Quebrada Churupanca	AS-21	**	--	Fósforo
	Quebrada sin nombre 3	AS-22	**	pH, sulfatos	pH y fósforo
	Quebrada Churupanca	AS-23	**	pH	pH y fósforo
	Río Cañipia	AS-16	**	--	Fósforo
	Río Cañipia	AS-17	LB-AR-07	--	Fósforo
	Quebrada Alto Huarca	AS-07	**	pH	pH
Manantial	ASM-12	**	Oxígeno disuelto	Oxígeno disuelto	
Sedimentos	Río Tintaya	SED-37	**	--	Cobre
	Quebrada Yanamayo	SED-36	**	--	Cobre
	Quebrada sin nombre 3	SED-22	**	--	Arsénico y cobre
	Río Cañipia	SED-16	**	--	Cobre
	Río Cañipia	SED-17	LB-AR-07	--	Cobre
	Quebrada Alto Huarca	SED-07	**	--	Arsénico y cobre

<sup>(1)</sup> Agua Superficial: ECA para agua categoría 3 (riego de vegetales y bebida de animales) y categoría 4 (conservación del ambiente acuático, ríos de sierra y selva) aprobado mediante Decreto Supremo N.º 002-2008-MINAM.

Manantiales: ECA para agua categoría 1, A1 (Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección) y Categoría 3 aprobado mediante Decreto Supremo N.º 002-2008-MINAM

<sup>(2)</sup> Agua Superficial: ECA para agua categoría 3 (riego de vegetales y bebida de animales) y categoría 4 (conservación del ambiente acuático, ríos de sierra y selva) aprobado mediante Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM;

Manantiales: ECA para agua categoría 1, A1 (Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección) y categoría 3 aprobado mediante Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM

Sedimento: CEQG – SQG (*Canadian Environmental Quality Guidelines – Sediment Quality Guidelines for freshwater*): Guías de Calidad Ambiental Canadiense para Sedimentos de Aguas Continentales

(\*\*): No coincide con ningún punto IGA

(--): No aplica la comparación y/o no incumple el estándar de comparación

<sup>1</sup> Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto «Antapaccay – Expansión Tintaya», aprobado el 6 julio de 2010 por el Minem mediante R.D. N.º 225-2010-MEM-AAM.



### 3. ANTECEDENTES

En la unidad minera Antapaccay-Expansión Tintaya (en adelante, UM Antapaccay) se han realizado estudios ambientales e intervenciones relacionadas a la calidad ambiental. En el presente capítulo se nombran los principales antecedentes que han sido utilizados para la definición de la problemática, los objetivos, las actividades, la determinación de los puntos de monitoreo y el análisis de resultados.

La Dirección de Evaluación Ambiental del Organismo de Evaluación y Fiscalización (OEFA) ha realizado varias evaluaciones ambientales en el área de influencia de la UM Antapaccay, sin embargo para el análisis del presente informe se ha utilizado los resultados del informe N.º 012-2019-OEFA-DEAM-STEC concerniente a la «Evaluación Ambiental en el área de influencia de la unidad minera Antapaccay, de la Compañía Minera Antapaccay S.A.» aprobado el 6 de febrero de 2019, donde se evidenciaron 2 afloramientos procedentes del botadero Sur en dirección al río Cañipia (ASM-15 y ASM-16) con altas concentraciones de sulfato y selenio. Asimismo, se evidenció 1 afloramiento (AF-02) con origen en las megapozas, infiltrándose posteriormente con dirección al río Cañipia, con presencia de iones mayoritarios como  $\text{Na}^+$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  y  $\text{Mg}^{2+}$ .

Asimismo, se ha realizado la revisión de los instrumentos de gestión ambiental (IGA) correspondientes a la UM Antapaccay administrada por Compañía Minera Antapaccay S.A., aprobados por el Ministerio de Energía y Minas (Minem); y se ha utilizado para el análisis, los resultados contenidos en el «Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Antapaccay – Expansión Tintaya», aprobado el 6 de julio de 2010 por el Minem mediante R.D. N.º 225-2010-MEM-AAM; y en el «ITS Mejora Tecnológica en la Planta Concentradora Antapaccay con Incremento de la Capacidad de Procesamiento de Mineral y Reactivación de la Planta Concentradora Tintaya de la Unidad Minera Antapaccay Expansión Tintaya» aprobado el 2 de diciembre de 2014 por el Minem mediante R.D. N.º 590-2014-MEM-DGAAM.

Finalmente, la elaboración del presente informe se justifica en el cumplimiento del Plan Anual de Evaluación y Fiscalización Ambiental (Planefa 2019)<sup>2</sup>, que contempla la realización de la vigilancia ambiental en el área de influencia de la UM Antapaccay, en base a la evaluación realizada en marzo, el mismo que será derivado a la Dirección de Supervisión Ambiental en Energía y Minas.

### 4. OBJETIVO

#### 4.1. OBJETIVO GENERAL

Realizar la vigilancia ambiental en el área de influencia de la unidad minera Antapaccay de la Compañía Minera Antapaccay S.A.

#### 4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

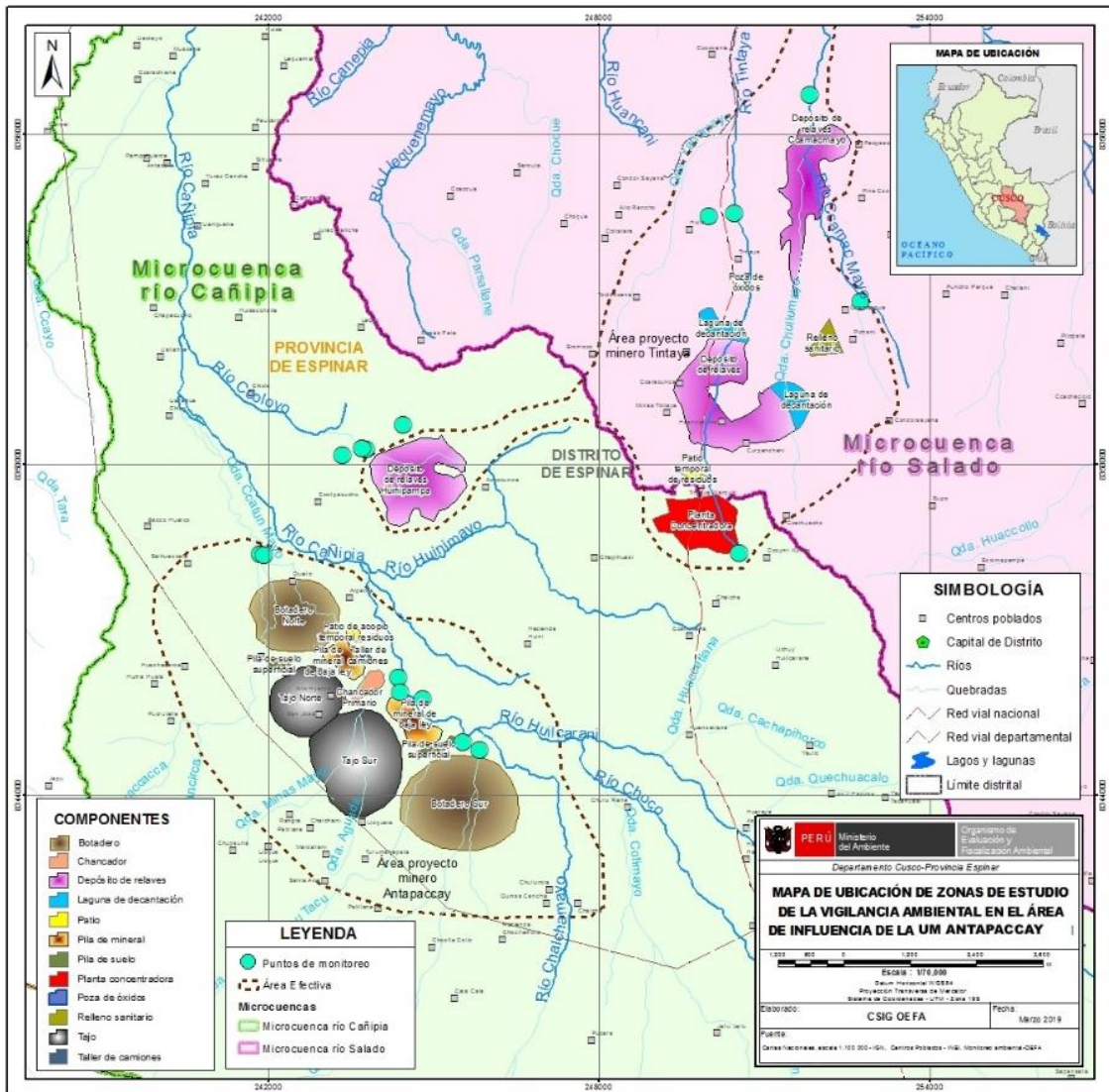
- Evaluar la calidad del agua superficial en las quebradas Ccatunmayo, Alto Huarca, Churupanca y Yanamayo; en los ríos Cañipia, Ccamacmayo y Tintaya; y en los afloramientos identificados próximos al depósito de relaves Huinipampa, Botadero Sur y Megapozas.
- Evaluar la calidad de sedimentos en las quebradas Ccatunmayo, Alto Huarca, Churupanca y Yanamayo; y en los ríos Cañipia, Ccamacmayo y Tintaya.
- Evaluar el comportamiento de macroinvertebrados bentónicos y la calidad ecológica en las quebradas Ccatunmayo, Alto Huarca, Churupanca y Yanamayo; y en los ríos Cañipia, Ccamacmayo y Tintaya.

<sup>2</sup> Plan Anual de Evaluación y Fiscalización Ambiental del OEFA correspondiente al año 2019, aprobado mediante Resolución de Consejo Directivo N.º 007-2019-OEFA/CD

## 5. ÁREA DE ESTUDIO

La UM Antapaccay se ubica en la zona sur de los andes del Perú, en el distrito y provincia Espinar, departamento Cusco. La unidad minera está localizada a 15 km del poblado de Yauri y aproximadamente a 255 km de las ciudades Cusco y Arequipa.

Los cuerpos de agua evaluados, son los influenciados por el área efectiva (instalaciones del proyecto) de la UM Antapaccay<sup>3</sup>, los mismos que para la elaboración del estudio, fueron divididos en 2 zonas según a la microcuenca a la que pertenecen: zona 1: Microcuenca del río Salado que comprende a la quebrada Yanamayo y los ríos Tintaya y Ccamacmayo; y la zona 2: Microcuenca del río Cañipia, que comprende a las quebradas Ccatunmayo, Alto Huarca, Churupanca y río Cañipia (Anexo 2).



**Figura 5.1.** Mapa de ubicación de las zonas de estudio de la vigilancia ambiental en el área de influencia de la unidad minera Antapaccay

Fuente: Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto «Antapaccay – Expansión Tintaya»

<sup>3</sup> Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto «Antapaccay – Expansión Tintaya», aprobado el 6 julio de 2010 por el Minem mediante R.D. N.º 225-2010-MEM-AAM.



## 6. METODOLOGÍA

En este apartado se presenta la metodología empleada en la vigilancia ambiental en el área de influencia de la UM Antapaccay. Dicha metodología está dividida para cada una de las matrices ambientales evaluadas.

### 6.1. Calidad de agua

En los apartados siguientes se muestra la metodología desarrollada para evaluar la calidad del componente agua, que comprende los protocolos utilizados para la toma de muestra, la ubicación de los puntos de monitoreo, equipos utilizados, los parámetros evaluados, los métodos de análisis y los criterios de evaluación.

#### 6.1.1. Protocolo de monitoreo

El protocolo de monitoreo utilizado se describe en la Tabla 6.1.

**Tabla 6.1.** Protocolo de monitoreo utilizado para calidad de agua

Matrices ambientales	Protocolo	Sección	País	Institución	Dispositivo legal	Año
Agua (superficial, afloramiento y manantial)	Protocolo nacional de monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales	Sección 6	Perú	Autoridad Nacional del Agua (ANA)	Resolución Jefatural 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)	Resolución Jefatural N.º 010-2016-ANA	2016
	Manual de hidrometría	Todo el manual	Perú	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (Senamhi)	--	2016

(--): No tiene disposición legal.

#### 6.1.2. Ubicación de los puntos de monitoreo

Para la realización de la vigilancia ambiental se determinó la toma de 17 puntos de monitoreo (Tabla 6.2), los cuales fueron seleccionados a partir de la revisión del Informe N.º 012-2019-OEFA-DEAM-STEC, y definidos en las reuniones de coordinación con personal de la Dirección de Supervisión Ambiental en Energía y Minas (DSEM), considerando dentro de ello, los siguientes criterios:

- Puntos establecidos en los IGA.
- Aguas arriba y aguas abajo de los vertimientos y componentes mineros.
- Puntos de agua asociados al uso poblacional que pudieran estar afectados por las actividades mineras del administrado.

**Tabla 6.2.** Puntos de monitoreo de calidad de agua

N.º	Código	Coordenadas UTM WGS 84 - Zona 19 L		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
		Este (m)	Norte (m)		
Zona 1: Microcuenca del río Salado					
1	AS-29A	252755	8352961	4072	Quebrada naciente del río Ccamacmayo A, margen derecha de la unión, lado rocoso.
2	AS-30	251817	8356713	3953	Río Ccamacmayo, aguas abajo de la presa de relaves Ccamacmayo y de la derivación del río Ccamacmayo.
3	AS-27 <sup>b</sup>	250546	8348386	4175	Río Tintaya, aguas arriba del área de Tintaya.



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

N.º	Código	Coordenadas UTM WGS 84 - Zona 19 L		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
		Este (m)	Norte (m)		
4	AS-37 <sup>b</sup>	250450	8354561	3971	Río Tintaya, aguas abajo de la planta de óxidos del área de Tintaya.
5	AS-36 <sup>bc</sup>	249993	8354508	3993	Quebrada Yanamayo, aguas abajo de la planta de óxidos del área de Tintaya.
Zona 2: Microcuenca del río Cañipia					
6	AS-21	244436	8350712	4016	Quebrada Churupanca, aguas arriba de la presa de relaves Huinipampa.
7	AS-22	243770	8350274	3985	Quebrada sin nombre 3, aproximadamente 200 m del dique de la presa de relaves Huinipampa y próximo a la planta de bombeo Huinipampa
8	AS-23	243698	8350299	3994	Quebrada Churupanca, ubicado aproximadamente a 280 m del dique de la presa de relaves Huinipampa y a aproximadamente 20 m aguas abajo de la confluencia de la quebrada sin nombre 3.
9	AS-16	244674	8345558	4000	Río Cañipia, aguas arriba del punto de vertimiento V-01, en el área de operaciones Antapaccay.
10	AS-17 <sup>b</sup>	244347	8346124	4008	Río Cañipia, aguas abajo del punto de vertimiento V-01, en el área de operaciones Antapaccay.
11	AS-07	241920	8348359	3981	Quebrada Alto Huarca, aguas arriba de la confluencia con la quebrada Ccatunmayo (Jutumayo).
12	AS-03	241838	8348367	3979	Quebrada Ccatunmayo (Jutumayo), aguas arriba de la confluencia con la quebrada Alto Huarca.
Afloramientos y manantiales					
13	AF-01 <sup>a</sup>	243340	8350173	3984	Manantial Huinipampa 1, ubicado al sureste del dique del depósito de relaves Huinipampa.
14	AF-02	244383	8345865	3999	Surgencia de agua subterránea (afloramiento), ubicado a 30 m al norte de las megapozas de captación de aguas proveniente de los Tajos.
15	ASM-16	245523	8344963	4021	Surgencia de agua subterránea (afloramiento), ubicado en la quebrada S/N a 400 m al norte del Botadero Sur, confluye al río Cañipia.
16	ASM-15	245836	8344823	4012	Surgencia de agua subterránea (afloramiento), ubicado en la quebrada Curupujyo a 120 m al norte del Botadero Sur.
17	ASM-12	244283	8340100	4226	Manantial Cotaña, ubicado en el sector Sol Naciente en la comunidad de Alto Huarca.

<sup>a</sup> No se realizó la toma de muestra por encontrarse sin flujo de agua.

<sup>b</sup> Los puntos de monitoreo AS-27, AS-37, AS-36 y AS-17 corresponden a los puntos IGA RT-01, RT-03, QY-02 y LB-AR-07 respectivamente

<sup>c</sup> Para el presente informe se considerará en la descripción que el punto AS-36 se encuentra ubicado aguas abajo del botadero 23.

### 6.1.3. Equipos utilizados, parámetros y metodología de análisis

Antes de salir a campo se realizó el ajuste y la verificación del multiparámetro, en la Tabla 6.3 se detallan los equipos empleados en a vigilancia ambiental.

**Tabla 6.3.** Equipos utilizados en el monitoreo de agua

Parámetro	Equipo	Marca	Modelo
Temperatura	Multiparámetro	HACH CO	HQ40d
pH			
Conductividad			
Oxígeno disuelto			
Caudal	Correntómetro	Global Water	FP111
-	GPS	Garmin	Montana 680
-	Cámara fotográfica digital	CANON	D30BL



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

En la Tabla 6.4 se detallan los parámetros evaluados y los métodos de análisis de las muestras de agua.

**Tabla 6.4.** Parámetros y métodos de análisis de las muestras de agua

Parámetro	Método	Técnica empleada
Metales totales por ICP-MS	EPA 6020A, Rev. 1 February 2007	Espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente
Metales disueltos por ICP-MS	EPA 6020A, Rev. 1 February 2007	
Sulfatos	EPA METHOD 300.1 Rev. 1,1997 (Validado). 2015	Determinación de aniones inorgánicos por Cromatografía iónica

Fuente: Informes de ensayo del laboratorio ALS LS Perú S.A.C.

#### 6.1.4. Procesamiento de datos

Los resultados analíticos obtenidos en la vigilancia ambiental fueron digitalizados y ordenados en una base de datos para cada parámetro evaluado, previa revisión que aseguren la inexistencia de datos erróneos.

#### 6.1.5. Criterios de evaluación

Para evaluar la calidad del agua superficial y manantiales se realizó la comparación con la normativa aprobada en el instrumento de gestión ambiental<sup>4</sup> del administrado; asimismo se realizó la comparación referencial con la normativa vigente (Tabla 6.5). Los afloramientos debido a que se encuentran influenciados por componentes mineros, fueron comparados con los Límites Máximos Permisibles para la descarga de efluentes líquidos de actividades minero-metalúrgicas tal como se detalla en la Tabla 6.5.

**Tabla 6.5.** Categorías de comparación empleados para agua superficial

Microcuenca	Cuerpo de agua	Categoría de comparación	Normativa de comparación
Microcuenca del río Salado	Río Ccamacmayo	Categoría 3: Riego de vegetales y Bebida de animales y Categoría 4: Conservación del ambiente acuático	Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM (referencial)
	Río Tintaya		
	Quebrada Yanamayo		
Microcuenca del río Cañipia	Quebrada Churupanca		
	Quebrada sin nombre 3		
	Río Cañipia		
	Quebrada Alto Huarca		
	Quebrada Ccatunmayo		
	Manantiales	Categoría 1: Poblacional y recreacional y Categoría 3: Riego de vegetales y Bebida de animales	
	Afloramientos	LMP para efluentes líquidos minero-metalúrgicos.	Decreto Supremo N.º 010-2010-MINAM

#### 6.2. Calidad de sedimento

En esta sección se proporciona la información concerniente a la metodología utilizada para la evaluación de sedimentos, como protocolos, ubicación de los puntos de monitoreo, equipos, parámetros, técnicas de análisis y criterios de evaluación.

<sup>4</sup> Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto «Antapaccay – Expansión Tintaya», Aprobado el 6 julio de 2010 por el Minem mediante R.D. N.º 225-2010-MEM-AAM.



### 6.2.1. Protocolos de monitoreo

Debido a que aún no se cuenta con un protocolo nacional para el monitoreo y evaluación de sedimentos en cuerpos de agua continental, se utilizó las referencias indicadas en la Tabla 6.6.

**Tabla 6.6.** Protocolo de monitoreo para calidad de sedimentos

Protocolo	Sección	País	Institución	Año
Procedimiento para el muestreo de aguas y sedimento 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

### 6.2.2. Ubicación de los puntos de monitoreo

Los puntos de monitoreo fueron 12, establecidos en los mismos puntos de monitoreo de agua superficial cuyas características permitan la toma de muestra de sedimento, indicados en la Tabla 6.7. Es preciso indicar que a la codificación de los puntos de monitoreo de agua «AS» se cambió por el prefijo «SED».

**Tabla 6.7.** Puntos de monitoreo de calidad de sedimentos

N.º	Código	Coordenadas UTM WGS 84 - Zona 19 L		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
		Este (m)	Norte (m)		
Zona 1: Microcuenca del río Salado					
1	SED-29A	252755	8352961	4072	Quebrada naciente del río Ccamacmayo A, margen derecha de la unión, lado rocoso.
2	SED-30	251817	8356713	3953	Río Ccamacmayo, aguas abajo de la presa de relaves Ccamacmayo y de la derivación del río Ccamacmayo.
3	SED-27	250546	8348386	4175	Río Tintaya, aguas arriba del área de Tintaya.
4	SED -37	250450	8354561	3971	Río Tintaya, aguas abajo de la planta de óxidos del área de Tintaya.
5	SED -36	249993	8354508	3993	Quebrada Yanamayo, aguas abajo de la planta de óxidos del área de Tintaya.
Zona 2: Microcuenca del río Cañipia					
6	SED-21	244436	8350712	4016	Quebrada Churupanca, aguas arriba de la presa de relaves Huinipampa.
7	SED-22	243770	8350274	3985	Quebrada sin nombre 3, aproximadamente 200 m del dique de la presa de relaves Huinipampa y próximo a la planta de bombeo Huinipampa
8	SED-23	243698	8350299	3994	Quebrada Churupanca, ubicado aproximadamente a 280 m del dique de la presa de relaves Huinipampa y a aproximadamente 20 m aguas debajo de la confluencia de la quebrada sin nombre 3.
9	SED-16	244674	8345558	4000	Río Cañipia, aguas arriba del punto de vertimiento V-01, en el área de operaciones Antapaccay.
10	SED-17	244347	8346124	4008	Río Cañipia, aguas abajo del punto de vertimiento V-01, en el área de operaciones Antapaccay.



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

N.º	Código	Coordenadas UTM WGS 84 - Zona 19 L		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
		Este (m)	Norte (m)		
11	SED-07	241920	8348359	3981	Quebrada Alto Huarca, aguas arriba de la confluencia con la quebrada Ccatunmayo (Jutumayo).
12	SED-03	241838	8348367	3979	Quebrada Ccatunmayo (Jutumayo), aguas arriba de la confluencia con la quebrada Alto Huarca.

### 6.2.3. Equipos utilizados, parámetros y metodologías de análisis

Las herramientas y equipos empleados para el muestreo se detallan en la Tabla 6.8.

**Tabla 6.8.** Equipos utilizados para el monitoreo de sedimento

N.º	Equipo	Marca	Modelo
1	Equipo de posicionamiento GPS	Garmin	Montana 680
2	Cámara fotográfica digital	CANON	D30BL

Los parámetros y métodos de análisis de las muestras de sedimentos se detallan en la Tabla 6.9.

**Tabla 6.9.** Parámetros y métodos de análisis de las muestras de sedimento

Parámetro	Método	Técnica empleada
Metales totales por ICP-OES	EPA 3050 B: 1996/ EPA 6010 B: 1996	Digestión ácida de sedimentos, lodos y sólidos / Espectrometría de emisión atómica con plasma acoplado inductivamente
Mercurio total	EPA 7471 B, Rev. 2, February 2007	Mercurio en sólidos y semisólidos (Técnica de vapor frío)

Fuente: Informes de ensayo del laboratorio ALS LS Perú S.A.C.

### 6.2.4. Procesamiento de datos

Los resultados analíticos obtenidos en la vigilancia ambiental fueron digitalizados y ordenados en una base de datos para cada parámetro evaluado, previa revisión que aseguren la inexistencia de datos erróneos.

### 6.2.5. Criterios de evaluación

Los resultados de la concentración de metales totales fueron comparados referencialmente con los valores de la guía de calidad ambiental para sedimento en cuerpos de agua dulce de Canadá (*Canadian Environmental Quality Guidelines - Sediment Quality Guidelines for Protection of Aquatic Life of Fresh water- CEQG-SQG*)<sup>5</sup>, la misma que es considerada en el instrumento de gestión ambiental del administrado<sup>6</sup>

Esta norma define 2 valores límites:

- *Interim Sediment Quality Guidelines - ISQG* (Directrices provisionales de calidad de sedimentos): Representan el nivel por debajo del cual no se esperan efectos biológicos adversos en los macroinvertebrados bentónicos.

<sup>5</sup> Canadian Council of Ministers of the Environment (2001). *Canadian Environmental Quality Guidelines. Sediment Quality Guidelines for Protection of Aquatic Life of Freshwater* (Valores guía de calidad ambiental de Canadá para sedimentos en cuerpos de agua dulce). Disponible en: [http://www.ccme.ca/en/resources/canadian\\_environmental\\_quality\\_guidelines/](http://www.ccme.ca/en/resources/canadian_environmental_quality_guidelines/).

<sup>6</sup> Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto «Antapaccay – Expansión Tintaya», Aprobado el 6 julio de 2010 por el Minem mediante R.D. N.º 225-2010-MEM-AAM.



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

- *Probable Effect Level - PEL* (Nivel de efecto probable): Representan el nivel por encima del cual usualmente o siempre está asociado a efectos biológicos adversos en los macroinvertebrados bentónicos.

### 6.3. Macroinvertebrados bentónicos

En esta sección se proporciona la información concerniente a la metodología utilizada para la evaluación de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos, como protocolos, ubicación de los puntos de monitoreo, equipos, parámetros, técnicas de análisis y análisis de datos.

#### 6.3.1. Protocolo de monitoreo

La metodología aplicada para la evaluación de la comunidad hidrobiológica de macroinvertebrados bentónicos tiene como base la guía «Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú» (Tabla 6.10).

**Tabla 6.10.** Protocolo de muestreo para la evaluación de macroinvertebrados bentónicos

Protocolo	Sección	País	Institución	Dispositivo legal	Año
Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú	5.1.2 Métodos de recolección cualitativos – bentos (macroinvertebrados)	Perú	Ministerio de Ambiente	----	2014

#### 6.3.2. Ubicación de los puntos de monitoreo

Los puntos de monitoreo son 12, los cuales fueron establecidos en los mismos cuerpos de agua donde se tomaron muestras de agua superficial, considerando las condiciones favorables para el desarrollo de los macroinvertebrados bentónicos. En la Tabla 6.11 se indica la descripción de los puntos. Es preciso indicar que a la codificación de los puntos de monitoreo de agua «AS» cambió por el prefijo «HB».

**Tabla 6.11.** Puntos de monitoreo de macroinvertebrados bentónicos

N.º	Código	Coordenadas UTM WGS 84 - Zona 19 L		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
		Este (m)	Norte (m)		
Zona 1: Microcuenca del río Salado					
1	HB-29A	252755	8352961	4072	Quebrada naciente del río Ccamacmayo A, margen derecha de la unión, lado rocoso.
2	HB-30	251817	8356713	3953	Río Ccamacmayo, aguas abajo de la presa de relaves Ccamacmayo y de la derivación del río Ccamacmayo.
3	HB-27	250546	8348386	4175	Río Tintaya, aguas arriba del área de Tintaya.
4	HB-37	250450	8354561	3971	Río Tintaya, aguas abajo de la planta de óxidos del área de Tintaya.
5	HB-36	249993	8354508	3993	Quebrada Yanamayo, aguas abajo de la planta de óxidos del área de Tintaya.
Zona 2: Microcuenca del río Cañipia					
6	HB -21	244436	8350712	4016	Quebrada Churupanca, aguas arriba de la presa de relaves Huinipampa.
7	HB-22	243770	8350274	3985	Quebrada sin nombre 3, aproximadamente 200 m del dique de la presa de relaves Huinipampa y próximo a la planta de bombeo Huinipampa
8	HB-23	243698	8350299	3994	Quebrada Churupanca, ubicado aproximadamente a 280 m del dique de la presa



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

N.º	Código	Coordenadas UTM WGS 84 - Zona 19 L		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
		Este (m)	Norte (m)		
					de relaves Huinipampa y a aproximadamente 20 m aguas abajo de la confluencia de la quebrada sin nombre 3.
9	HB-16	244674	8345558	4000	Río Cañipia, aguas arriba del punto de vertimiento V-01, en el área de operaciones Antapaccay.
10	HB-17	244347	8346124	4008	Río Cañipia, aguas abajo del punto de vertimiento V-01, en el área de operaciones Antapaccay.
11	HB-07	241920	8348359	3981	Quebrada Alto Huarca, aguas arriba de la confluencia con la quebrada Ccatunmayo (Jutumayo).
12	HB-03	241838	8348367	3979	Quebrada Ccatunmayo (Jutumayo), aguas arriba de la confluencia con la quebrada Alto Huarca.

### 6.3.3. Equipos utilizados, parámetros y metodologías de análisis

Antes de salir a campo se realizaron los ajustes y verificaciones de los equipos empleados, los mismos que se detallan en la Tabla 6.12.

**Tabla 6.12.** Equipos utilizados en el monitoreo de macroinvertebrados bentónicos

N.º	Equipo	Marca	Modelo
1	Equipo de posicionamiento GPS	GARMIN	Montana 680
2	Cámara fotográfica digital	CANON	D30BL
3	Red Surber	-	-

En la Tabla 6.13 se detallan los parámetros analizados y los métodos empleados para el análisis de las muestras hidrobiológicas.

**Tabla 6.13.** Parámetros y métodos de análisis hidrobiológicos

Parámetro	Método de ensayo de referencia	Unidad de conteo	Técnica empleada	Observaciones
Macroinvertebrados bentónicos	SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 10 500 C, 22nd Ed. 2012	Organismos/0,27m <sup>2</sup>	Identificación taxonómica y análisis cuantitativo	OEFA*

\* Las muestras fueron evaluadas por especialistas taxónomos de la Dirección de Evaluación Ambiental del OEFA.

### 6.3.4. Procesamiento de datos

En esta sección se describe las comunidades hidrobiológicas en cuanto a la composición, riqueza y abundancia, índice de diversidad alfa obtenidos en función de los reportes emitidos en los 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 influencia de la unidad Antapaccay. Esta clasificación taxonómica se encuentra en el Anexo 1 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/0,27 m<sup>2</sup>. Para esto, se utilizó un programa de procesamiento de datos que sistematizó los nombres y números de cada especie por cada punto de muestreo; 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 de Shannon-Wiener, que expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra, midiendo el grado promedio de incertidumbre en predecir a que especie pertenecerá un individuo seleccionado al azar de una colección (Moreno, 2001), tiene como fórmula:

$$H' = - \sum p_i \ln p_i \quad (6.1)$$

Donde  $p_i$ , es la abundancia proporcional de la especie «i».

El índice de Simpson ( $1 - \lambda$ ), que expresa diversidad de especies en una muestra (Moreno, 2001), tiene como fórmula:

$$1 - \lambda = 1 - \sum p_i^2 \quad (6.2)$$

Donde  $p_i$ , es la abundancia proporcional de la especie «i».

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

### c.1. 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 6.14) presente en cada punto de muestreo.

**Tabla 6.14.** 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

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
	Limnaeidae	3		Hydropsychidae	5
	Physidae	3	Lepidoptera	Pyralidae	4
	Planorbidae	3		Dryopidae	5
Bivalvia	Sphaeriidae	3		Elmidae	5
Amphipoda	Hyalellidae	6		Hydraenidae	5
Hydracarina		4		Lampyridae	5
	Leptophlebiidae	10		Psephenidae	5
	Oligoneuridae	10	Coleoptera	Ptilodactylidae	5
	Leptohiphidae	7		Scirtidae(helodidae)	5
	Baetidae	4		Gyrinidae	3
	Polythoridae	10		Dytiscidae	3
	Calopterygidae	8		Hydrophilidae	3
	Gomphidae	8		Staphylinidae	3
	Aeshnidae	6		Blepharoceridae	10
	Coenagrionidae	6		Athericidae	10
	Libellulidae	6		Simuliidae	5
	Perlidae	10		Tipulidae	5
	Gripopterygidae	10		Ceratopogonidae	4
	Corixidae	5		Dixidae	4
	Gerridae	5		Dolichopodidae	4
	Naucoridae	5		Empididae	4
	Notonectidae	5		Limoniidae	4
	Veliidae	5		Stratiomyidae	4
	Belostomatidae	4		Tabanidae	4
	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 R, Rios B, Rieradevall M y Pratt N. (2009).

La sumatoria obtenida se compara con la tabla de «estados de calidad ecológica de agua» (Tabla 6.15) propuesta por Acosta *et al.* (2009).

**Tabla 6.15.** Estados de calidad ecológica del agua según el ABI en Perú

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

Fuente: Acosta R, *et al.*, 2009.



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

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 3 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).

## 7. RESULTADOS

Con la finalidad de realizar la interpretación, el análisis de los resultados y evidenciar la posible alteración de los componentes ambientales: agua superficial, sedimento y macroinvertebrados bentónicos el estudio se dividió en 2 zonas, los mismos que se nombran a continuación:

- **Zona 1: Microcuenca del río Salado**

Comprende a las quebradas Ccamacmayo (AS-29A y AS-30), Yanamayo (AS-36) y río Tintaya (AS-27 y AS-37). En esta zona se encuentran el depósito de relaves Ccamacmayo, la planta de óxidos y el depósito de relaves extajo Tintaya.

- **Zona 2: Microcuenca del río Cañipia**

Comprende a las quebradas Churupanca (AS-21 y AS-23), sin nombre 3 (AS-22), Alto Huarca (AS-07), Ccatunmayo (AS-03) y río Cañipia (AS-16 y AS-17). También se considerará a los afloramientos (ASM-16, ASM-15 y AF-02) y manantiales (AF-01 y ASM-12). En esta zona se encuentran los botaderos sur y norte, tajos sur y norte, megapozas de captación de los tajos, efluente minero V-01, faja transportadora de mineral y el depósito de relaves Huinipampa.

Los resultados de los parámetros evaluados en la vigilancia ambiental se muestran en el Anexo 1. A continuación, se presentan solamente los resultados de los parámetros que superaron los estándares de comparación de agua y sedimento, así como el análisis de macroinvertebrados bentónicos.

### 7.1. Zona 1: Microcuenca del río Salado

#### 7.1.1. Agua superficial

Los resultados de los parámetros evaluados fueron comparados con los ECA para agua Categoría 3, en las subcategorías D1: Riego de vegetales y D2: Bebida de animales y Categoría 4: Conservación del ambiente acuático, en la subcategoría E2: Ríos de Costa y Sierra, señalados en el D.S. N° 002-2008-MINAM; y de manera referencial con los estándares señalados en el D.S. N° 004-2017-MINAM.

En la Tabla 7.1 se muestra los parámetros de campo que incumplieron los ECA para agua.

**Tabla 7.1.** Resultados de los parámetros de campo de los puntos de monitoreo de agua en la microcuenca del río Salado

Cuerpo de agua	Código	pH	T	OD	CE	Q
		Unidad de pH	°C	mg/L	µs/cm	m <sup>3</sup> /s
Río Ccamacmayo	AS-29A	8,03	16,6	5,84	130,4	0,0375
Río Ccamacmayo	AS-30	8,63	18,4	6,05	198,1	0,0724

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

Cuerpo de agua	Código	pH	T	OD	CE	Q	
		Unidad de pH	°C	mg/L	µs/cm	m <sup>3</sup> /s	
Río Tintaya	AS-27	7,49	18,5	5,17	62,1	0,0206	
Río Tintaya	AS-37	8,64	15,1	6,96	846,0	0,0426	
Quebrada Yanamayo	AS-36	7,97	16,1	8,1	1085	0,0003	
ECA 2008	Categoría 3	Riego de vegetales	6,5 - 8,5	Δ 3	≥4	<2000	**
		Bebida de animales	6,5 - 8,4	Δ 3	>5	≤5000	**
	Categoría 4	Ríos de costa y sierra	6,5 - 8,5	Δ 3	≥5	**	**
ECA 2017	Categoría 3	D1: Riego de vegetales	6,5 - 8,5	Δ 3	>=4	2500	**
		D2: Bebida de animales	6,5 - 8,4	Δ 3	>=5	5000	**
	Categoría 4	E2: Ríos de costa y sierra	6,5 - 9,0	Δ 3	>=5	1000	**

T: Temperatura, OD: Oxígeno disuelto, CE: Conductividad eléctrica, Q: Caudal.

  : Incumple al menos uno de los valores de los ECA para agua Categoría 3 y/o Categoría 4

ECA 2008: Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para agua (Decreto Supremo N.° 002-2008-MINAM).

ECA 2017: Estándares de Calidad Ambiental para agua (Decreto Supremo N.° 004-2017-MINAM)

\*\* : No establecido en los ECA para la categoría correspondiente.

De acuerdo con la Tabla 7.1, los valores de potencial de hidrógeno (pH) obtenidos en la quebrada Ccamacmayo (AS-30) y río Tintaya (AS-37) presentaron valores que incumplieron con el rango establecido en los ECA para agua Categoría 3 y Categoría 4 (2008 y 2017).

En la Tabla 7.2 se presenta los resultados de los parámetros de sulfatos y metales totales que superaron los estándares de comparación.

**Tabla 7.2.** Resultados de sulfatos y metales de los puntos de monitoreo de agua en la microcuenca del río Salado

Cuerpo de agua	Código	Sulfato	Cobre total	Manganeso total	Fósforo total	Plomo total	Selenio total	Zinc total	
		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	
Río Ccamacmayo	AS-29A	7,221	0,00846	0,03792	0,079	0,0009	<0,0004	0,0222	
	AS-30	43,71	0,00622	0,03009	0,037	<0,0002	0,0029	0,0211	
Río Tintaya	AS-27	4,415	0,00263	0,02677	0,048	0,0007	<0,0004	0,0182	
	AS-37	274,3	0,06592	0,06622	0,050	0,0012	0,0255	0,0310	
Quebrada Yanamayo	AS-36	421,8	0,08342	0,27146	0,050	<0,0002	0,0056	0,0210	
ECA 2008	Categoría 3	RV	300	0,2	0,2	**	0,05	0,05	2
		BA	500	0,5	0,2	**	0,05	0,05	24
	Categoría 4:	RC y S	**	0,02	**	**	0,001	**	0,03
ECA 2017	Categoría 3	D1: RV	1000	0,2	0,2	**	0,05	0,02	2
		D2: BA	1000	0,5	0,2	**	0,05	0,05	24
	Categoría 4	E2: RC y S	**	0,1	**	0,05	0,0025	0,005	0,12

RV: Riego de Vegetales, BA: Bebida de Animales, RC y S: Ríos de Costa y Sierra

  Incumple al menos uno de los valores de los ECA para agua Categoría 3 y/o Categoría 4 (2008 y 2017).

ECA 2008: Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para agua (Decreto Supremo N.° 002-2008-MINAM).

ECA 2017: Estándares de Calidad Ambiental para agua (Decreto Supremo N.° 004-2017-MINAM)

\*\* : No establecido en los ECA para la categoría correspondiente.

En relación con la comparación con los ECA para agua 2008, las concentraciones de sulfatos en el punto de monitoreo AS-36 (quebrada Yanamayo) superaron los ECA para agua Categoría 3, riego de vegetales, mientras que las concentraciones de cobre en los puntos de monitoreo AS-37 (río Tintaya) y AS-36 (quebrada Yanamayo); y las concentraciones de plomo y zinc en el punto de monitoreo AS-37 (río Tintaya) superaron los ECA para agua Categoría 4, ríos de costa y sierra. Finalmente, la concentración de



manganeso en el punto AS-36 (quebrada Yanamayo) superó los ECA para agua Categoría 3.

Respecto a la comparación con los ECA para agua 2017, la concentración de manganeso en el punto de monitoreo AS-36 (quebrada Yanamayo) superó los ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2, mientras que la concentración de selenio en el punto de monitoreo AS-37 superó los ECA para agua Cat3D1 y Cat4E2; y en el en el punto de monitoreo AS-36 (quebrada Yanamayo) superó los ECA para agua Cat4E2. Finalmente, la concentración de fósforo en el punto AS-29A (quebrada Ccamacmayo) superó los ECA para agua Cat4E2.

### 7.1.2. Sedimentos

Los resultados de los parámetros evaluados fueron comparados con los valores de la guía canadiense para sedimentos de aguas continentales (*Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life* [CSQG-SQG]) denominada en adelante guía canadiense.

En la Tabla 7.3 se presentan las concentraciones de metales que superaron la guía de calidad ambiental canadiense (valores ISQG y PEL) en al menos uno de los puntos evaluados.

**Tabla 7.3.** Resultados de metales totales en sedimento en la microcuenca del río Salado

Cuerpo de agua	Código	Arsénico total	Cobre total	Plomo total	Zinc total
		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Río Ccamacmayo	SED-29A	< 17,5	21,7	< 10	11,0
	SED-30	< 17,5	148,5	< 10	21,9
Río Tintaya	SED-27	< 17,5	57,0	10	93,4
	SED-37	< 17,5	551,4	13	77,3
Quebrada Yanamayo	SED-36	< 17,5	2534	38	160,1
CEQG-SQG	ISQG	5,9	35,7	35	123
	PEL	17	197	91,3	315

: Resultado que supera el valor ISQG, pero no el Valor PEL de las CEQG-SQG.

: Resultado que supera el valor PEL de las CEQG-SQG

ISQG (Interim Sediment Quality Guideline): Concentración por debajo de la cual no se debe presentar efecto biológico adverso en los macroinvertebrados bentónicos.

PEL (Probable Effect Level): Concentración sobre por encima de la cual se encuentran efectos biológicos adversos con frecuencia en los macroinvertebrados bentónicos.

De acuerdo con la Tabla 7.3, las concentraciones de cobre superaron el valor ISQG de la guía canadiense en los puntos de monitoreo SED-30 (río Ccamacmayo) y SED-27 (río Tintaya); y el valor PEL en los puntos de monitoreo SED-37 (río Tintaya) y SED-36 (quebrada Yanamayo). Por otro lado, las concentraciones de plomo y zinc superaron el valor ISQG de la guía canadiense en el punto SED-36 (quebrada Yanamayo).

### 7.1.3. Macroinvertebrados bentónicos

#### • Riqueza

En la zona 1, la comunidad de macroinvertebrados bentónicos estuvo representada por 30 especies, agrupadas en 4 phyla, 5 clases y 10 órdenes. El orden Díptera registró la mayor riqueza con 12 especies, seguida por el orden Coleóptera con 8 especies. En el Anexo 1 se presenta el registro completo de las especies de macroinvertebrados bentónicos.

En la Figura 7.1 se presentan los resultados de la riqueza de macroinvertebrados bentónicos por punto de monitoreo. Se observó que el punto de monitoreo HB-30, ubicado en el río Ccamacmayo, registró la mayor riqueza con 15 especies; mientras que, el punto de monitoreo HB-37, ubicado en el río Tintaya, registró la menor riqueza con 7 especies.



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

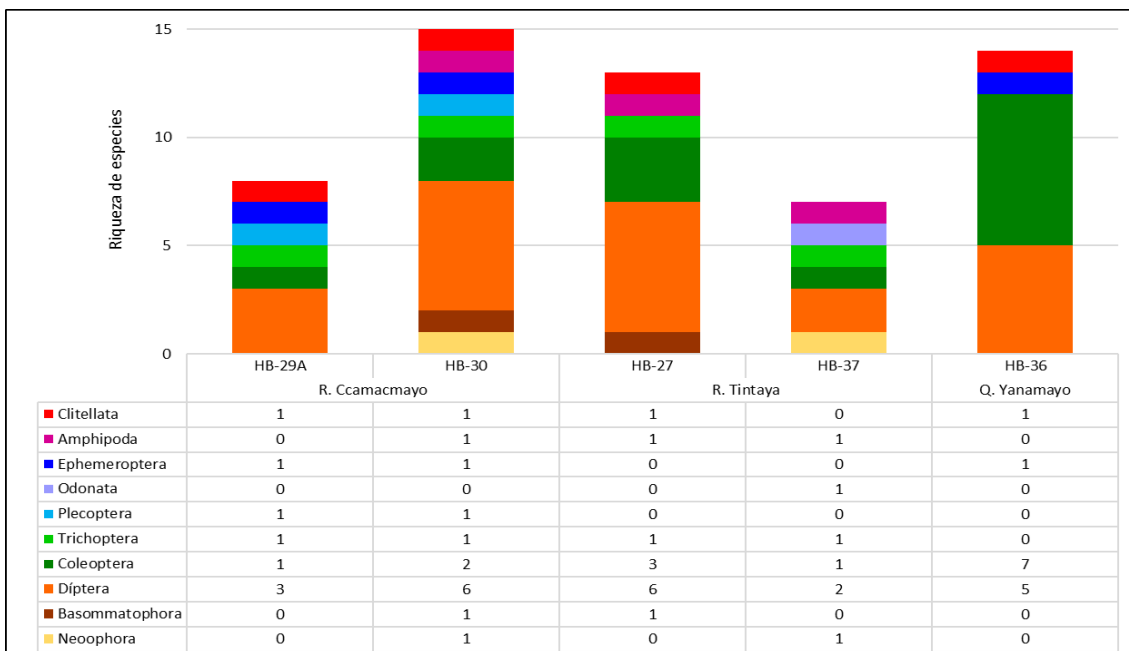


Figura 7.1. Riqueza de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por orden en la microcuenca del río Salado

• Abundancia

En la Figura 7.2 se presentan los resultados de la abundancia de macroinvertebrados bentónicos por punto de monitoreo. Se observó que el punto de monitoreo HB-37, ubicado en el río Tintaya, registró la mayor abundancia con 899 individuos; mientras que, el punto de monitoreo HB-29A, ubicado en el río Ccamacmayo, registró la menor abundancia con 104 individuos.

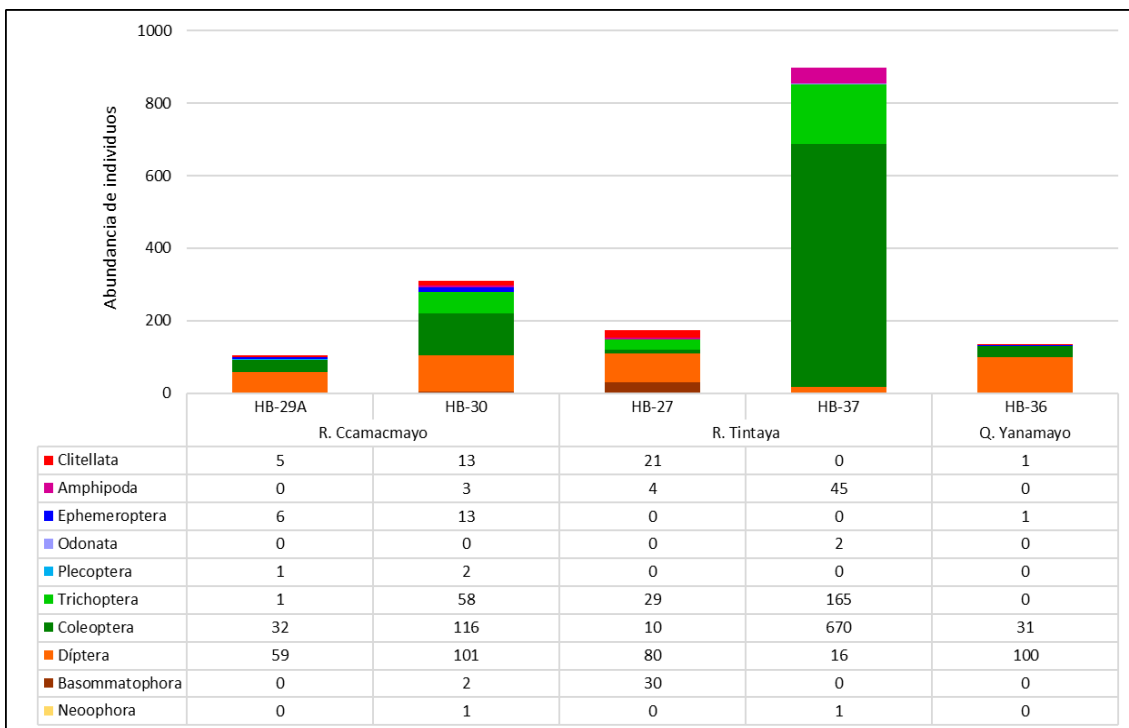


Figura 7.2. Abundancia de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por orden en la microcuenca del río Salado



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

• **Índices de diversidad**

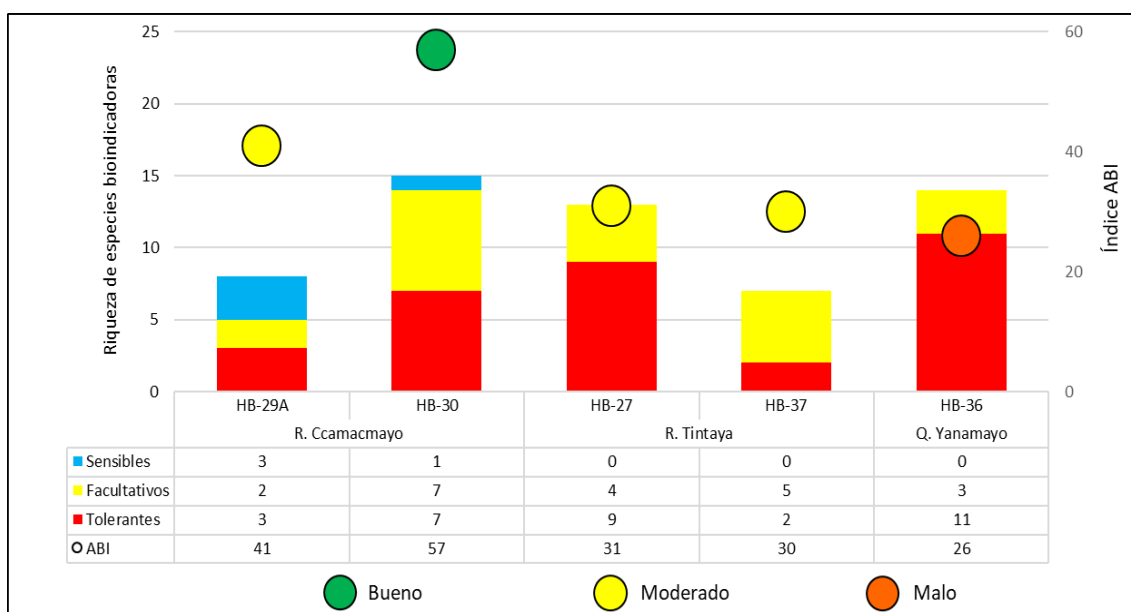
En la Tabla 7.4 se presentan los resultados de los índices de diversidad alfa: riqueza de especies, abundancia, diversidad de Shannon-Wiener ( $H'$ ), diversidad de Simpson ( $1-\lambda$ ), dominancia de Simpson ( $\lambda$ ) y equidad de Pielou ( $J'$ ), por punto de monitoreo. Se observó que el punto HB-30 (río Ccamacmayo) registró la mayor riqueza con 15 especies; mientras que, el punto HB-27 (río Tintaya) registró los mayores valores diversidad de Shannon-Wiener (3,061) y diversidad de Simpson (0,862); los cuales se vieron reflejados en un alto valor de equidad de Pielou (0,827), que indica una distribución homogénea de la abundancia de individuos por especie registrada para dicho punto.

**Tabla 7.4.** Índices de diversidad alfa de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por punto de monitoreo en la microcuenca del río Salado

Cuerpo de agua	R. Ccamacmayo		R. Tintaya		Q. Yanamayo
Puntos de monitoreo	HB-29A	HB-30	HB-27	HB-37	HB-36
Riqueza de especies (S)	8	15	13	7	14
Abundancia de individuos (N)	104	309	174	899	133
Diversidad de Shannon-Wiener ( $H'$ )	2,311	2,511	3,061	1,121	2,976
Dominancia de Simpson ( $\lambda$ )	0,250	0,242	0,138	0,592	0,156
Diversidad de Simpson ( $1-\lambda$ )	0,750	0,758	0,862	0,408	0,844
Equidad de Pielou ( $J'$ )	0,770	0,643	0,827	0,399	0,782

• **Índice biótico andino y especies bioindicadoras**

En la Figura 7.3 se presentan los resultados de la calidad ecológica del agua por punto de monitoreo, determinada referencialmente a partir del índice biótico andino (ABI); asimismo, se describe el comportamiento de las especies bioindicadoras, clasificadas referencialmente a partir del índice mencionado. Se observó que el punto de monitoreo HB-30 (río Ccamacmayo) registró el mayor valor con 57, que corresponde a una buena calidad ecológica del agua; asimismo, se observó una especie sensible (*Claudioperla* sp.). Por otro lado, el punto HB-36 (quebrada Yanamayo) registró el menor valor con 26 que corresponde a una mala calidad ecológica del agua; asimismo, presentó el mayor número de especies tolerantes (11 especies).



**Figura 7.3.** Índice biótico andino (ABI) y riqueza de especies bioindicadoras en la microcuenca del río Salado



## 7.2. Zona 2: Microcuenca del río Cañipia

### 7.2.1. Agua superficial

Los resultados de los parámetros evaluados fueron comparados con los ECA para agua Categoría 3, en las subcategorías D1: Riego de vegetales y D2: Bebida de animales (Cat3D1 y Cat3D2, respectivamente) y Categoría 4: Conservación del ambiente acuático, en la subcategoría E2: Ríos de Costa y Sierra (Cat4E2), señalados en el D.S. N° 002-2008-MINAM; y de manera referencial con los estándares señalados en el D.S. N° 004-2017-MINAM.

En la Tabla 7.5 se muestra los parámetros de campo que incumplieron los ECA para agua, Categoría 3 y Categoría 4.

**Tabla 7.5.** Resultados de los parámetros de campo de los puntos de monitoreo de agua en la microcuenca del río Cañipia

Cuerpo de agua	Código	pH	T	OD	CE	Q	
		Unidad de pH	°C	mg/L	µs/cm	m3/s	
Quebrada Churupanca	AS-21	7,6	19,2	5,42	80,5	0,0269	
Quebrada sin nombre 3	AS-22	8,53	26,9	8,82	1276	-	
Quebrada Churupanca	AS-23	9,20	20,8	7,97	122,6	0,0239	
Río Cañipia	AS-16	7,89	16,3	6,30	117,1	-	
Río Cañipia	AS-17	7,99	15,2	7,02	241,0	-	
Quebrada Alto Huarca*	AS-07	8,57	13,3	7,03	268,0	0,0442	
Quebrada Ccatunmayo*	AS-03	8,25	12,4	6,79	125,9	0,3750	
ECA 2008	Categoría 3	Riego de vegetales	6,5 - 8,5	Δ 3	≥4	<2000	**
		Bebida de animales	6,5 - 8,4	Δ 3	>5	≤5000	**
	Categoría 4	Ríos de costa y sierra	6,5 - 8,5	Δ 3	≥5	**	**
ECA 2017	Categoría 3	D1: Riego de vegetales	6,5 - 8,5	Δ 3	≥4	2500	**
		D2: Bebida de animales	6,5 - 8,4	Δ 3	≥5	5000	**
	Categoría 4	E2: Ríos de costa y sierra	6,5 - 9,0	Δ 3	≥5	1000	**

T: Temperatura, OD: Oxígeno disuelto, CE: Conductividad eléctrica, Q: Caudal

■ Incumple al menos uno de los valores de los ECA para agua categoría 3 y Categoría 4

ECA 2008: Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para agua (Decreto Supremo N.° 002-2008-MINAM).

ECA 2017: Estándares de Calidad Ambiental para agua (Decreto Supremo N.° 004-2017-MINAM)

\*\* : No establecido en los ECA para la categoría correspondiente.

\*: Quebradas comparadas solo con la Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales (2008 y 2017).

De acuerdo con la Tabla 7.5, los valores de potencial de hidrógeno (pH) obtenidos en el punto de monitoreo AS-22 (quebrada sin nombre 3) incumplieron el rango establecido en los ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2 (2008 y 2017) y Cat4E2 (2008), mientras que el punto AS-23 (quebrada Churupanca) incumplió el rango de los ECA para agua Cat3D1, Cat3D2 y Cat4E2 (2008 y 2017); por otro lado, la quebrada Alto Huarca (AS-07) comparada solo con los ECA para agua Categoría 3, incumple la misma en sus 2 subcategorías (2008 y 2017).

En la Tabla 7.6 se presenta los resultados de los parámetros de sulfatos y metales totales de los parámetros que superaron el estándar de comparación.

**Tabla 7.6.** Resultados de sulfatos y fósforo de los puntos de monitoreo de agua en la microcuenca del río Cañipia

Cuerpo de agua	Código	Sulfatos	Fósforo
		mg/L	mg/L
Quebrada Churupanca	AS-21	2,723	0,052
Quebrada sin nombre 3	AS-22	464,4	0,060
Quebrada Churupanca	AS-23	6,913	0,054

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

Cuerpo de agua		Código	Sulfatos	Fósforo
			mg/L	mg/L
Río Cañipia		AS-16	17,3	0,053
Río Cañipia		AS-17	42,45	0,057
Quebrada Alto Huarca		AS-07	33,17	0,058
Quebrada Ccatunmayo		AS-03	3,153	0,082
ECA 2008	Categoría 3	Riego de vegetales	300	**
		Bebida de animales	500	**
	Categoría 4	Ríos de costa y sierra	**	**
ECA 2017	Categoría 3	D1: Riego de vegetales	1000	**
		D2: Bebida de animales	1000	**
	Categoría 4	E2: Ríos de costa y sierra	**	0,05

■ Incumple al menos uno de los valores de los ECA para agua categoría 3 y Categoría 4.

ECA 2008: Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para agua (Decreto Supremo N.º 002-2008-MINAM).

ECA 2017: Estándares de Calidad Ambiental para agua (Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM)

\*\* : No establecido en los ECA para la categoría correspondiente.

De acuerdo con la Tabla 7.6, de todos los puntos de monitoreo solo la concentración de sulfatos del punto AS-22 en la quebrada sin nombre 3, superó los ECA para agua Categoría 3, riego de vegetales (2008), mientras que la concentración de fósforo superó los ECA para agua Cat4E2 (2017) en los puntos ubicados en la quebrada Churupanca (AS-21, AS-22 y 23) y río Cañipia (AS-16 y AS-17).

Con respecto a los metales totales en todos los puntos evaluados cumplieron con los ECA para agua Categoría 3 y Categoría 4 (2008 y 2017).

En esta zona se han evaluado 3 afloramientos de códigos ASM-15, ASM-16 y AF-02, los cuales cumplieron con los Límites Máximos Permisibles para la descarga de efluentes líquidos de actividades minero – metalúrgicas contenidos en el D.S. N° 010-2010-MINAM (en adelante LMP).

Finalmente, también se han evaluado 2 manantiales en esta zona, uno de código AF-01, el mismo que estaba seco; y otro de código ASM-12, el cual fue comparado con la Categoría 1, Poblacional y Recreacional, aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección y Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales (2008 y 2017), el mismo que registró una concentración de oxígeno disuelto de 4,82 mg/L el cual se encuentra por debajo del rango de la Categoría 1 y de la categoría 3, bebida de animales (2008 y 2017).

### 7.2.2. Sedimento

En la Tabla 7.7 se presentan las concentraciones de metales que superaron la guía de calidad ambiental canadiense para la protección de la vida acuática (valores ISQG y PEL) en al menos uno de los puntos evaluados:

**Tabla 7.7.** Resultados de metales en sedimento en la microcuenca del río Cañipia

Cuerpo de agua	Código	Arsénico	Cobre	Plomo	Zinc
		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Quebrada Churupanca	SED-21	< 17,5	< 4,0	< 10	15,0
Quebrada sin nombre 3	SED-22	26,0	201,4	< 10	88,8
Quebrada Churupanca	SED-23	< 17,5	34,2	< 10	62,2
Río Cañipia	SED-16	< 17,5	329,0	30	85,6
	SED-17	< 17,5	343,8	34	107,0
Quebrada Alto Huarca	SED-07	24,1	838,3	11	51,9
Quebrada Ccatunmayo	SED-03	< 17,5	10,7	< 10	23,8
CEQG-SQG	ISQG	5,9	35,7	35	123
	PEL	17	197	91,3	315

■ : Resultado que supera el valor ISQG y PEL de las CEQG-SQG

ISQG (Interim Sediment Quality Guideline): Concentración por debajo de la cual no se debe presentar efecto biológico adverso

PEL (Probable Effect Level): Concentración sobre la cual se encuentran efectos biológicos adversos con frecuencia



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

De acuerdo a la Tabla 7.7 la concentración de arsénico superó el valor PEL de la guía canadiense en el punto de monitoreo SED-22 (quebrada sin nombre 3), mientras que la concentración de cobre superó el valor PEL de la guía en mención en los puntos de monitoreo SED-22 (quebrada sin nombre 3), SED-16 y SED-17 (río Cañipia) y SED-07 (quebrada Alto Huarca).

7.2.3. Macroinvertebrados bentónicos

Riqueza

En la zona 2, la comunidad de macroinvertebrados bentónicos estuvo representada por 33 especies, agrupadas en 4 phyla, 6 clases y 12 órdenes. El orden Díptera registró la mayor riqueza con 13 especies, seguida por el orden Coleoptera con 7 especies. En el Anexo 1 se presenta el registro completo de las especies de macroinvertebrados bentónicos.

En la Figura 7.4 se presentan los resultados de la riqueza de macroinvertebrados bentónicos por punto de monitoreo. Se observó que el punto HB-03, ubicado en la quebrada Ccatunmayo, registró la mayor riqueza con 22 especies; mientras que, el punto HB-22, ubicado en la quebrada sin nombre 3, registró la menor riqueza con 10 especies.

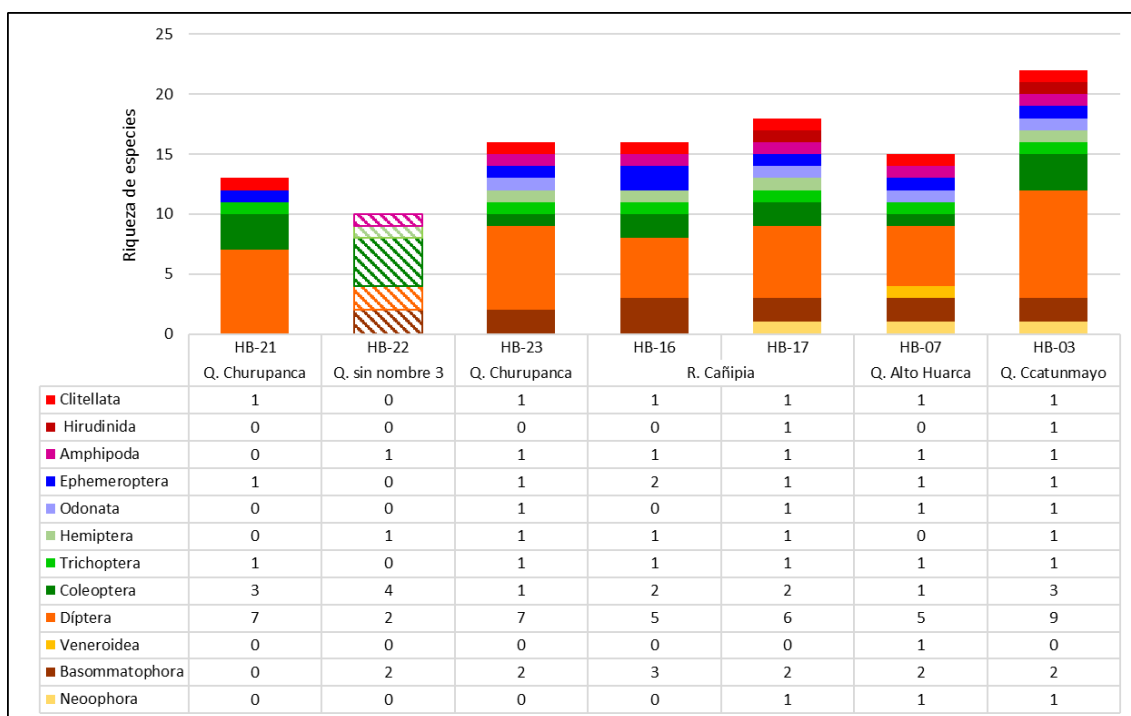


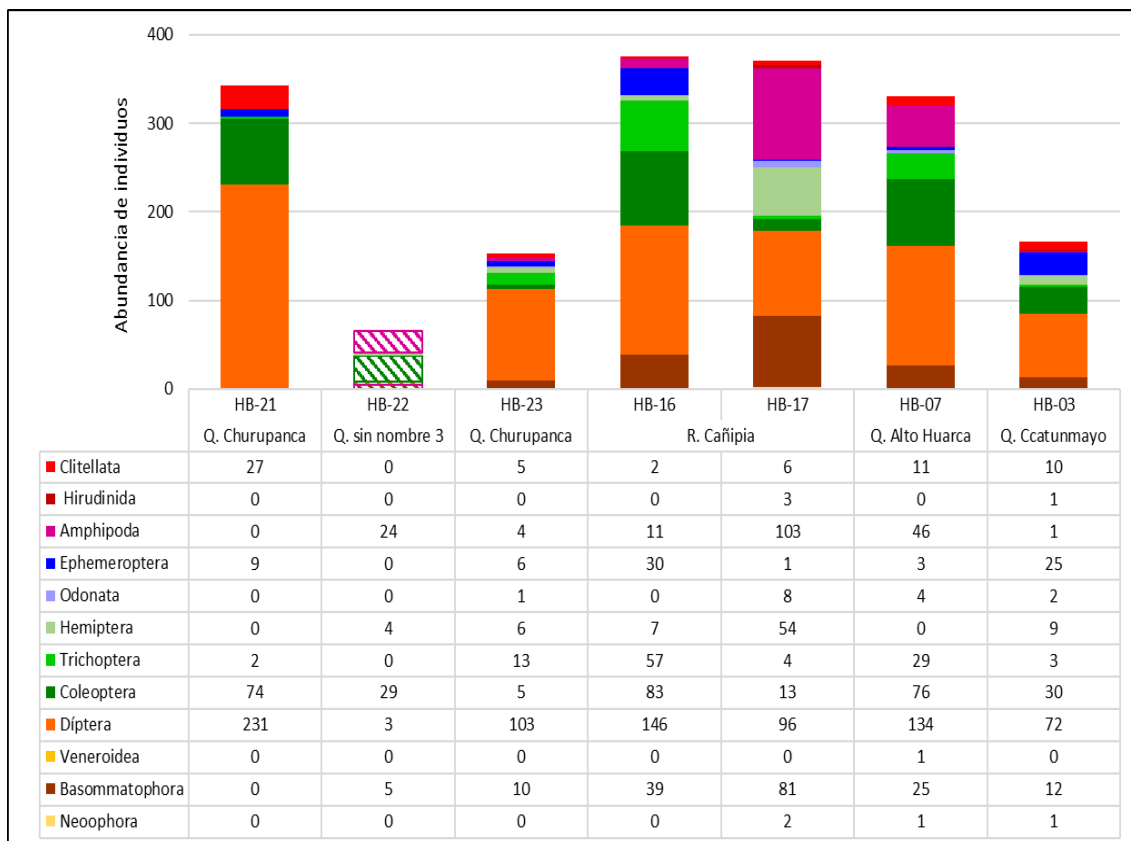
Figura 7.4. Riqueza de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por orden en la microcuenca del río Cañipia. Los colores sólidos representan el cauce principal y los colores en tramas representan los tributarios

Abundancia

En la Figura 7.5 se presentan los resultados de la abundancia de macroinvertebrados bentónicos por punto de monitoreo. Se observó que el punto de monitoreo HB-16, ubicado en el río Cañipia, registró la mayor abundancia con 375 individuos; mientras que, el punto de monitoreo HB-22, ubicados en la quebrada sin nombre 3, registró la menor abundancia con 65 individuos.



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 la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por orden en la microcuenca del río Cañipia. Los colores sólidos representan el cauce principal y los colores en tramas representan los tributarios

• **Índices de diversidad**

En la Tabla 7.8 se presentan los resultados de los índices de diversidad alfa: riqueza de especies, abundancia, diversidad de Shannon-Wiener ( $H'$ ), diversidad de Simpson ( $1-\lambda$ ), dominancia de Simpson ( $\lambda$ ) y equidad de Pielou ( $J'$ ), por punto de monitoreo. Se observó que el punto de monitoreo HB-03 (quebrada Ccatunmayo) registró los mayores valores de riqueza con 22 especies, diversidad de Shannon-Wiener con 3,375 y diversidad de Simpson con 0,853; los cuales se vieron reflejados en un alto valor de equidad de Pielou (0,757), que indica una distribución homogénea de la abundancia de individuos por especie registrada para dicho punto.

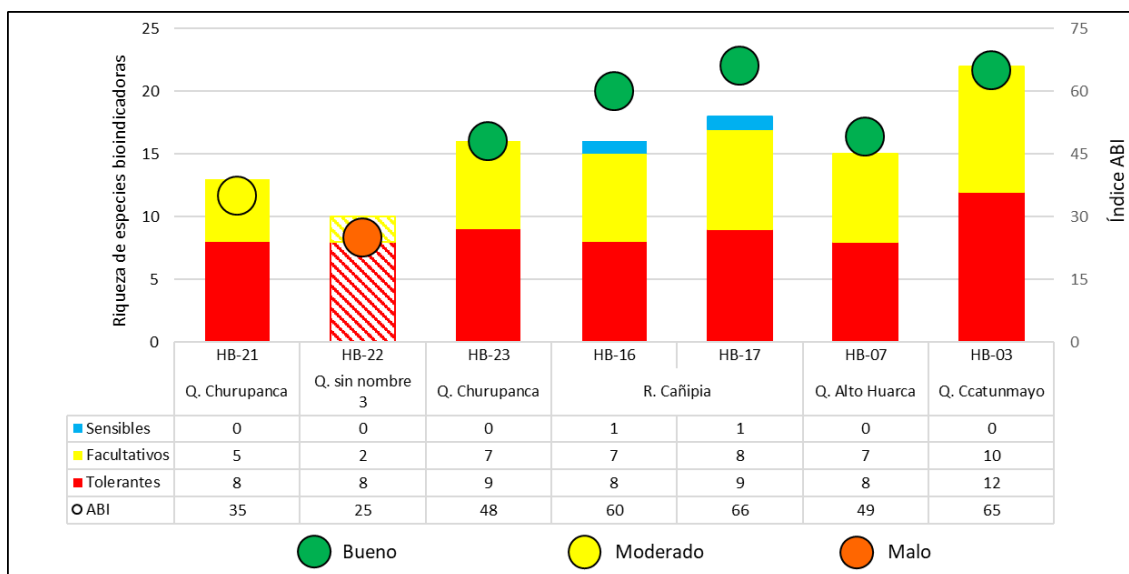
**Tabla 7.8.** Índices de diversidad alfa de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por punto de monitoreo en la microcuenca del río Cañipia

Cuerpo de agua	Q. Churupanca	Q. sin nombre 3	Q. Churupanca	R. Cañipia		Q. Alto Huarca	Q. Ccatunmayo
Puntos de monitoreo	HB-21	HB-22	HB-23	HB-16	HB-17	HB-07	HB-03
Riqueza de especies (S)	13	10	16	16	18	15	22
Abundancia de individuos (N)	343	65	153	375	371	330	166
Diversidad de Shannon-Wiener ( $H'$ )	1,991	2,591	3,122	2,806	2,972	2,633	3,375
Dominancia de Simpson ( $\lambda$ )	0,386	0,223	0,172	0,191	0,171	0,220	0,147
Diversidad de Simpson ( $1-\lambda$ )	0,614	0,777	0,828	0,809	0,829	0,780	0,853
Equidad de Pielou ( $J'$ )	0,538	0,780	0,781	0,702	0,713	0,674	0,757

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

• **Índice biótico andino y especies bioindicadoras**

En la Figura 7.6 se presentan los resultados de la calidad ecológica del agua por punto de monitoreo, determinada referencialmente a partir del índice biótico andino (ABI); asimismo, se describe el comportamiento de las especies bioindicadoras, clasificadas referencialmente a partir del índice mencionado. Se observó que el punto de monitoreo HB-17 (río Cañipia) registró el mayor valor con 66 que corresponde a una buena calidad ecológica del agua; asimismo, se observó una especie sensible (*Meridialaris* sp.). Por otro lado, el punto de monitoreo HB-22 (quebrada sin nombre 3) registró el menor valor con 25 que corresponde a una mala calidad ecológica del agua; asimismo, no presentó especies sensibles, pero si tolerantes (8 especies) y facultativas (2 especies).



**Figura 7.6.** Índice biótico andino (ABI) y riqueza de especies bioindicadoras en la microcuenca del río Cañipia. Los colores sólidos representan el cauce principal y los colores en tramas representan los tributarios

**8. DISCUSIÓN**

El presente estudio tuvo como objetivo principal realizar la vigilancia ambiental en el área de influencia de la UM Antapaccay, para lo cual se evaluó la calidad de agua, la calidad de sedimento; y el comportamiento de los macroinvertebrados bentónicos, así como la calidad ecológica. Para el análisis e interpretación de los datos, el área fue dividida en 2 zonas distribuidas tal como se indicó en el capítulo de resultados.

Los resultados obtenidos fueron comparados con la data de estudios previos realizados por el OEFA en el año 2018<sup>7</sup>, así como los resultados de la línea base de los instrumentos de gestión ambiental<sup>8</sup> reportados por Compañía Minera Antapaccay S.A. de los puntos de monitoreo cuyas ubicaciones coinciden.

A continuación, se detalla el análisis de los componentes agua superficial, sedimento e hidrobiología por zonas.

<sup>7</sup> Informe N.º 012-2019-OEFA-DEAM-STEC «Evaluación Ambiental en el área de influencia de la unidad minera Antapaccay, de la Compañía Minera Antapaccay S.A., durante el 2018» aprobado el 6 de febrero de 2019.

<sup>8</sup> «Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Antapaccay – Expansión Tintaya», aprobado el 6 julio de 2010 por el Minem mediante R.D. N.º 225-2010-MEM-AAM y «ITS Mejora Tecnológica en la Planta Concentradora Antapaccay con Incremento de la Capacidad de Procesamiento de Mineral y Reactivación de la Planta Concentradora Tintaya de la Unidad Minera Antapaccay Expansión Tintaya» aprobado el 2 de diciembre de 2014 mediante R.D. N.º 590-2014-MEM-DGAAM.



### 8.1.Zona 1: Microcuenca del río Salado

En la Figura 8.1 se presenta el esquema de los puntos de monitoreo de agua superficial y los parámetros cuyos valores y concentraciones incumplieron los ECA para agua Categoría 3 y Categoría 4 (2008) de los ríos Ccamacmayo y Tintaya; y de la quebrada Yanamayo.

En la Figura 8.2 se presenta de manera referencial el esquema de los puntos de monitoreo de sedimentos y los parámetros cuyas concentraciones superaron los valores ISQG y PEL de la guía canadiense, de los ríos Ccamacmayo y Tintaya; y de la quebrada Yanamayo. El punto de monitoreo SED-30 de la quebrada Ccamacmayo, ubicado aguas abajo de depósito de relaves Ccamacmayo registró concentraciones de cobre que superaron el valor ISQG, mientras que el punto de monitoreo SED-37 en el río Tintaya, ubicado aguas abajo de la planta de óxidos y del depósito de relaves extajo Tintaya, superó el valor PEL. El punto SED-36 de la quebrada Yanamayo, ubicado aguas abajo del botadero 23 (actualmente cerrado), registró concentraciones de plomo y zinc que superaron el valor ISQG, y concentraciones de cobre que superaron el valor PEL.

En la Figura 8.3 se presenta el esquema de la riqueza de especies de macroinvertebrados bentónicos y de la calidad ecológica, determinada referencialmente a partir del índice biótico andino (ABI), de los puntos de monitoreo de la comunidad hidrobiológica.

En las Figuras 8.4 se presenta el comportamiento de los parámetros pH, conductividad y sulfatos comparados con los ECA para agua, categoría 3 y categoría 4 (2008). Mientras que las Figuras 8.5a, 8.6a, 8.7a y 8.8a se presenta el comportamiento del cobre, manganeso, plomo y zinc respectivamente, los cuales incumplieron los ECA para agua, categoría 3 y categoría 4 (2008) en al menos uno de los puntos evaluados en esta microcuenca; en tanto que en las Figuras 8.5b, 8.6b, 8.7b y 8.8b se presenta el comportamiento de los mismos metales, pero en sedimentos.



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

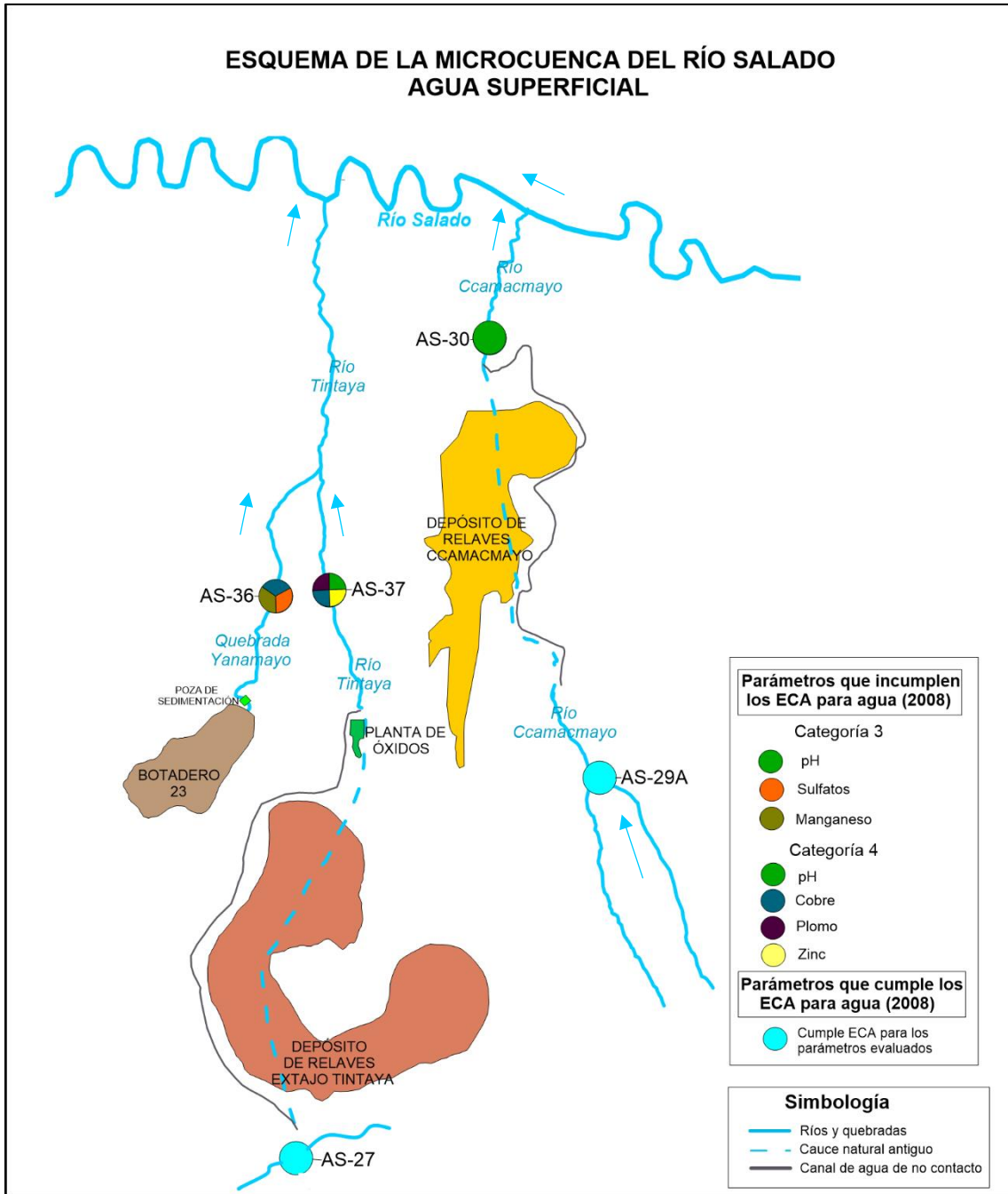
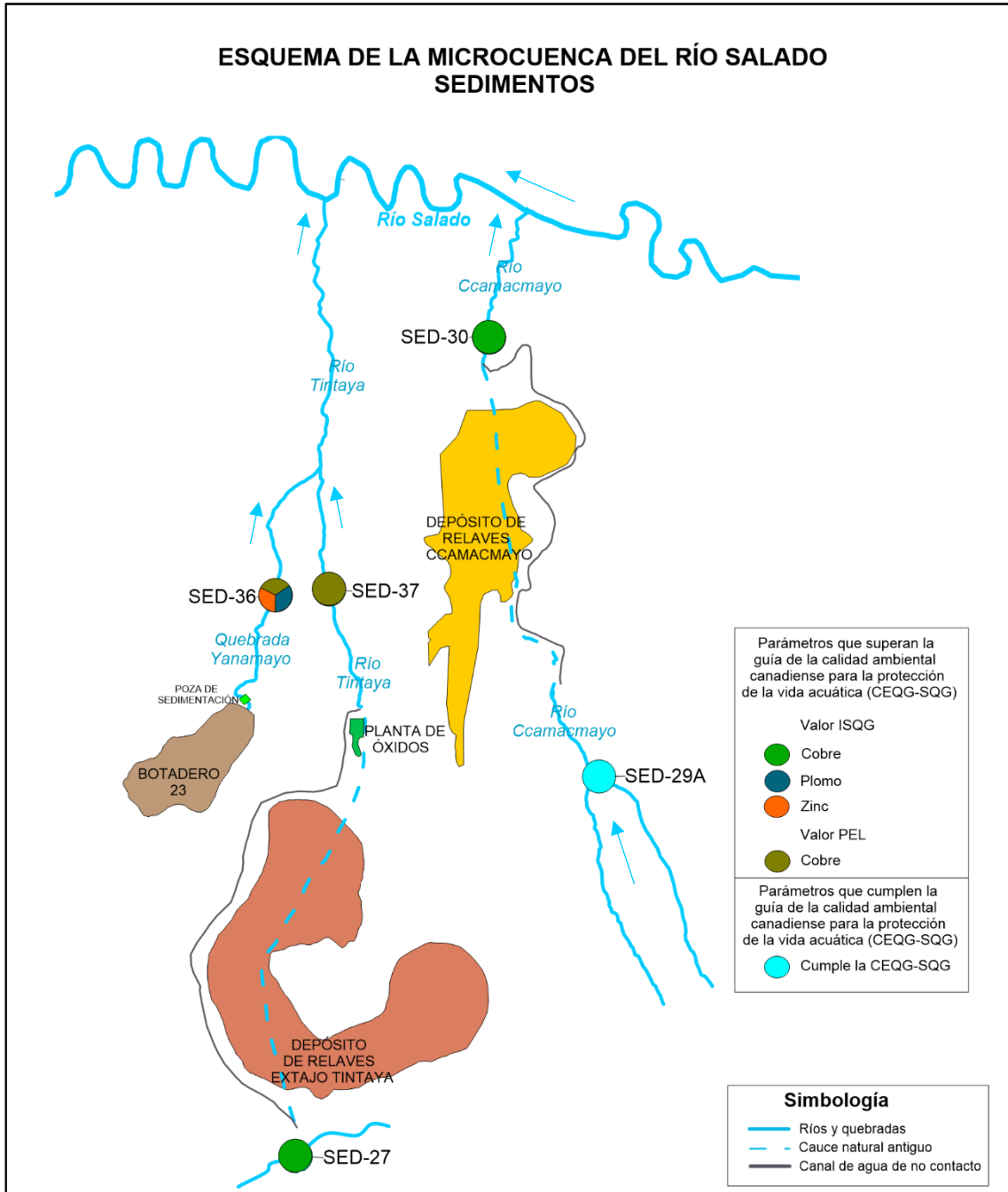


Figura 8.1. Esquema de parámetros que incumplieron los ECA para agua categoría 3 y categoría 4 (2008) en los ríos Ccamacmayo y Tintaya, y quebrada Yanamayo



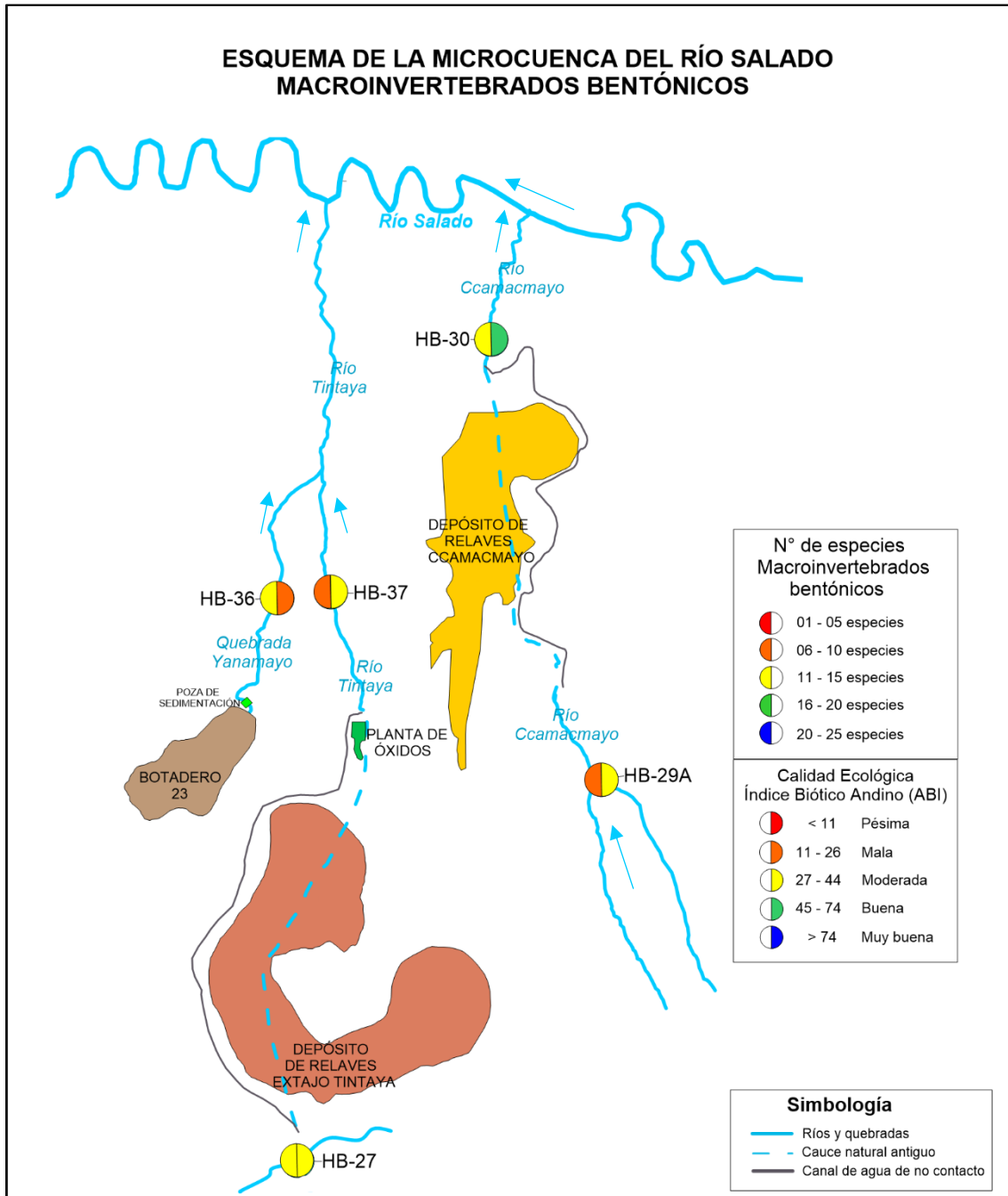
Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad



**Figura 8.2.** Esquema de parámetros que superaron los valores ISQG o PEL de la guía canadiense para sedimentos en los ríos Ccamacmayo y Tintaya, y quebrada Yanamayo



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



**Figura 8.3.** Esquema del número de especies de macroinvertebrados bentónicos y la calidad ecológica (índice ABI) en los ríos Ccamacmayo y Tintaya, y quebrada Yanamayo



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

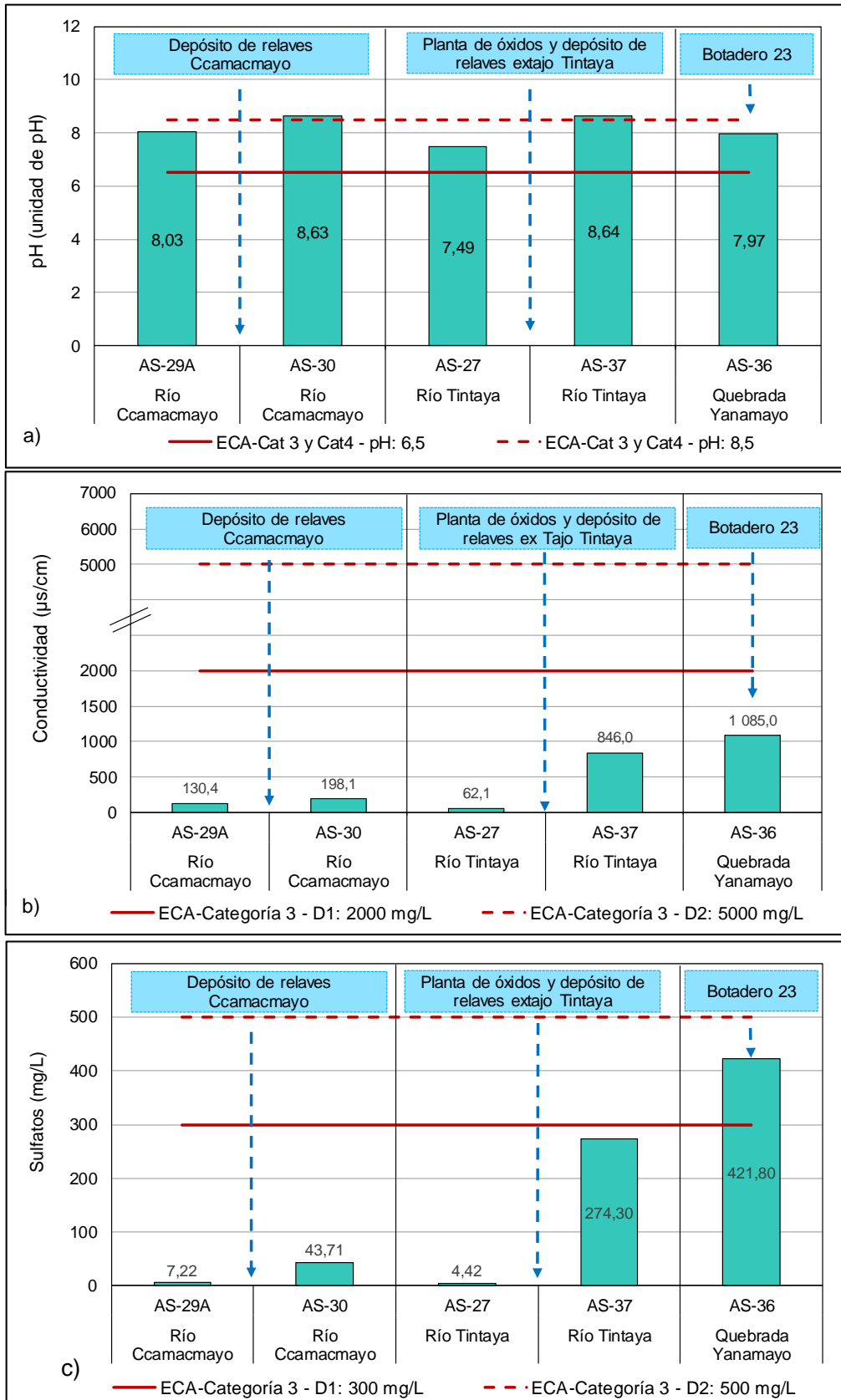


Figura 8.4. Resultados de (a) pH (b) conductividad eléctrica y (c) concentración de sulfatos en los ríos Ccamacmayo y Tintaya, y quebrada Yanamayo



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

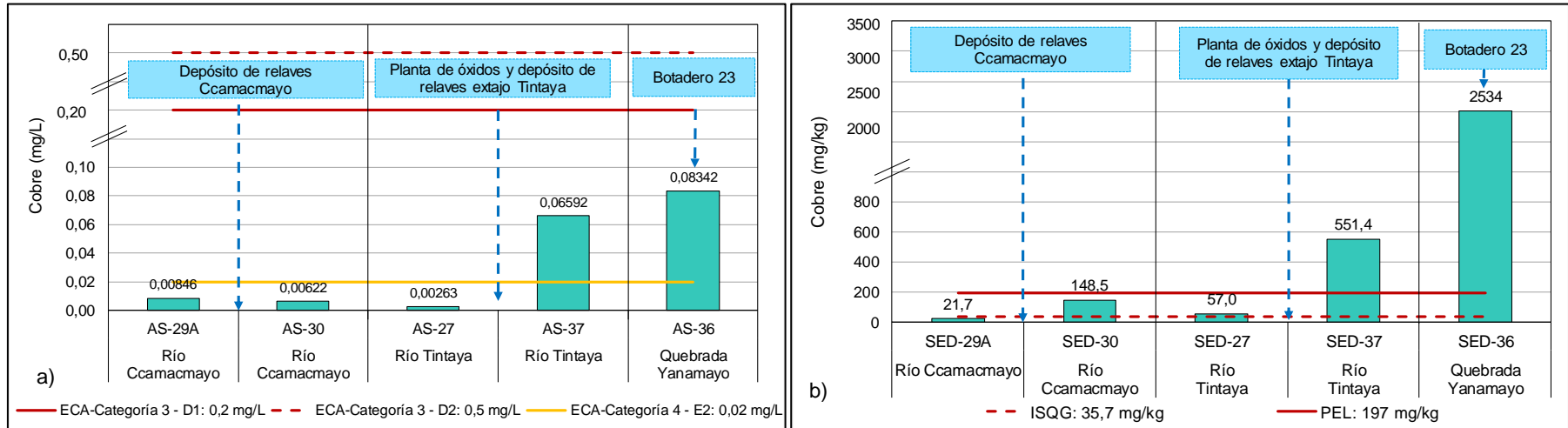


Figura 8.5. Resultados de cobre en a) agua y b) sedimento en los ríos Ccamacmayo y Tintaya, y quebrada Yanamayo

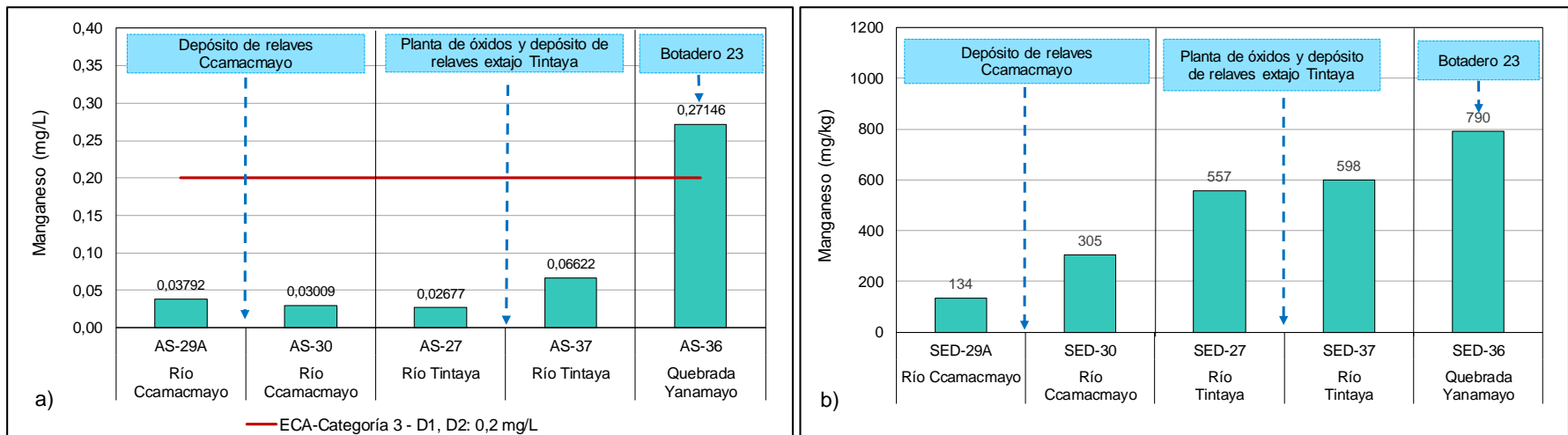


Figura 8.6. Resultados de manganeso en a) agua y b) sedimento en los ríos Ccamacmayo y Tintaya, y quebrada Yanamayo



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

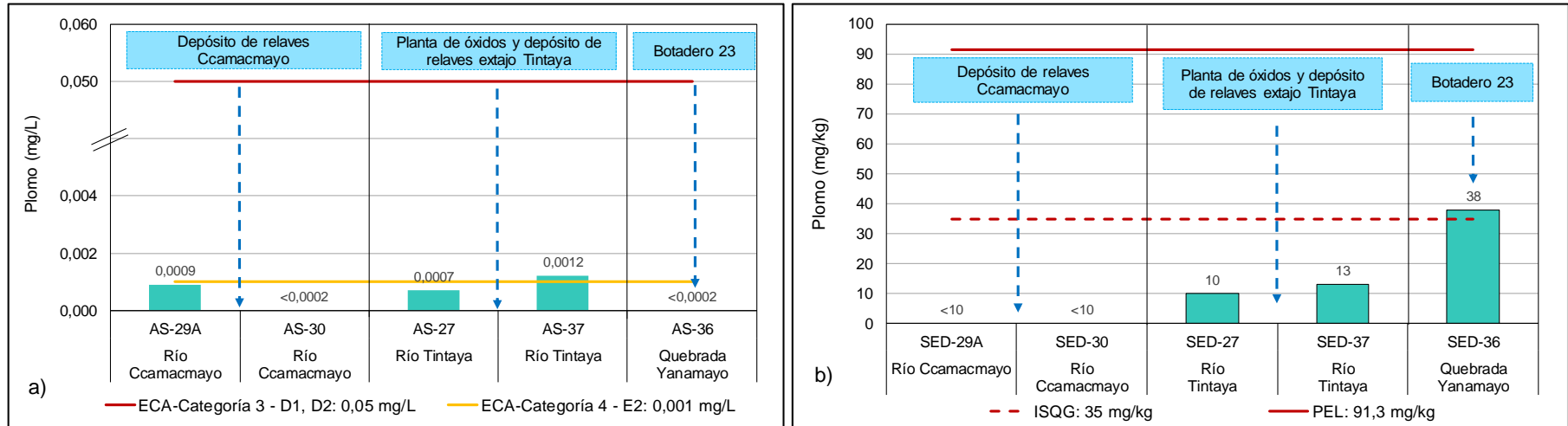


Figura 8.7. Resultados de plomo en a) agua y b) sedimento en los ríos Ccamacmayo y Tintaya, y quebrada Yanamayo

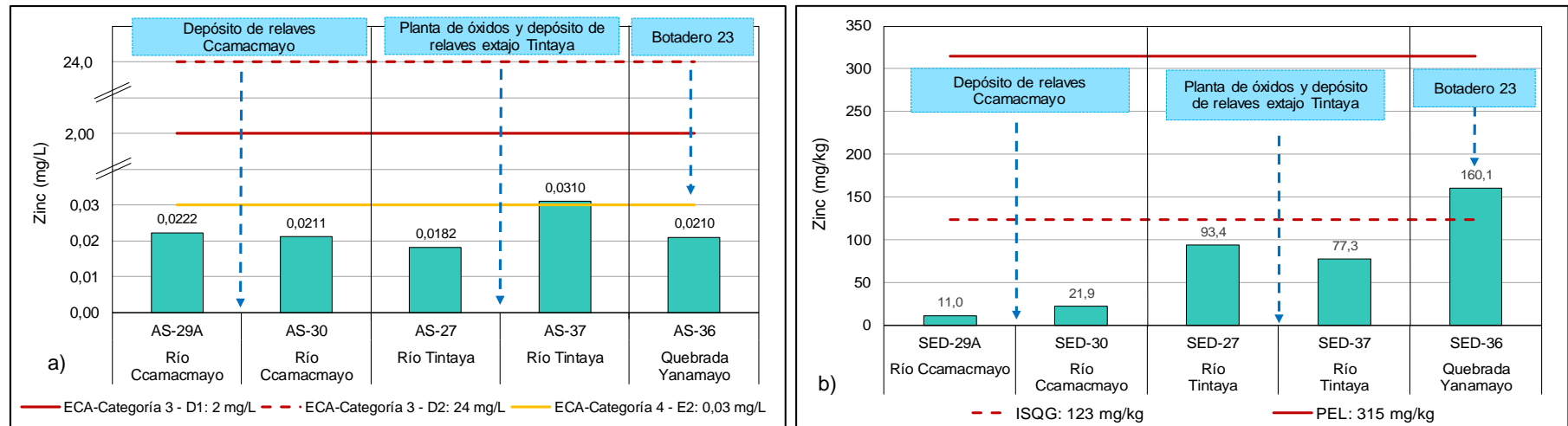


Figura 8.8. Resultados de zinc en a) agua y b) sedimento en los ríos Camacmayo y Tintaya

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

En el río Ccamacmayo el valor del pH (Figura 8.4a) se incrementó desde aguas arriba (AS-29A) hasta aguas abajo del depósito de relaves Ccamacmayo (AS-30), llegando a incumplir los ECA para agua categorías 3 y 4 (2008), este mismo comportamiento lo presentaron la conductividad eléctrica (Figura 8.4b), y la concentración de sulfatos (Figura 8.4c), pero sus valores cumplieron los ECA para agua. Mientras que las concentraciones de cobre, manganeso y zinc no registraron una importante variación de aguas arriba a aguas abajo del depósito de relaves (Figuras 8.5a, 8.6a, 8.8a). En los sedimentos la concentración de cobre se incrementó desde aguas arriba (SED-20A) hasta aguas abajo (SED-30), llegando a superar el valor ISQG de la guía canadiense (Figura 8.5b), este mismo comportamiento lo presentó la concentración de manganeso y zinc, pero sus valores cumplieron la guía canadiense (Figura 8.6b y 8.8b).

El incremento de los valores de pH, conductividad, sulfatos, cobre, manganeso y zinc en agua; y del cobre, manganeso y zinc en sedimentos, no influyeron sobre la riqueza de macroinvertebrados bentónicos ya que aumentó de 8 especies aguas arriba (HB-29A) hasta 15 especies aguas abajo (HB-30); del mismo modo, la calidad ecológica, según el ABI, tampoco se vio afectada, ya que aumentó de moderada (HB-29A) a buena (HB-30), con presencia de especies sensibles como *Claudioperla* sp., esto se debe al tipo de lecho del río y disponibilidad de microhábitats, ya que en el punto de monitoreo HB-29A el lecho está formado por roca sólida consolidada con poca presencia de microhábitats para el desarrollo de macroinvertebrados bentónicos; mientras que, en el punto de monitoreo HB-30 el lecho presenta mayor disponibilidad de microhábitats y vegetación circundante (Figura 8.9), ambos factores favorecen el desarrollo de organismos (Domínguez y Fernández, 2009; Encalada *et al.*, 2011).

Es importante precisar, que el punto de monitoreo HB-30 en el río Ccamacmayo se ubicó aguas abajo del punto de derivación de las aguas del canal conocido como Rubinsky, en el antiguo punto de control del vertimiento del depósito de relaves Ccamacmayo (activo durante las actividades extractivas del extajo Tintaya).



**Figura 8.9.** Río Ccamacmayo a) Naciente del río Ccamacmayo (29A) y b) Río Ccamacmayo aguas abajo de su derivación

En el río Tintaya el valor del pH (Figura 8.4a) se incrementó desde aguas arriba (AS-27) hasta aguas abajo (AS-37) de la planta de óxidos y del depósito de relaves extajo Tintaya, llegando a incumplir los ECA para agua categorías 3 y 4 (2008), este mismo comportamiento lo presentó la conductividad eléctrica y las concentraciones de sulfatos, cobre, manganeso, plomo y zinc (Figuras 8.4b, 8.4c, 8.5a, 8.6a, 8.7a y 8.8a) llegando a superar los valores de los ECA, categoría 4 (2008), en el caso del cobre, plomo y zinc. En los sedimentos la concentración de cobre también se incrementó desde aguas arriba (SED-27) hasta aguas abajo (SED-37), llegando a superar el valor PEL de la guía canadiense, el mismo comportamiento presentó la concentración de manganeso y plomo (Figuras 8.6b y 8.7b). Estas características afectaron la riqueza de macroinvertebrados bentónicos, ya que

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

disminuyó de 13 especies aguas arriba (HB-27) hasta 7 especies aguas abajo (HB-37); sin embargo, la calidad ecológica, según el ABI, se mantuvo constante siendo moderada aguas arriba (HB-27) y aguas abajo (HB-37), con presencia de especies tolerantes como *Cricotopus* sp.

La quebrada Yanamayo (AS-36), aguas abajo del botadero 23, presentó un pH alcalino (Figura 8.4a) con concentraciones de sulfatos (Figura 8.4c) y manganeso (Figura 8.6a) que superaron los valores de los ECA, Categoría 3 (2008); y cobre que superaron los valores del ECA para agua, Categoría 4 (2008). En los sedimentos (SED-36) la concentración de cobre superó el valor PEL de la guía canadiense (Figura 8.5b); mientras que, el plomo y zinc (Figuras 8.7b y 8.8b), los valores ISQG de la guía referenciada. Además, la riqueza de macroinvertebrados bentónicos (HB-36) registró 14 especies y una mala calidad ecológica, según el ABI, con una predominancia de especies tolerantes (11 especies). Es importante mencionar que la quebrada Yanamayo, recibía el aporte de la poza de sedimentación que captaba las escorrentías del Botadero 23, el cual actualmente se encuentra cerrado, asimismo, está quebrada presentó un caudal reducido y lento, casi a nivel superficial (Figura 8.10).



**Figura 8.10.** Quebrada Yanamayo (AS-36)

En la Figura 8.11 se muestra la comparación de los resultados de los parámetros de pH, sulfatos, cobre, plomo y zinc (2019), con los resultados del OEFA (2018) y con los de la línea base<sup>9</sup> reportados por la Compañía Minera Antapaccay S.A., en los puntos de monitoreo cuyas ubicaciones coincidieron.

En el río Ccamacmayo, el comportamiento de los resultados obtenidos en el monitoreo en el 2018 y 2019 (OEFA), se observó un incremento del pH y sulfatos desde aguas arriba (AS-29A) hacia aguas abajo del depósito de relaves Ccamacmayo (AS-30), mientras que el cobre y el plomo registraron concentraciones similares en ambos puntos.

En el río Tintaya, del comportamiento de los resultados del OEFA (2018-2019) y los de la línea base se observó que el valor del pH y las concentraciones de sulfatos, cobre, plomo y zinc se incrementaron desde aguas arriba (AS-27) hacia aguas abajo de la planta de óxidos y del depósito de relaves extajo tintaya (AS-37).

En la quebrada Yanamayo, del comportamiento de los resultados del OEFA (2018-2019) y de los de la línea base se observó valores de pH similares, mientras que la concentración del cobre registró un ligero incremento con respecto a la línea base.

<sup>9</sup> ITS Mejora Tecnológica en la Planta Concentradora Antapaccay con Incremento de la Capacidad de Procesamiento de Mineral y Reactivación de la Planta Concentradora Tintaya de la Unidad Minera Antapaccay Expansión Tintaya» aprobado el 2 de diciembre de 2014 por el Minem mediante R.D. N.º 590-2014-MEM-DGAAM.



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

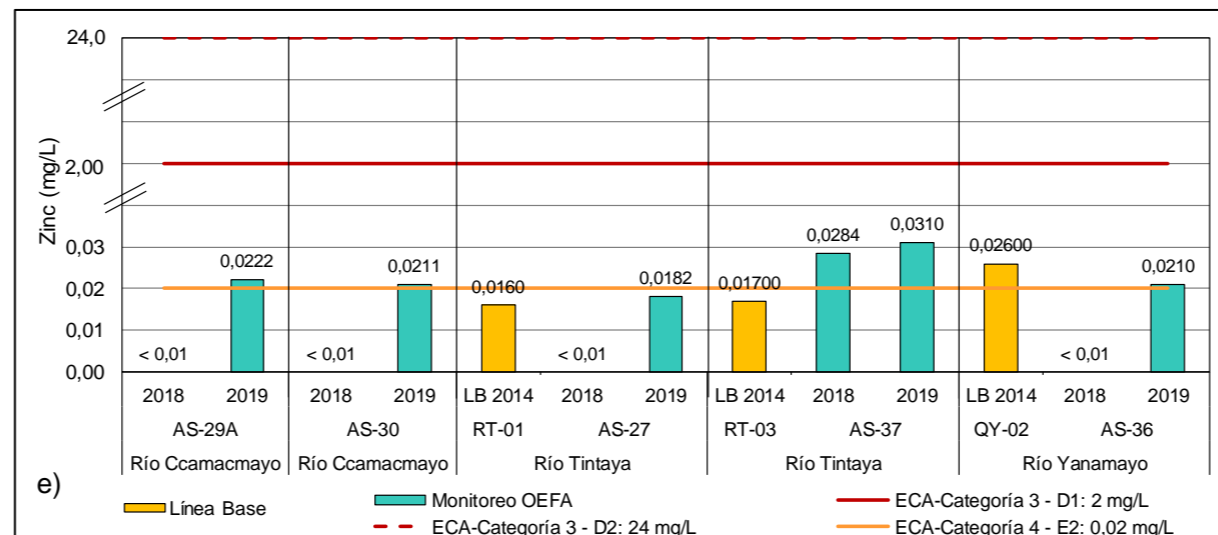
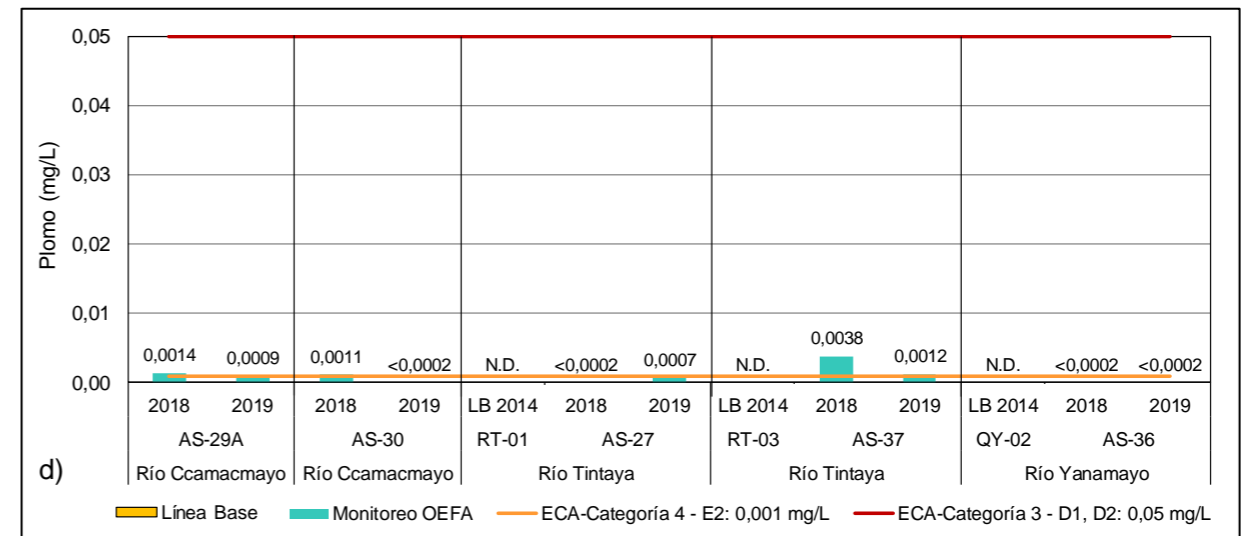
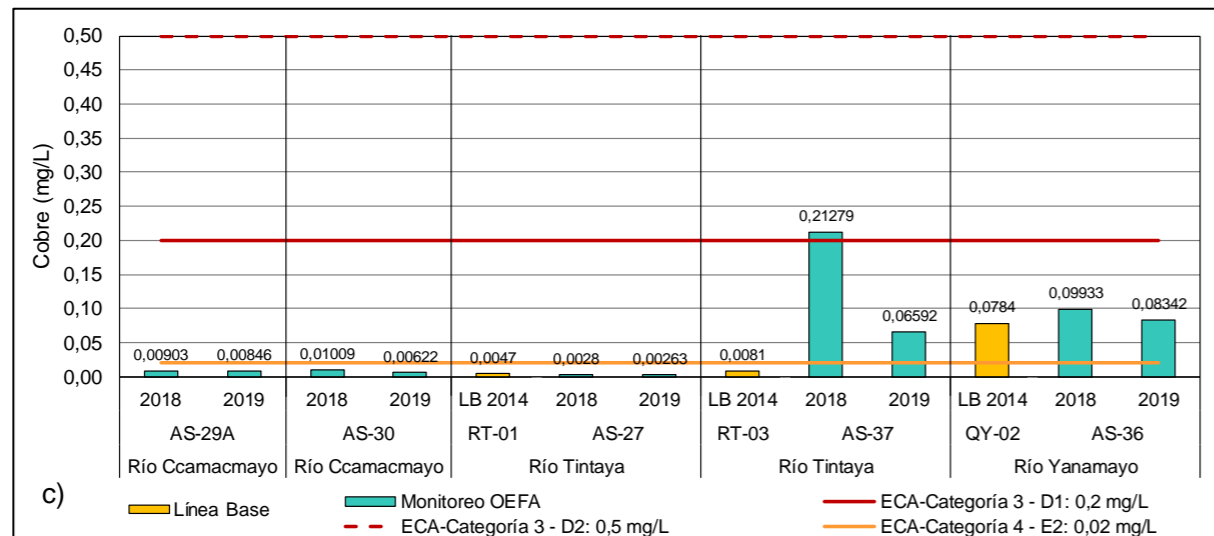
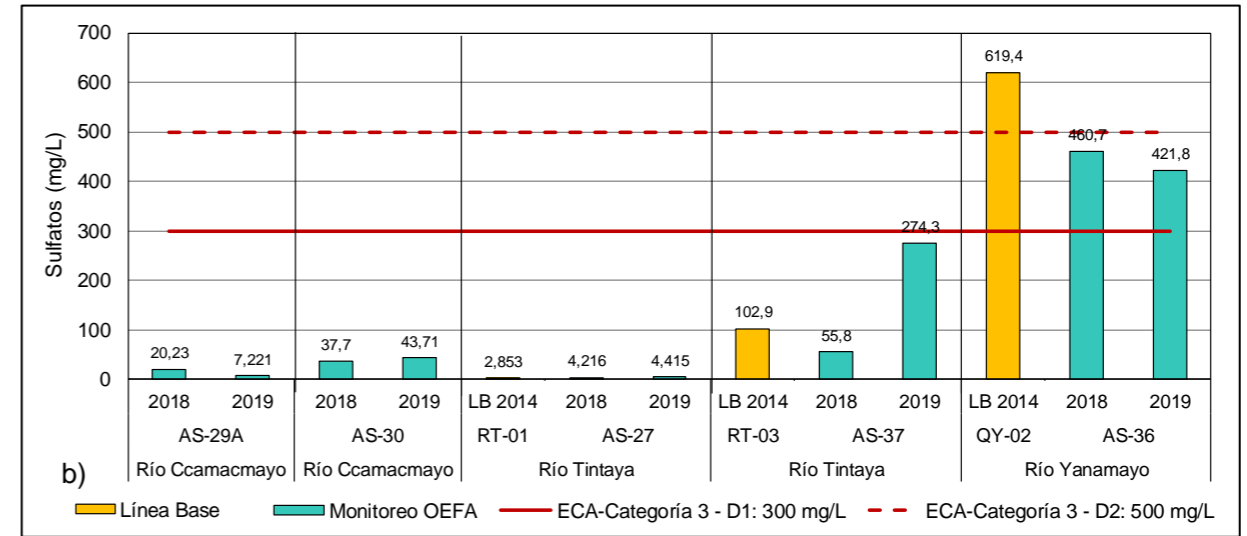
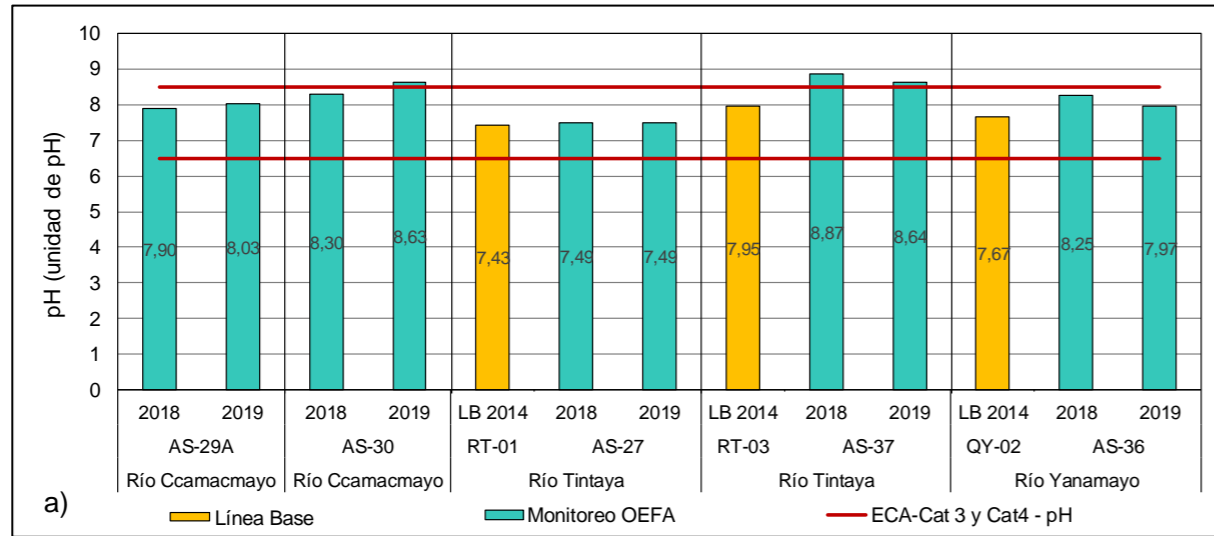


Figura 8.11. Comparación de los resultados de agua, de las evaluaciones realizadas por el OEFA con los de la línea base a) pH, b) sulfatos, c) cobre, d) plomo y e) zinc



## 8.2. Zona 2: Microcuenca del río Cañipia

En la Figura 8.12 se presenta el esquema de los puntos de monitoreo de agua superficial y los parámetros que incumplieron los ECA para agua Categoría 3 y Categoría 4 (2008) de los ríos Cañipia y quebradas Churupanca, Alto Huarca y Ccatunmayo.

En la Figura 8.13 se presenta el esquema de los puntos de monitoreo de sedimentos y los parámetros que superaron los valores ISQG y PEL de la guía canadiense, de manera referencial de los ríos Cañipia y quebradas Churupanca, Alto Huarca y Ccatunmayo. El punto de monitoreo SED-22 de la quebrada sin nombre 3, ubicado al pie de la presa de relaves Huinipampa, las concentraciones de arsénico y cobre superaron el valor PEL de la guía canadiense. Mientras que, en el río Cañipia, los puntos de monitoreo SED-16 y SED-17, ubicados aguas arriba y aguas abajo del punto de vertimiento V-01 respectivamente, superaron el valor PEL de la guía canadiense para cobre. El punto de monitoreo en la quebrada Alto Huarca (SED-07), ubicado aguas abajo de los tajos Sur y Norte, y los botaderos Sur y Norte, registraron concentraciones de arsénico y cobre que superaron el valor PEL de la guía en mención.

En la Figura 8.14 se presenta el esquema de la riqueza de especies de macroinvertebrados bentónicos y de la calidad ecológica, determinada referencialmente a partir del índice biótico andino (ABI), de los puntos de monitoreo de la comunidad hidrobiológica.

En las Figura 8.15 se presenta el comportamiento de los parámetros pH, conductividad y sulfatos comparados con los ECA para agua, categoría 3 y categoría 4 (2008). Las Figuras 8.16a, 8.17a, 8.18a y 8.29a se presenta el comportamiento del cobre, manganeso, plomo y zinc respectivamente en agua, mientras que en las Figuras 8.16b, 8.17b, 8.18b y 8.19b se presenta el comportamiento de los mismos metales, pero en sedimentos.

En el esquema 8.12, también se representa el afloramiento AF-02 ubicado en la parte baja de las megapozas correspondientes al Tajo sur, y los afloramientos ASM15 y ASM-16 ubicados en la parte baja del botadero sur, los mismos que cumplieron con los LMP. Cabe resaltar que mediante Resolución N.º 0021-2019-OEFA/DSEM la Dirección de Supervisión Ambiental en Energía y Minas del OEFA, ordena como medida preventiva a la Compañía Minera Antapaccay S.A. que cumpla con captar y recircular estos afloramientos.



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

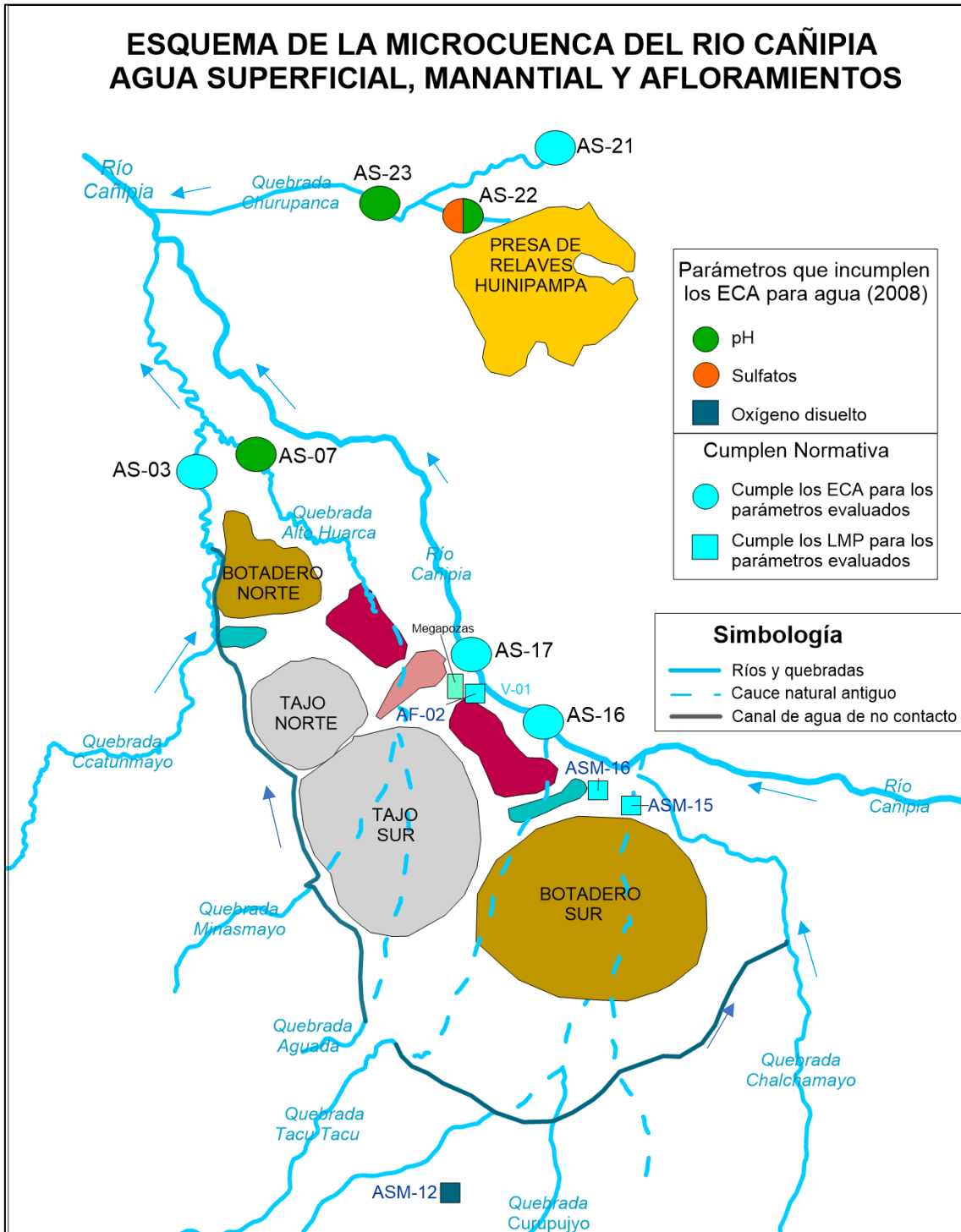
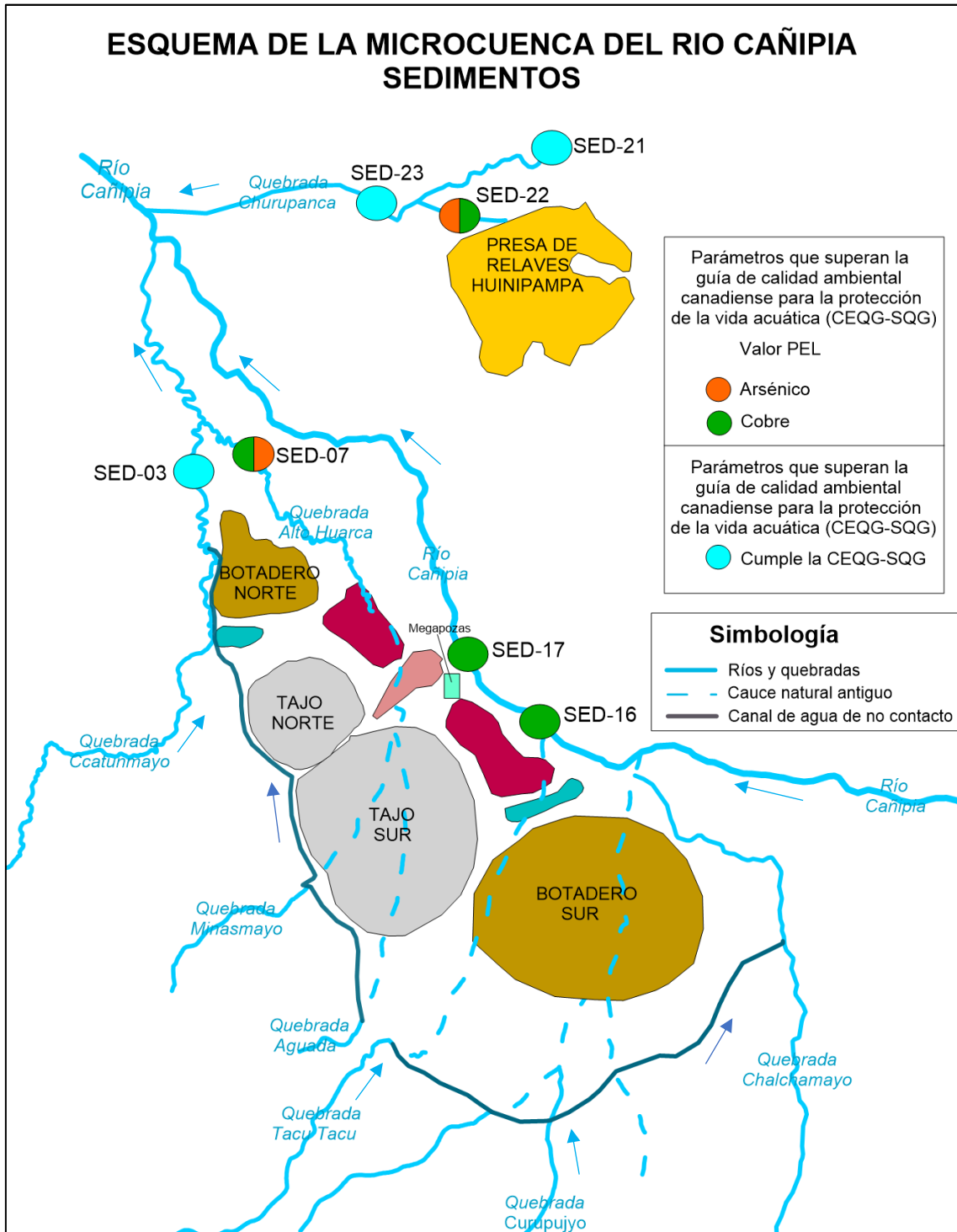


Figura 8.12. Esquema de parámetros que incumplieron los ECA para agua categoría 3 y categoría 4 (2008) en los ríos Cañipia y quebradas Churupanca, Alto Huarca y Ccatunmayo



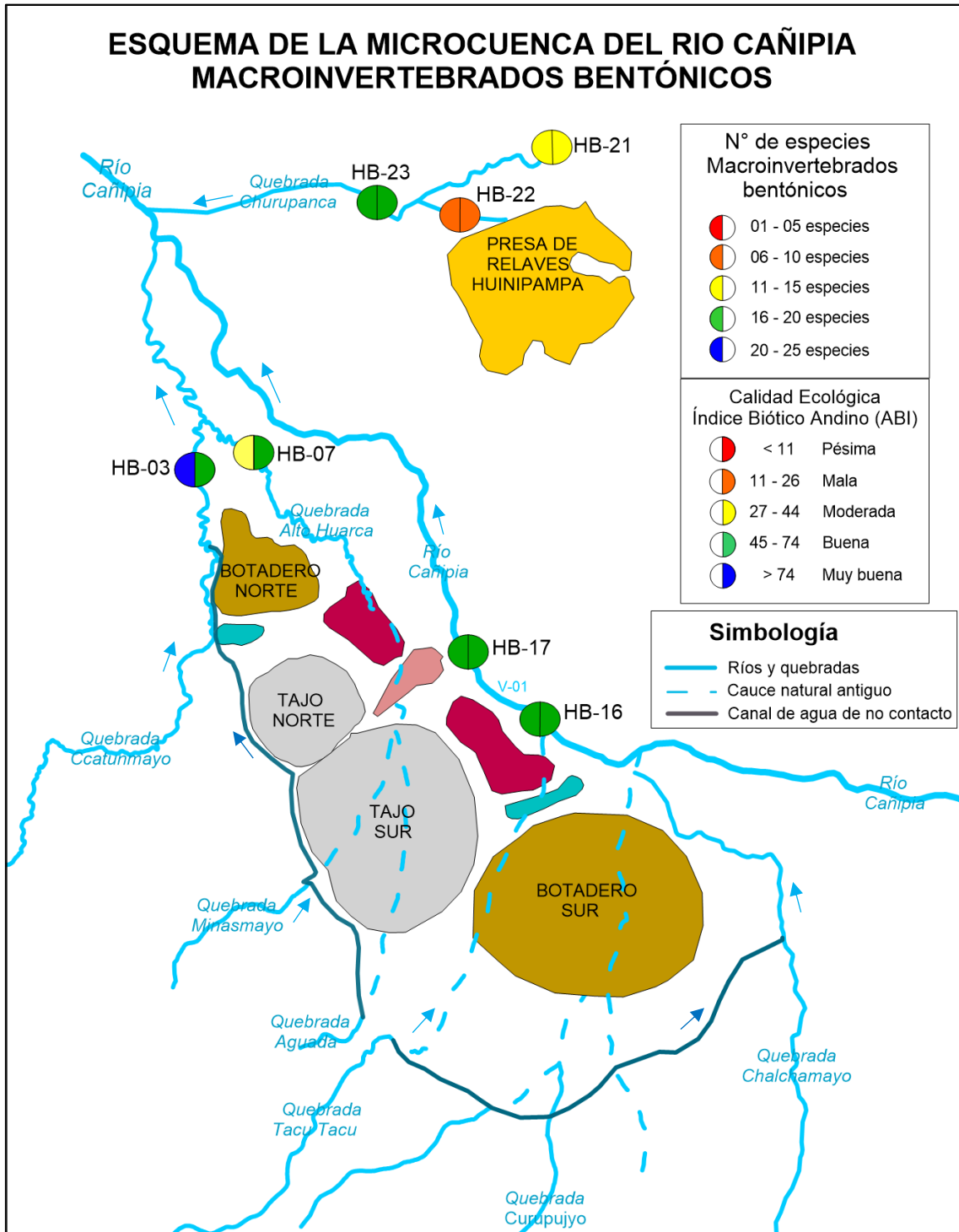
Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad



**Figura 8.13.** Esquema de parámetros que superaron los valores ISQG o PEL del estándar canadiense para sedimentos en los ríos Cañipia y quebradas Churupanca, Alto Huarca y Ccatunmayo



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



**Figura 8.14.** Esquema del número de especies de macroinvertebrados bentónicos y la calidad ecológica (índice ABI) en los ríos Cañipia y quebradas Churupanca, Alto Huarca y Ccatunmayo



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

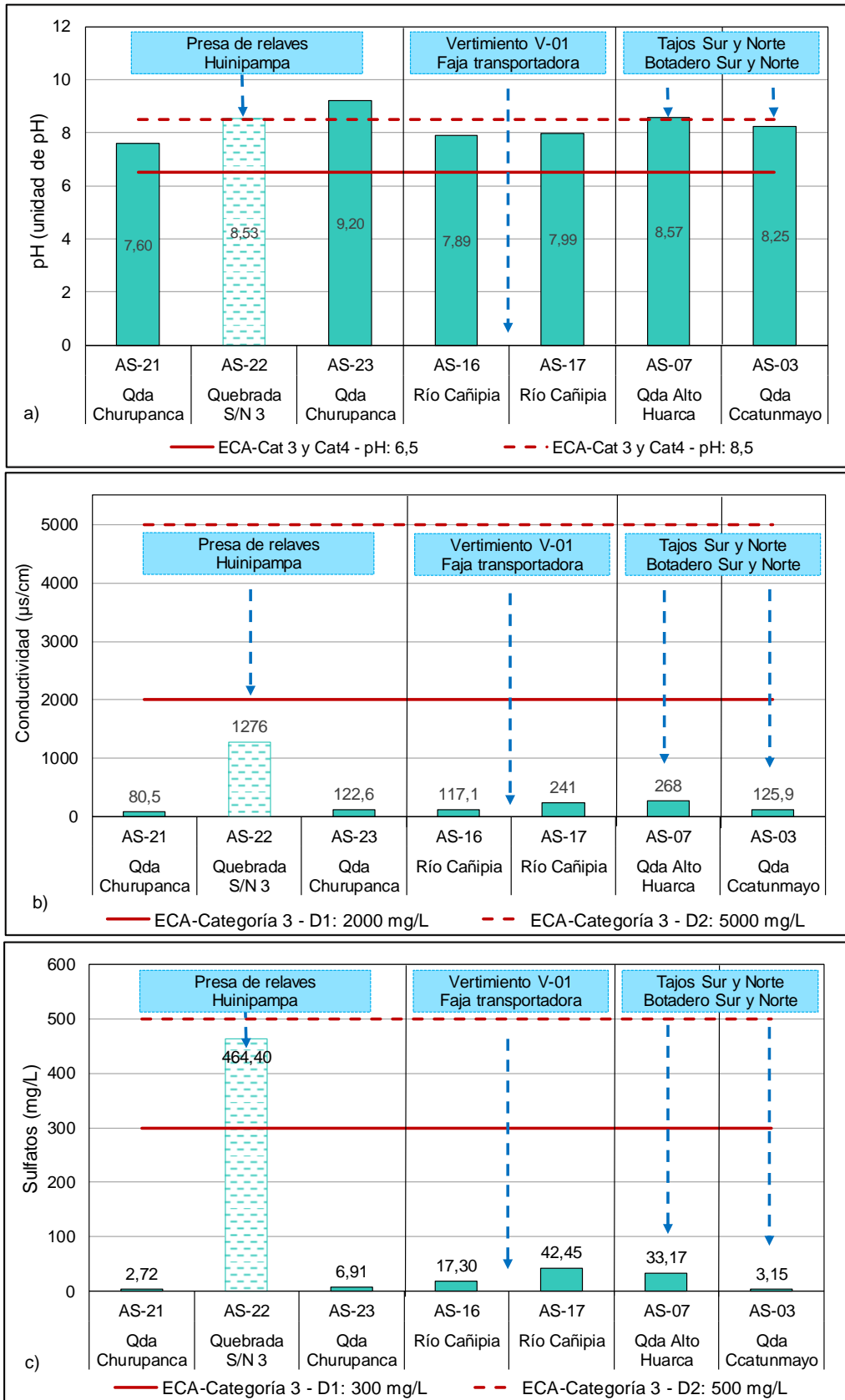


Figura 8.15. Resultados de (a) pH (b) conductividad eléctrica y (c) sulfatos en los ríos Cañipia y quebradas Churupanca, Alto Huarca y Ccatunmayo



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

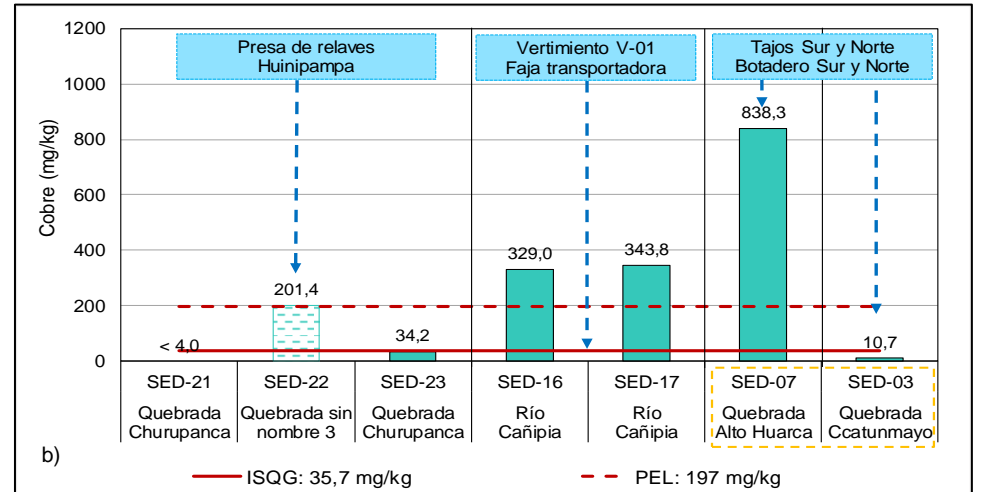
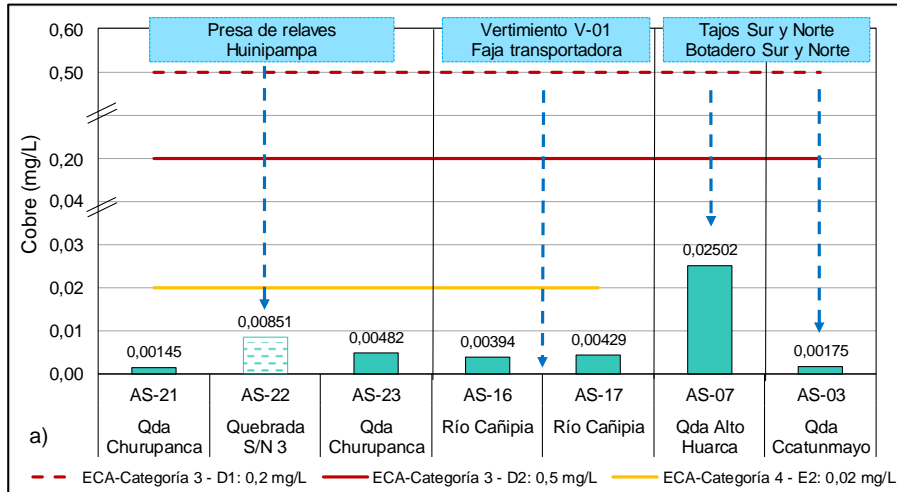


Figura 8.16. Resultados de cobre en a) agua y b) sedimento en los ríos Cañipia y quebradas Churupanca, Alto Huarca y Ccatunmayo

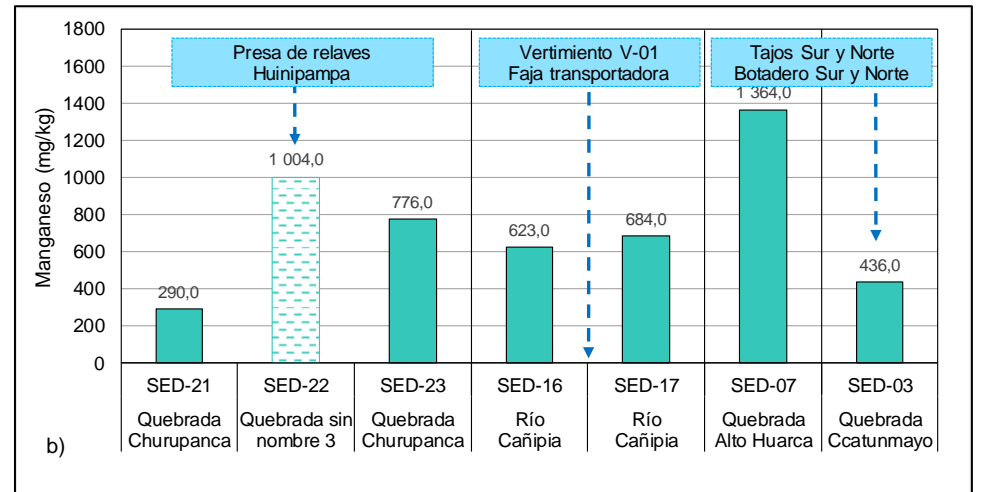
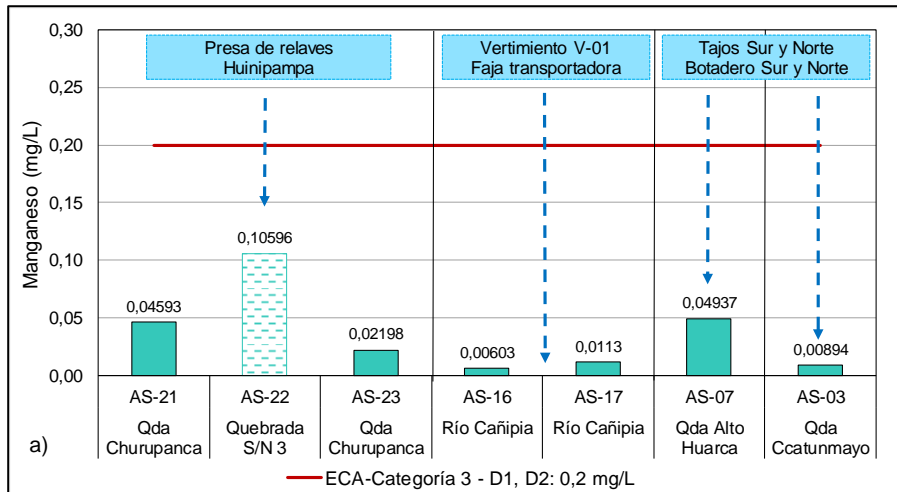


Figura 8.17. Resultados de manganeso en a) agua y b) sedimento en los ríos Cañipia y quebradas Churupanca, Alto Huarca y Ccatunmayo



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

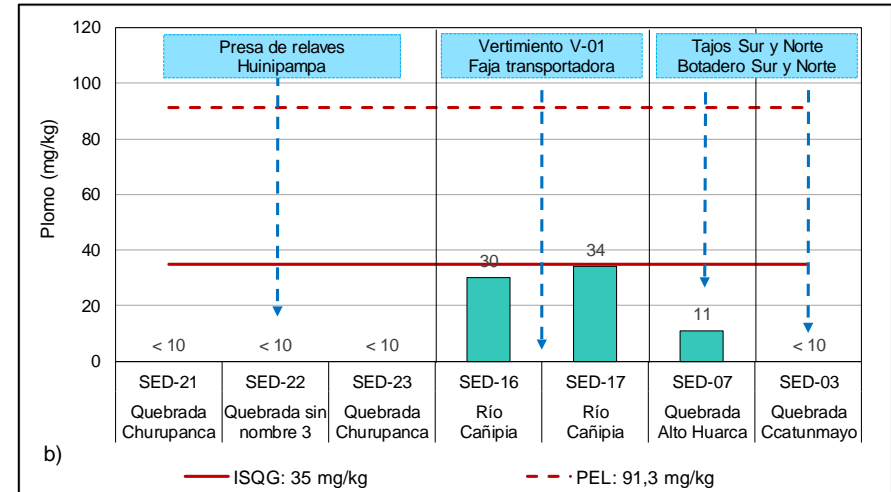
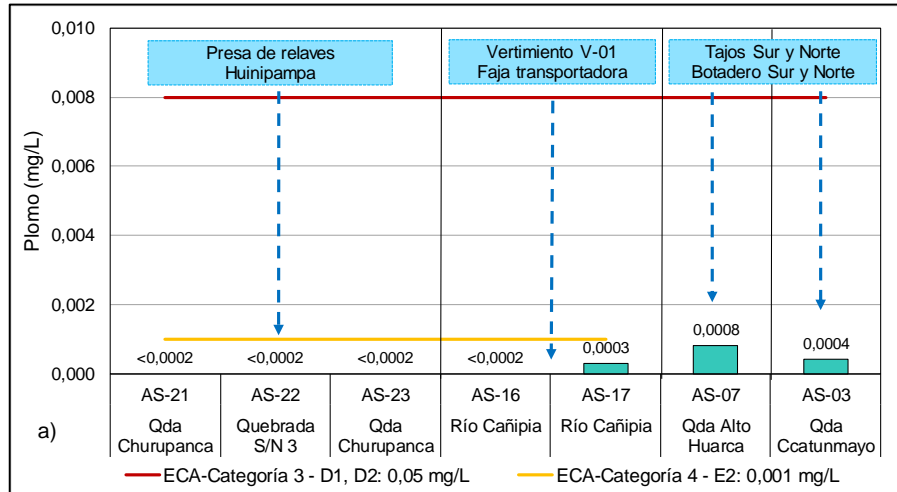


Figura 8.18. Resultados de plomo en a) agua y b) sedimento en los ríos Cañipia y quebradas Churupanca, Alto Huarca y Ccatunmayo

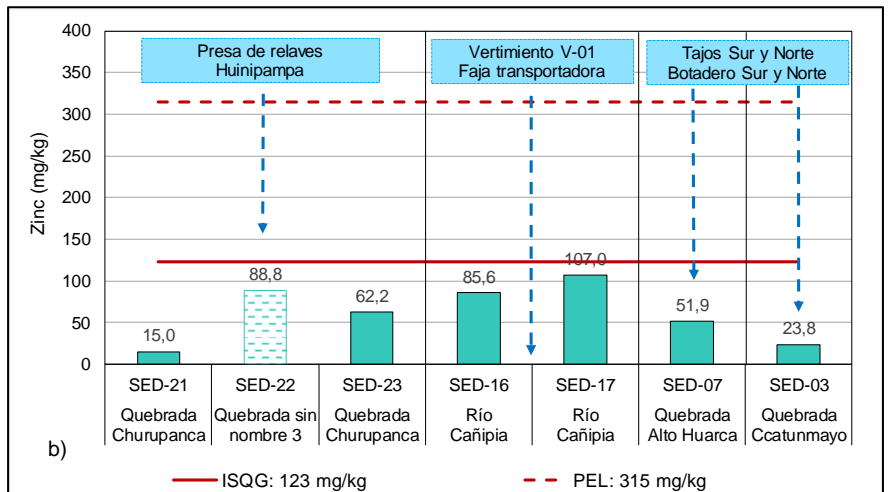
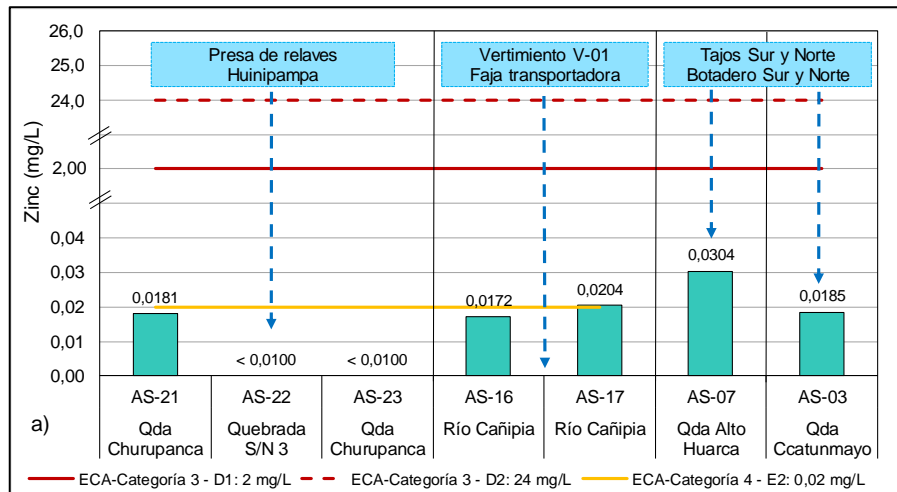
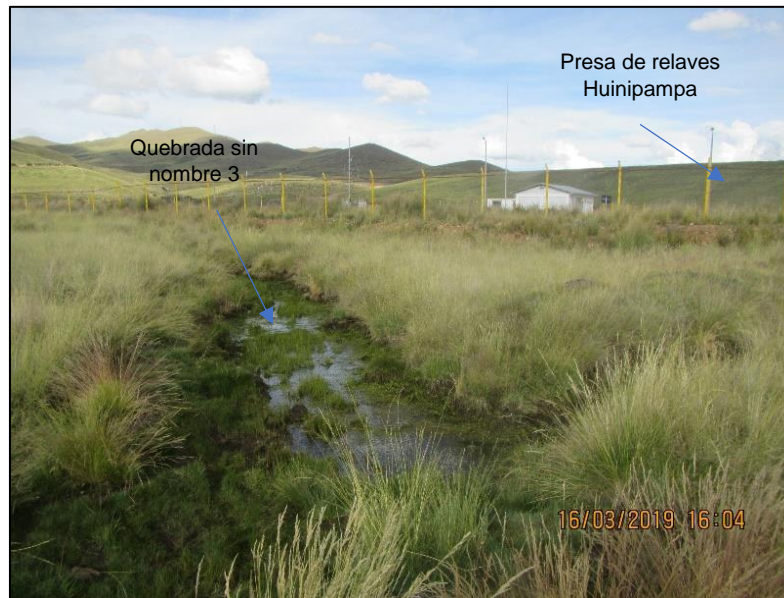


Figura 8.19. Resultados de zinc en a) agua y b) sedimento en los ríos Cañipia y quebradas Churupanca, Alto Huarca y Ccatunmayo

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

El punto de monitoreo en la quebrada sin nombre 3 (AS-22), ubicada al pie del dique de la presa de relaves Huinipampa (Figura 8.20), registró un pH ligeramente alcalino (Figura 8.15a) con concentraciones de sulfatos que incumplieron los ECA para agua, Categoría 3, riego de vegetales (Figura 8.15c), y una alta conductividad con un valor de 1276  $\mu\text{s}/\text{cm}$  (Figura 8.15b).



**Figura 8.20.** Quebrada Sin nombre 3, ubicada al pie de la presa de relaves de Huinipampa

En la quebrada Churupanca el valor del pH (Figura 8.15a) se incrementó desde aguas arriba (AS-21) hasta aguas abajo de la confluencia de la quebrada sin nombre 3 (AS-23), llegando a incumplir los ECA para agua categorías 3 y 4 (2008), este mismo comportamiento lo presentaron la conductividad eléctrica (Figura 8.15b) y la concentración de sulfatos (Figura 8.15c), pero sus valores cumplieron los ECA para agua (2008). En los sedimentos las concentraciones de cobre (Figura 8.16b) y zinc (Figura 8.19b) se incrementaron desde aguas arriba (SED-21) hasta aguas abajo (SED-23), pero sus valores no superaron los valores ISQG y PEL de la guía. El incremento del pH, la conductividad y la concentración de sulfatos en agua; y de las concentraciones de cobre y zinc en sedimentos, no influyeron sobre la riqueza de macroinvertebrados bentónicos, ya que aumentaron de 13 especies aguas arriba (HB-21) hasta 16 especies aguas abajo (HB-23); del mismo modo, la calidad ecológica, según el ABI, aumentó de moderada a buena, sin presencia de especies sensibles.

En el río Cañipia la conductividad eléctrica y las concentraciones de sulfatos, cobre, manganeso, plomo y zinc en agua (Figuras 8.15b, 8.15c, 8.16a, 8.17a, 8.18a y 8.19a) se incrementaron ligeramente desde aguas arriba (AS-16) hasta aguas abajo del punto de vertimiento V-01 y la faja transportadora de mineral (AS-17), cumpliendo los ECA para agua categorías 3 y 4 (2008). En los sedimentos, las concentraciones de cobre, manganeso, plomo y zinc (Figuras 8.16b, 8.17b, 8.18b y 8.19b) se incrementaron ligeramente desde aguas arriba (SED-16) hasta aguas abajo (SED-17), superando los valores PEL de la guía canadiense en ambos puntos de monitoreo en el caso de las concentraciones de cobre. El ligero incremento de los metales en agua y sedimento, no influyó sobre la riqueza de macroinvertebrados bentónicos ya que se mantuvieron similares, registrando 16 especies aguas arriba (HB-16) y 18 especies aguas abajo (HB-17); del mismo modo, la calidad ecológica, según el ABI, se mantuvo constante siendo buena en ambos puntos, con presencia de especies sensibles como *Andesiops* sp.



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

Las quebradas Alto Huarca (AS-07) y Ccatunmayo (AS-03), se ubican aguas abajo de los tajos Sur y Norte, y de los botaderos Sur y Norte.

El punto de monitoreo ubicado en la quebrada Alto Huarca (AS-07) registró un pH alcalino (8,57) que incumplió los ECA para agua categorías 3 (2008), y en los sedimentos las concentraciones de arsénico y cobre superaron el valor PEL de la guía canadiense. Sin embargo, la riqueza de macroinvertebrados bentónicos fue de 15 especies, con una calidad ecológica buena, según el ABI, con presencia de especies sensibles como *Andesiops* sp.

El punto de monitoreo ubicado en la quebrada Ccatunmayo presentó un valor de pH y concentraciones de sulfatos y metales que cumplieron con los ECA para agua (2008); en los sedimentos las concentraciones de metales no superaron la guía canadiense, lo que se refleja en la riqueza de macroinvertebrados bentónicos con 22 especies y una calidad ecológica buena, según el ABI, con presencia de especies sensibles como *Andesiops* sp.

Tal como se muestra en la Figura 8.12, las quebradas Minasmayo y Aguada son captadas por un canal aguas arriba del tajo sur, para luego ser derivadas hacia la quebrada Ccatunmayo, es importante precisar que anteriormente (antes del inicio de operaciones del botadero norte) estas quebradas eran derivadas por el mismo canal hacia la quebrada Alto Huarca.

En la Figura 8.21 se muestra la comparación de los resultados de los parámetros de pH, sulfatos, cobre, plomo y zinc (2019), con los resultados del OEFA (2018) y la línea base<sup>10</sup> reportado Compañía Minera Antapaccay S.A., en los puntos cuyas ubicaciones coinciden.

De los resultados del OEFA (2018 y 2019) en agua, la quebrada sin nombre 3 (AS-22), ubicada al pie del dique de la presa de relaves Huinipampa, presentó los mayores valores de conductividad, sulfatos, aluminio, cobre y manganeso con respecto a los puntos ubicados en la quebrada Churupanca a la cual tributa. El incremento de estos parámetros en la quebrada Churupanca, se debe al aporte de la quebrada sin nombre 3, de aguas arriba (AS-21) a aguas abajo (AS-23).

De los resultados del OEFA (2018-2019) y de los registrados en agua en la línea base, en el río Cañipia se observó un ligero incremento de la conductividad eléctrica, las concentraciones de sulfatos y cobre, desde aguas arriba (AS-16) hasta aguas abajo del punto de vertimiento V-01 y la faja transportadora de mineral (AS-17).

De los resultados del OEFA (2018-2019) en agua, en la quebrada Ccatunmayo presentaron concentraciones similares de sulfatos, cobre y plomo, al igual, que en la quebrada Alto Huarca, donde el valor de pH y las concentraciones de sulfatos, cobre, plomo y zinc, también fueron similares.

<sup>10</sup> «Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Antapaccay – Expansión Tintaya», aprobado el 6 de julio de 2010 por el Minem mediante R.D. N.º 225-2010-MEM-AAM.



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



Figura 8.21. Comparación de los resultados de agua, de las evaluaciones realizadas por el OEFA con el estudio de línea base a) pH, b) sulfatos, c) cobre, d) plomo y e) zinc en los ríos Cañipia y quebradas Churupanca, Alto Huarca y Ccatunmayo



## 9. CONCLUSIONES

### 9.1. Zona 1: Microcuenca del río Salado

En el río Ccamacmayo el valor del pH, la conductividad eléctrica y la concentración de sulfatos en el agua se incrementaron desde aguas arriba (AS-29A) hasta aguas abajo (AS-30) del depósito de relaves Ccamacmayo, llegando a incumplir los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para agua categorías 3 y 4 (2008) solo para el pH. En los sedimentos las concentraciones de cobre y zinc se incrementaron desde aguas arriba (SED-29A) hasta aguas abajo (SED-30), llegando a superar el valor ISQG de la guía de calidad ambiental para sedimento en cuerpos de agua dulce de Canadá, para el cobre. Sin embargo, estas características no influyeron sobre la riqueza de macroinvertebrados bentónicos ya que aumentó de 8 especies aguas arriba (HB-29A) hasta 15 especies aguas abajo (HB-30); del mismo modo, la calidad ecológica, según el ABI, tampoco se vio afectada, ya que aumentó de moderada (HB-29A) a buena (HB-30), con presencia de especies sensibles como *Claudioperla* sp., esto se debe al tipo de lecho del río y disponibilidad de microhábitats. Con respecto a la comparación de resultados en agua (2018 - 2019), entre los puntos de monitoreo aguas arriba y aguas abajo, el pH y las concentraciones de sulfatos se incrementaron, mientras que las concentraciones de cobre y el plomo se registraron similares.

En el río Tintaya el valor del pH y las concentraciones de cobre, plomo y zinc en el agua se incrementaron desde aguas arriba (AS-27) hasta aguas abajo de la planta de óxidos y del depósito de relaves extajo Tintaya (AS-37), llegando a incumplir los ECA para agua, Categoría 4 (2008). En los sedimentos las concentraciones de cobre, manganeso y plomo se incrementaron desde aguas arriba (SED-27) hasta aguas abajo (SED-37) llegando a superar el valor PEL de la guía canadiense solo en el caso del cobre. Estas características afectaron la riqueza de macroinvertebrados bentónicos, ya que disminuyó de 13 especies aguas arriba (HB-27) hasta 7 especies aguas abajo (HB-37); sin embargo, la calidad ecológica, según el ABI, se mantuvo constante siendo moderada en ambos puntos, con presencia de especies tolerantes como *Cricotopus* sp. Con respecto a la comparación de resultados (2018 - 2019) con los de la línea base, el valor del pH y las concentraciones de sulfatos, cobre, plomo y zinc en agua se incrementaron, de aguas arriba hacia aguas abajo de la planta de óxidos y del depósito de relaves extajo Tintaya.

El punto de la quebrada Yanamayo (AS-36), aguas abajo del botadero 23, presentó un pH alcalino y concentraciones de sulfatos, cobre y manganeso que superaron los valores de los ECA para agua (2008), mientras que, en los sedimentos (SED-36), las concentraciones del plomo y zinc superaron los valores ISQG y el cobre el valor PEL de la guía canadiense. Además, la riqueza de macroinvertebrados bentónicos (HB-36) registró 14 especies y una mala calidad ecológica, según el ABI, con una predominancia de especies tolerantes (11 especies), el cual estuvo relacionado a la presencia de un caudal reducido. Con respecto a la comparación de resultados (2018 - 2019) con los de la línea de base en agua, el pH registró valores similares, mientras que el cobre se incrementó con respecto a la línea base.

### 9.2. Zona 2: Microcuenca del río Cañipia

En la quebrada Churupanca, el valor del pH, la conductividad eléctrica y la concentración de sulfatos se incrementaron desde aguas arriba (AS-21) hasta aguas abajo de la confluencia de la quebrada sin nombre 3 (AS-23), llegando a incumplir los ECA para agua, categorías 3 y 4 (2008), solo para el pH; esto se debería al aporte de la quebrada sin nombre 3 (AS-22), ubicada al pie del dique de la presa de relaves Huinipampa, la que registró un pH ligeramente alcalino con concentraciones de sulfatos que incumplieron los ECA para agua, Categoría 3 (2008). En los sedimentos las concentraciones de cobre y zinc se incrementaron desde aguas arriba (SED-21) hasta aguas abajo (SED-23), pero no superaron los valores ISQG y PEL de la guía canadiense. Sin embargo, estas características no influyeron sobre la riqueza de



macroinvertebrados bentónicos, ya que aumentaron de 13 especies aguas arriba (AS-23) hasta 16 especies aguas abajo (HB-23); del mismo modo, la calidad ecológica, según el ABI, aumentó de moderada (HB-21) a buena (HB-23), sin presencia de especies sensibles. Con respecto a la comparación de resultados en agua (2018 - 2019), la quebrada sin nombre 3 (AS-22) presenta los mayores valores de conductividad, sulfatos, aluminio, cobre y manganeso con respecto a los puntos ubicados en la quebrada Churupanca; el incremento de estos parámetros en la quebrada Churupanca, se debe al aporte de la quebrada sin nombre 3, de aguas arriba (AS-21) a aguas abajo (AS-23).

En el río Cañipia los valores de conductividad eléctrica y concentración de sulfatos, cobre, manganeso, plomo y zinc se incrementaron ligeramente desde aguas arriba (AS-16) hasta aguas abajo del vertimiento V-01 y la faja transportadora de mineral (AS-17), cumpliendo los ECA para agua categorías 3 y 4 (2008). En los sedimentos la concentración de cobre, manganeso, plomo y zinc se incrementaron ligeramente desde aguas arriba (SED-16) hasta aguas abajo (SED-17), donde solo la concentración de cobre superó los valores PEL de la guía canadiense en ambos puntos. Asimismo, la riqueza de los macroinvertebrados bentónicos se mantuvo similar, registrando 16 especies aguas arriba (HB-16) y 18 especies aguas abajo (HB-17); del mismo modo, la calidad ecológica, según el ABI, se mantuvo constante siendo buena en ambos puntos, con presencia de especies sensibles como *Andesiops* sp. Con respecto a la comparación de resultados (2018 - 2019) con lo registrado en la línea base en agua, se observó un ligero incremento de la conductividad eléctrica y las concentraciones de sulfatos y cobre, desde aguas arriba (AS-16) hasta aguas abajo (AS-17).

El punto de monitoreo ubicado en la quebrada Alto Huarca (AS-07), ubicado aguas abajo de los tajos Sur y Norte, y de los botaderos Sur y Norte, registró un pH alcalino (8,57) que incumplió los ECA para agua categorías 3 (2008), y en los sedimentos las concentraciones de arsénico y cobre superaron el valor PEL de la guía canadiense. Sin embargo, la riqueza de macroinvertebrados bentónicos fue de 15 especies, con una calidad ecológica buena, según el ABI, con presencia de especies sensibles como *Andesiops* sp. Con respecto a la comparación de resultados (2018 - 2019) en agua, presentó concentraciones similares de sulfatos, cobre, plomo y zinc.

El punto de monitoreo ubicado en la quebrada Ccatunmayo (AS-03), ubicado aguas abajo de los tajos Sur y Norte, y de los botaderos Sur y Norte, presentó un valor de pH y concentraciones de sulfatos y metales que cumplieron con los ECA para agua (2008), y en los sedimentos las concentraciones de metales no superaron la guía canadiense, lo que se refleja en la riqueza de macroinvertebrados bentónicos con 22 especies y una calidad ecológica buena, según el ABI, con presencia de especies sensibles como *Andesiops* sp. Con respecto a la comparación de resultados (2018 - 2019) en agua, presentó concentraciones similares de sulfatos, cobre y plomo.

## 10. RECOMENDACIONES

- Remitir una copia del presente informe a la Dirección de Supervisión Ambiental en Energía y Minas (DSEM).
- Continuar con la vigilancia ambiental en la unidad minera Antapaccay.

## 11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acosta, R., Ríos, B., Rieradevall, M. & 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.



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

Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen disposiciones complementarias, Diario Oficial El Peruano, Lima, Perú, 6 de junio de 2017.

Decreto Supremo N° 002-2008-2017-MINAM, Aprueban los Estándares de Calidad Ambiental para Agua, Diario Oficial El Peruano, Lima, Perú, 30 de julio de 2008.

Domínguez, E. & Fernández, H. (2009). Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos: Sistemática y biología. 1era edición. Tucumán, Argentina. Fundación Miguel Lillo.

Encalada, A.C., Rieradevall, M., Ríos-Touma, B., García, N, & Prat, N. (2011). *Protocolo simplificado y guía de evaluaciones de la calidad de ríos andinos (CERA-S)*. Quito: USFQ, UB, AECIO, FONAG.

Jacobsen D. & Encalada A. (1998). The macroinvertebrate fauna of Ecuadorian highland streams in the wet and dry season. Arch. Hydrobiol. 142 (1): 53-70.

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

Magurran A. (1991). *Diversidad Ecológica y su medición*. Barcelona, España: Ediciones Vedra.

Ministerio del Ambiente (MINAM). (2014). Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú. Lima. Por Samanez, V. I., Rimarachín, C. V., Palma G. C., Arana, M. J., Ortega T. H., Correa, R. V. & Hidalgo, D. M.

Moreno, C. E. (2001). Métodos para medir la biodiversidad. M&T-Manuales y Tesis SEA, Vol. 1. Zaragoza, España. 84 pp.

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

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

Resolución Jefatural N.º 056-2018-ANA. Aprueban Clasificación de Cuerpos de Aguas Continentales Superficiales, Diario Oficial El Peruano, Lima, Perú 21 de febrero del 2018.

Resolución Jefatural N.º 010-2016-ANA. Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales, Diario Oficial El Peruano, Lima, Perú, 13 de enero de 2016.

## 12. ANEXOS

Anexo 1: Tablas de resultados

Anexo 2: Mapa de ubicación

Anexo 3: Mapa de los puntos de monitoreo por componente

Anexo 4: Ficha fotográfica

Anexo 5: Datos de campo – agua, sedimento e hidrobiología

Anexo 6: Certificados de calibración de los equipos

Anexo 7: Cadena de custodia

Anexo 8: Informes de ensayo de laboratorio

Anexo 9: sistematización de IGAs



**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]**

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: 05715507"



05715507