

**INFORME N° 00176 -2019-OEFA/DEAM-STEC**

<b>A</b>	:	<b>FRANCISCO GARCÍA ARAGÓN</b> Director de Evaluación Ambiental
<b>DE</b>	:	<b>LÁZARO WALTHER FAJARDO VARGAS</b> Subdirector de la Subdirección Técnica Científica
	:	<b>LUIS ÁNGEL ANCCO PICHUILLA</b> Coordinador de Evaluaciones Ambientales en Minería y Energía
<b>ASUNTO</b>	:	Vigilancia ambiental en el área de influencia de la unidad minera Constancia administrada por Hudbay Perú S.A.C.
<b>CUE</b>	:	2019-02-0002
<b>CÓDIGO DE ACCIÓN</b>	:	0006-3-2019-401
<b>REFERENCIA</b>	:	Planefa 2019
<b>FECHA</b>	:	Lima, 14 de Agosto 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 Constancia de Hudbay Perú S.A.C. son presentados en la Tabla 1.1.

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

a.	Zona evaluada	Distritos de Chamaca, Livitaca y Velille, provincia de Chumbivilcas, departamento de Cusco
b.	Unidades fiscalizables en la zona de estudio o actividades económicas	Área de influencia de la unidad minera Constancia administrada por Hudbay Perú S.A.C.
c.	Problemática identificada	Presunta afectación de los cuerpos de agua ubicados en el área de influencia de la unidad minera Constancia
d.	La actividad se realizó en el marco de	Planefa 2019/ POI 2019
e.	Tipo de evaluación	Vigilancia Ambiental
f.	Periodo de ejecución	Del 13 al 15 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 y Gabinete
4	Jorge Peralta Argomeda	Biólogo	Gabinete
5	Juan Walker Ruíz Cáceres	Ing. Químico	Campo
6	Santos Ramos Canales	Ing. Ambiental	Campo

## 2. DATOS DE LA ACTIVIDAD REALIZADA

Los parámetros evaluados en la vigilancia ambiental en el área de influencia de la unidad minera Constancia realizada del 13 al 15 de marzo de 2019 se presentan en la Tabla 2.1 y 2.2.

**Tabla 2.1.** Parámetros evaluados

Matriz evaluada	Parámetros evaluados	Cantidad de estaciones
Agua superficial	pH	19
	Temperatura	19
	Conductividad	19
	Oxígeno disuelto	19
	Metales totales	19
	Metales disueltos	3
	Sulfatos	19
Sedimento	Metales totales	12
Comunidades hidrobiológicas	Macroinvertebrados	15

Parámetros que excedieron la normativa de la vigilancia ambiental en el área de influencia de la unidad minera Constancia de Hudbay Perú S.A.C. realizada del 13 al 15 de marzo de 2019:

**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	Quebrada Cunahuirí	QCuna1A	NW-24(1)	pH	pH
	Quebrada Soropata	AS-QSoro1	-	Manganeso	Manganeso
		AS-QSoro1/ DUP-01	-	Manganeso	Manganeso
Sedimento	Quebrada Telaracaca	SED-QTel1A	NW-50	NA	Plomo, zinc
		SED-QTela1	-	NA	Cobre, plomo, zinc
		SED-QTela2	NW-51	NA	Cobre, plomo, zinc
	Quebrada Cunahuirí	SED-QCuna1A	-	NA	Cobre, plomo, zinc
	Quebrada Qutinacocha	SED-QQut1	NW-11	NA	Arsénico, cadmio, cobre, mercurio, plomo, zinc
	Quebrada Casanuma	SED-QCasa2	NW-09	NA	Cobre, plomo, zinc
	Río Chilloroya	SED-RChil7	NW-110	NA	Plomo, zinc
	Quebrada Huayllachane	SED-QHuay1	-	NA	Cadmio, cobre, mercurio, plomo, zinc
Quebrada Sacrane	SED-QSacr1	-	NA	Cadmio, cobre, plomo, zinc	

<sup>(1)</sup> Agua Superficial: ECA para agua categoría 3 (Riego de vegetales y bebida de animales) 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) aprobado mediante Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM; Sedimento: CEQG (*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

NA: no aplica la comparación

## 3. OBJETIVO

### 3.1. OBJETIVO GENERAL

Realizar la vigilancia ambiental en el área de influencia de la unidad minera Constancia administrada por Hudbay Perú S.A.

### 3.2.OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar la calidad del agua en el río Chilloroya y sus principales quebradas tributarias, y efluentes provenientes de las pozas de sedimentación (TMF N.º 1 y 2, cadmio N.º1 y N.º2) y la poza principal.
- Evaluar la calidad del sedimento en el río Chilloroya y sus principales quebradas tributarias.
- Evaluar el comportamiento y la calidad ecológica mediante el uso de macroinvertebrados bentónicos en el río Chilloroya y sus principales quebradas tributarias.

### 4. ÁREA DE ESTUDIO

El presente estudio está enmarcado en el área de influencia de la unidad minera (en adelante, UM) Constancia<sup>1</sup>, ubicada en los Andes meridionales del Perú, en los distritos de Chamaca, Livitaca y Velille, provincia de Chumbivilcas, en el departamento del Cusco, con una altitud que varía entre los 3850 a 4800 m s. n. m.

La evaluación comprende principalmente al río Chilloroya y sus principales quebradas tributarias (Casanuma, Telaracaca, Cunahuirí, Soropata, Sacrane, Huayllachane y Qutinacocha), que se encuentran influenciadas directamente por las actividades de la UM Constancia (ver Anexo 2), las cuales para el estudio se dividieron en 2 zonas: la zona 1 que comprende a las quebradas Telaracaca, Cunahuirí y Qutinacocha, y la zona 2, que comprende al río Chilloroya y a las quebradas Casanuma, Huayllachane, Soropata y Sacrane.

### 5. METODOLOGÍA

En este apartado se presenta la metodología empleada en la vigilancia ambiental en el área de influencia de la UM Constancia. Dicha metodología está dividida para cada uno de los componentes ambientales evaluados.

#### 5.1. 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.

##### 5.1.1. Protocolo de monitoreo

El protocolo de monitoreo utilizado se describe en la Tabla 5.1.

**Tabla 5.1.** Protocolo de monitoreo utilizado para calidad de agua

Componente Ambiental	Protocolo	Sección	País	Institución	Dispositivo legal	Año
Agua superficial y subterránea	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
Agua residual industrial y efluentes mineros	Protocolo de monitoreo de calidad de agua sub sector – minería	Sección 2.0 Estaciones de muestreo	Perú	Dirección General de Asuntos Ambientales Mineros	Resolución Directoral N.º 004-94-EM/DGAA	1994

<sup>1</sup> Estudio de Impacto Ambiental de explotación del proyecto minero Constancia aprobado con R.D. N.º 390-2010-MEM-AAM.

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

Componente Ambiental	Protocolo	Sección	País	Institución	Dispositivo legal	Año
				(DGAAM) del Minem		
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

### 5.1.2. Ubicación de los puntos de monitoreo

Para la realización de la vigilancia ambiental se determinó la toma de 23 puntos de monitoreo (Tabla 5.2), los cuales fueron seleccionados a partir de la revisión de los Informes N.º 094-2017-OEFA/DE-SDLB-CEAME y N.º 0355-2018-OEFA-DEAM-STEC, y definidos en las reuniones de coordinación con personal de la DSEM, considerando dentro de ello, los siguientes criterios:

- Puntos establecidos en los instrumentos de gestión ambiental (IGA).
- Puntos de monitoreo con registro histórico de parámetros en cuerpos de agua cercanos a los componentes mineros que superaron los estándares de calidad ambiental (ECA).
- 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 5.2.** Puntos de monitoreo de calidad de agua

Nº	Código	Coordenadas UTM WGS-84 Zona 19 L		Altitud m s.n.m.	Descripción
		Este	Norte		
<b>Zona 1: Quebradas Telaracaca, Cunahuirí y Qutinacocha</b>					
1	AS-QTel1A	205889	8397616	4241	Punto ubicado en la quebrada Telaracaca, aproximadamente a 1,5 kilómetros aguas arriba del futuro tajo Pampacancha.
2	AS-QTela1	202601	8396331	4073	Punto ubicado en la quebrada Telaracaca, aguas arriba de la confluencia con la quebrada Cunahuirí, en dirección suroeste de la zona de minería artesanal.
3	AS-QCuna1A	203942	8398722	4236	Punto ubicado en la quebrada Cunahuirí, aproximadamente a 700 m aguas arriba de la confluencia con la quebrada sin nombre 2.
4	AS-QQut1	202752	8399842	4339	Punto ubicado en la quebrada Qutinacocha, aproximadamente a 1,3 Km de la descarga de la laguna Qutinacocha.
5	AS-QCuna1	202470	8396367	4078	Punto ubicado en la quebrada Cunahuirí, antes de la confluencia con la quebrada Telaracaca.
6	AS-QTela2	202381	8396243	4084	Punto ubicado en la quebrada Telaracaca, aguas abajo de la confluencia con la quebrada Cunahuirí.
<b>Zona 2: Río Chilloroya y quebradas Casanuma, Soropata, Huayllachane y Sacrane</b>					
7	AS-RChil3	200242	8396050	4042	Punto ubicado en el río Chilloroya, aguas arriba de la confluencia con la quebrada Casanuma.
8	AS-QCasa2	200574	8396326	4033	Punto ubicado en la quebrada Casanuma, aguas abajo de la confluencia con la quebrada Telaracaca.
9	AS-RChil4	200112	8396581	4030	Punto ubicado en el río Chilloroya, aguas abajo de la confluencia con la quebrada Casanuma.

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

N°	Código	Coordenadas UTM WGS-84 Zona 19 L		Altitud m s.n.m.	Descripción
		Este	Norte		
10	AS-QSNom3 <sup>a</sup>	199132	8397114	4014	Punto ubicado en la quebrada sin nombre 3, antes de la confluencia con el río Chilloroya.
11	AS-RChil7	198228	8397392	3990	Punto ubicado en el río Chilloroya, aproximadamente a 220 m aguas abajo del punto de vertimiento PV-TMF2 (poza de sedimentación de la relavera N.º 2).
12	AS-QHuay1	198311	8398895	3947	Punto ubicado en la quebrada Huayllachane, antes de la confluencia con el río Chilloroya.
13	AS-QSoro1B <sup>a</sup>	200903	8399330	4229	Punto ubicado en la quebrada Soropata, a 900 m aproximadamente aguas arriba del punto QSoro1A.
14	AS-QSoro1A/ DUP-01*	200040	8399103	4092	Punto ubicado en la quebrada Soropata, aproximadamente a 50 m aguas arriba del punto QSoro1.
15	AS-QSoro1	199907	8399116	4078	Punto ubicado en la quebrada Soropata, aproximadamente a 50 m aguas abajo del punto QSoro1A.
16	AS-QSoro2	198236	8399259	3944	Punto ubicado en la quebrada Soropata, antes de la confluencia con el río Chilloroya.
17	AS-RChil10	198017	8399697	3915	Punto ubicado en el río Chilloroya, aguas abajo de la confluencia con la quebrada Soropata.
18	AS-QSacri	200557	8400214	4253	Punto ubicado en la quebrada Sacrane, aguas arriba de la confluencia con la quebrada sin nombre 5.
<b>Efluentes mineros</b>					
19	PV-PTMF2 <sup>bc</sup>	198427	8397104	3978	Descarga de la poza de sedimentación del TMF N.º 2.
20	PV-PCC2 <sup>bc</sup>	198748	8397045	3994	Descarga de la poza de sedimentación del cadmio N.º 2.
21	PV-PTMF1 <sup>bc</sup>	199412	8396725	4016	Descarga de la poza de sedimentación del TMF N.º 1.
22	PV-PCC1 <sup>b</sup>	199061	8397217	4011	Descarga de la poza de sedimentación del cadmio N.º 1.
23	PV-PSP <sup>b</sup>	199317	8398009	4002	Descarga de la poza principal de sedimentación.

<sup>a</sup> No se realizó la toma de muestra en estos puntos por estar ubicados en zonas restringidas.

<sup>b</sup> No se realizó la toma de muestra de los puntos de vertimiento de efluentes por no presentar flujo de descarga.

<sup>c</sup> Se realizó la toma de muestra en los canales receptores de las descargas de las pozas de sedimentación antes de su confluencia al río Chilloroya.

\* Los códigos AS-Soro1A y DUP-01 corresponden al mismo punto, AS-Soro1A se considera en las fichas y resultados de sulfatos y DUP-01 se considera en los resultados de metales totales.

### 5.1.3. Equipos utilizados, parámetros y metodología 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 5.3.

**Tabla 5.3.** 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

En la Tabla 5.4 se detallan los parámetros analizados y los métodos empleados para el análisis de las muestras de agua.

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

**Tabla 5.4.** Parámetros y métodos para el análisis de agua superficial

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.

#### 5.1.4. Procesamiento de datos

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

#### 5.1.5. Criterios de evaluación

Para evaluar la calidad de los recursos hídricos, los resultados de los análisis de agua superficial fueron comparados con la normativa estipulada en el instrumento de gestión ambiental<sup>2</sup> del administrado, donde se compromete a realizar la comparación con los Estándares de Calidad Ambiental para agua (en adelante, ECA para agua) Categoría 3: Riego de Vegetales y Bebida de Animales aprobados mediante D. S. N.º 002-2008-MINAM; asimismo se realizó la comparación referencial con la normativa vigente (D.S: N.º 004-2017-MINAM). Los resultados obtenidos de los puntos de monitoreo ubicados en los canales que reciben aguas que descargan de las pozas de sedimentación, fueron comparados de forma referencial con las normativas antes mencionadas.

En la Tabla 5.5 se presentan las normativas y categorías utilizadas para la evaluación de la calidad del agua.

**Tabla 5.5.** Categorías de comparación empleados para agua superficial

Cuerpo de agua	Categoría de comparación	Normativa de comparación
Río Chilloroya	Categoría 3: Riego de vegetales y Bebida de animales	Decreto Supremo N.º 002-2008-MINAM Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM (referencial)
Quebrada Casanuma		
Quebrada Telaracaca		
Quebrada Huayllachane		
Quebrada Cunahuirí		
Quebrada Qutinacocha		
Quebrada Soropata		
Quebrada Sacrane		

#### 5.2. 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.

##### 5.2.1. 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 5.6.

<sup>2</sup> Segunda Modificación del Estudio de Impacto Social y Ambiental del Proyecto Constancia - Ampliación Pampacancha del proyecto Constancia, aprobado mediante R.D. N.º 168-2015-MEM-DGAAM.

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

**Tabla 5.6.** 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
Manual 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

### 5.2.2. Ubicación de los puntos de monitoreo

Los puntos de monitoreo fueron establecidos en los mismos puntos de monitoreo de agua superficial cuyas características permitan la toma de muestra de sedimento, indicados en la Tabla 5.7. Es preciso indicar que se adicionó el prefijo «SED» a la codificación de los puntos asociados al monitoreo de agua.

**Tabla 5.7.** Puntos de monitoreo de calidad de sedimentos

N°	Código	Coordenadas UTM WGS-84 Zona 19 L		Altitud (m s.n.m.)	Descripción
		Este	Norte		
<b>Zona 1: Quebradas Telaracaca, Cunahuiri y Qutinacocha</b>					
1	SED-QTela1A	205889	8397616	4241	Punto ubicado en la quebrada Telaracaca, aproximadamente a 1,5 kilómetros aguas arriba del futuro tajo Pampacancha.
2	SED-QTela1	202601	8396331	4073	Punto ubicado en la quebrada Telaracaca, aguas arriba de la confluencia con la quebrada Cunahuiri en dirección suroeste de la zona de minería artesanal.
3	SED-QCuna1A	203942	8398722	4236	Punto ubicado en la quebrada Cunahuiri, aproximadamente a 700 m aguas arriba de la confluencia con la quebrada sin nombre 2.
4	SED-QQut1	202752	8399842	4339	Punto ubicado en la quebrada Qutinacocha, aproximadamente a 1,3 Km de la descarga de la laguna Qutinacocha.
5	SED-QTela2	202381	8396243	4084	Punto ubicado en la quebrada Telaracaca, aguas abajo de la confluencia con la quebrada Cunahuiri.
<b>Zona 2: Río Chilloroya y quebradas Casanuma, Huayllachane y Sacrane</b>					
6	SED-RChil3	200242	8396050	4042	Punto ubicado en el río Chilloroya, aguas arriba de la confluencia con la quebrada Casanuma.
7	SED-QCasa2	200574	8396326	4033	Punto ubicado en la quebrada Casanuma, aguas abajo de la confluencia con la quebrada Telaracaca.
8	SED-RChil4	200112	8396581	4030	Punto ubicado en el río Chilloroya, aguas abajo de la confluencia con la quebrada Casanuma.
9	SED-RChil7	198228	8397392	3990	Punto ubicado en el río Chilloroya, aproximadamente a 220 m aguas abajo del punto de vertimiento PV-TMF2 (poza de sedimentación de la relavera N.º 2).
10	SED-QHuay1	198311	8398895	3947	Punto ubicado en la quebrada Huayllachane, antes de la confluencia con el río Chilloroya.
11	SED-RChil10	198017	8399697	3915	Punto ubicado en el río Chilloroya, aguas abajo de la confluencia con la quebrada Soropata.

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

N°	Código	Coordenadas UTM WGS-84 Zona 19 L		Altitud (m s.n.m.)	Descripción
		Este	Norte		
12	SED-QSacr1	200557	8400214	4253	Punto ubicado en la quebrada Sacrane, aguas arriba de la confluencia con la quebrada sin nombre 5.

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

Las herramientas y equipos empleados para el monitoreo se detallan en la Tabla 5.8.

**Tabla 5.8.** 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 empleados se detallan en la Tabla 5.9.

**Tabla 5.9.** Parámetros y métodos para el análisis 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.

### 5.2.4. Procesamiento de datos

Los resultados analíticos obtenidos en la vigilancia ambiental fueron digitalizados y ordenados en una base de datos para cada parámetro evaluado en el área de estudio, previa revisión mediante filtros de calidad, que aseguren la inexistencia de datos erróneos en el sistema, para posteriormente ser comparados según con la normativa que corresponda.

### 5.2.5. Criterios de evaluación

Los resultados de la concentración de metales totales fueron comparados de acuerdo al IGA<sup>3</sup>, referencialmente con los valores de la guía de calidad ambiental para sedimento en cuerpos de agua dulce de Canadá (*Canadian Council of Ministers of the Environment - Sediment Quality Guidelines for Protection of Aquatic Life – Fresh water*)<sup>4</sup>, en adelante CCME.

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.
- *Probable Effect Level - PEL* (Nivel de efecto probable): Representan el nivel que usualmente o siempre está asociado a efectos biológicos adversos.

<sup>3</sup> Segunda Modificación del Estudio de Impacto Social y Ambiental del Proyecto Constancia - Ampliación Pampacancha del proyecto Constancia, aprobado mediante R.D. N° 168-2015-MEM-DGAAM.

<sup>4</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/).

### 5.3. 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.

#### 5.3.1. 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 5.10).

**Tabla 5.10.** Protocolo de monitoreo 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

#### 5.3.2. Ubicación de los puntos de monitoreo

Los puntos de monitoreo son 15, los cuales fueron establecidos en los mismos cuerpos de agua donde se tomaron muestras de agua superficial, considerando si las condiciones de los cuerpos de agua permitían el desarrollo de los macroinvertebrados bentónicos. Es preciso indicar que se adicionó el prefijo «HB» a la codificación de los puntos asociados al monitoreo de agua

**Tabla 5.11.** Puntos de monitoreo de macroinvertebrados bentónicos

N°	Código	Coordenadas UTM WGS-84 Zona 19 L		Altitud (m s.n.m.)	Descripción
		Este	Norte		
<b>Zona 1: Quebradas Telaracaca, Cunahuirí y Qutinacocha</b>					
1	HB-QTel1A	205889	8397616	4241	Punto ubicado en la quebrada Telaracaca, aproximadamente a 1,5 kilómetros aguas arriba del futuro tajo Pampacancha.
2	HB-QTela1	202601	8396331	4073	Punto ubicado en la quebrada Telaracaca, aguas arriba de la confluencia con la quebrada Cunahuirí, en dirección suroeste de la zona de minería artesanal.
3	HB-QCuna1A	203942	8398722	4236	Punto ubicado en la quebrada Cunahuirí, aproximadamente a 700 m aguas arriba de la confluencia con la quebrada sin nombre 2.
4	HB-QQut1	202752	8399842	4339	Punto ubicado en la quebrada Qutinacocha, aproximadamente a 1,3 Km de la descarga de la laguna Qutinacocha.
5	HB-QTela2	202381	8396243	4084	Punto ubicado en la quebrada Telaracaca, aguas abajo de la confluencia con la quebrada Cunahuirí.
<b>Zona 2: Río Chilloroya y quebradas Casanuma, Soropata, Huayllachane y Sacrane</b>					
6	HB-RChil3	200242	8396050	4042	Punto ubicado en el río Chilloroya, aguas arriba de la confluencia con la quebrada Casanuma.
7	HB-QCasa2	200574	8396326	4033	Punto ubicado en la quebrada Casanuma, aguas abajo de la confluencia con la quebrada Telaracaca.

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

N°	Código	Coordenadas UTM WGS-84 Zona 19 L		Altitud (m s.n.m.)	Descripción
		Este	Norte		
8	HB-RChil4	200112	8396581	4030	Punto ubicado en el río Chilloroya, aguas abajo de la confluencia con la quebrada Casanuma.
9	HB-RChil7	198228	8397392	3990	Punto ubicado en el río Chilloroya, aproximadamente a 220 m aguas abajo del punto de vertimiento PV-TMF2 (poza de sedimentación de la relavera N.º 2).
10	HB-QHuay1	198311	8398895	3947	Punto ubicado en la quebrada Huayllachane, antes de la confluencia con el río Chilloroya.
11	HB-QSoro1A	200040	8399103	4092	Punto ubicado en la quebrada Soropata, aproximadamente a 50 m aguas arriba del punto QSoro1.
12	HB-QSoro1	199907	8399116	4078	Punto ubicado en la quebrada Soropata, aproximadamente a 50 m aguas abajo del punto QSoro1A.
13	HB-QSoro2	198236	8399259	3944	Punto ubicado en la quebrada Soropata, antes de la confluencia con el río Chilloroya.
14	HB-RChil10	198017	8399697	3915	Punto ubicado en el río Chilloroya, aguas abajo de la confluencia con la quebrada Soropata.
15	HB-QSacri1	200557	8400214	4253	Punto ubicado en la quebrada Sacrane, aguas arriba de la confluencia con la quebrada sin nombre 5.

### 5.3.3. 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 5.12.

**Tabla 5.12.** 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 5.13 se detallan los parámetros analizados y los métodos empleados para el análisis de las muestras hidrobiológicas.

**Tabla 5.13.** 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/0,09m <sup>2</sup>	Identificación taxonómica y análisis cuantitativo	OEFA*

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

### 5.3.4. Procesamiento de datos

En esta sección se describe las comunidades hidrobiológicas en cuanto a la composición, riqueza y abundancia, índice de diversidad alfa e índice de diversidad beta 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 Constanza. Esta clasificación taxonómica se encuentra en el Anexo 1 del presente informe.

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

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 monitoreo; posteriormente, se realizó las representaciones mediante gráficas acumuladas por zona evaluada.

**b) Diversidad alfa**

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

$$N1 = exp(H') \tag{6.1}$$

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

$$N2 = \frac{1}{\text{Índice de Simpson}} \tag{6.2}$$

Por último, se desarrolló el índice de equidad de Pielou, el cual mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor va de 0 a 1, de forma que 1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes (Pielou, 1975; Peet, 1974; Magurran, 1991).

$$J' = \frac{H'}{H'_{max}} \tag{6.3}$$

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 (ver Tabla 5.14) presente en cada punto de monitoreo.

**Tabla 5.14.** 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
	Limnaeidae	3		Hydropsychidae	5
	Physidae	3		Lepidoptera	Pyralidae

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
	Planorbidae	3	Coleoptera	Dryopidae	5
Bivalvia	Sphaeriidae	3		Elmidae	5
Amphipoda	Hyalellidae	6		Hydraenidae	5
Hydracarina		4		Lampyridae	5
Ephemeroptera	Leptophlebiidae	10		Psephenidae	5
	Oligoneuridae	10		Ptilodactylidae	5
	Leptohiphidae	7		Scirtidae(helodidae)	5
	Baetidae	4		Gyrinidae	3
Odonata	Polythoridae	10		Dytiscidae	3
	Calopterygidae	8		Hydrophilidae	3
	Gomphidae	8	Staphylinidae	3	
	Aeshnidae	6	Diptera	Blepharoceridae	10
	Coenagrionidae	6		Athericidae	10
	Libellulidae	6		Simuliidae	5
Plecoptera	Perlidae	10		Tipulidae	5
	Gripopterygidae	10		Ceratopogonidae	4
Heteroptera	Corixidae	5		Dixidae	4
	Gerridae	5		Dolichopodidae	4
	Naucoridae	5		Empididae	4
	Notonectidae	5		Limoniidae	4
	Veliidae	5		Stratiomyidae	4
	Belostomatidae	4	Tabanidae	4	
	Trichoptera	Anomalopsychidae	10	Psychodidae	3
Calamoceratidae		10	Chironomidae	2	
Helicopsychidae		10	Culicidae	2	
Odontoceridae		10	Ephydriidae	2	
Hydrobiosidae		8	Muscidae	2	
Leptoceridae		8	Syrphidae	1	
Philopotamidae		8			

Fuente: Acosta R, Rios B, Rieradevall M y Pratt N. (2009).

La sumatoria obtenida se compara con la tabla de «estados de calidad ecológica de agua» (ver Tabla 5.15) propuesta por Acosta *et al.* (2009).

**Tabla 5.15.** 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 *et al.* (2009)

Adicionalmente, para estimar el grado de perturbación de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos, se recategorizaron las especies registradas a grupos bioindicadores, definidos referencialmente a partir de la clasificación de familias del índice ABI (Acosta *et al.*, 2009), considerando 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).

## 6. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Con la finalidad de realizar la interpretación, el análisis de los resultados y evidenciar la posible alteración que tiene la unidad minera Constancia sobre 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: Quebradas Telaracaca, Cunahuri y Qutinacocha**

Comprende el área de la microcuenca conformada por las quebradas Cunahuri (QCuna1A y QCuna1) y Qutinacocha (QQut1), y la microcuenca Telaracaca (QTel1A, QTela1 y QTela2.). En esta zona se encuentran el futuro tajo Pampacancha y el depósito de material inadecuado.

- **Zona 2: Río Chilloroya y quebradas Casanuma, Soropata, Huayllachane y Sacrane**

Comprende el área de la microcuenca de la quebrada Casanuma (QCasa2), microcuenca de la quebrada Huayllachane (QHuay1), microcuenca de la quebrada Soropata (QSoro1A, QSoro1 y QSoro2), microcuenca de la quebrada Sacrane (QSacr1) y microcuenca del río Chilloroya (RChil3, RChil4, RChil7 y RChil10). En esta zona se encuentran el tajo Constancia, planta de procesos, depósito de relaves, descarga de la poza principal de sedimentación y las descargas de las pozas de sedimentación TMF N°2, cadmio N°2, TMF N°1 y cadmio N°1.

Los resultados de los parámetros evaluados en la vigilancia ambiental, realizada en la época de avenida (2019), 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.

### 6.1.Zona 1: Quebradas Telaracaca, Cunahuri y Qutinacocha

#### 6.1.1. Agua superficial

En esta zona se han evaluado 6 puntos de monitoreo, de los cuales 1 está ubicado en la quebrada Qutinacocha, 2 en la quebrada Cunahuri y 3 en la quebrada Telaracaca. Los resultados de los parámetros evaluados en estas quebradas fueron comparados con el ECA para agua, categoría 3, en las subcategorías D1: Riego de vegetales y D2: Bebida de animales (Cat3D1 y Cat3D2, respectivamente) señalados en el D.S. N.º 002-2008-MINAM y en el D.S. N.º 011-2017-MINAM (referencial).

De la evaluación de los parámetros de campo tal como se muestra en la Tabla 6.1 en todos los puntos evaluados en esta zona, los resultados de pH, oxígeno disuelto y conductividad cumplieron los ECA (2008 y 2017) para agua Cat3D1 y Cat3D2, excepto el punto AS-QCuna1A (quebrada Cunahuri) que incumplió el valor establecido para pH en el ECA para Agua 2008 y 2017, para la Cat3D2 (bebida de animales).

**Tabla 6.1.** Resultados de los parámetros de campo de los puntos de monitoreo de agua

Cuerpo de agua o receptor	Código	Parámetros de campo				
		Potencial de hidrógeno (pH)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Conductividad eléctrica (µS/cm)	Temperatura (°C)	Caudal (m3/s)
Quebrada Telaracaca	AS-QTel1A	7,47	6,6	60,1	9,6	0,0663
Quebrada Telaracaca	AS-QTela1	7,74	6,69	76,3	10,2	0,4595
Quebrada Cunahuri	AS-QCuna1A	8,42	6,59	120,7	12,7	0,1961

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

Cuerpo de agua o receptor	Código	Parámetros de campo					
		Potencial de hidrógeno (pH)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Conductividad eléctrica (µS/cm)	Temperatura (°C)	Caudal (m3/s)	
Quebrada Qutinacocha	AS-QQut1	8,18	5,69	235,0	14,3	0,2802	
Quebrada Cunahuiri	AS-QCuna1	8,32	6,94	189,5	9,4	0,7658	
Quebrada Telaracaca	AS-QTela2	7,72	6,71	183,5	9,5	1,2020	
ECA 2008*	Categoría 3	Riego de vegetales	6,5 - 8,5	≥ 4	< 2000	---	---
		Bebida de animales	6,5 - 8,4	> 5	≤ 5000	---	---
ECA 2017**	Categoría 3	D1: Riego de vegetales	6,5 - 8,5	≥ 4	2500	Δ3	---
		D2: Bebida de animales	6,5 - 8,4	≥ 5	500	Δ3	---

■ Incumple al menos uno de los valores del ECA para agua categoría 3

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

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

Δ3: Variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada; sin embargo, por tratarse de muestras puntuales esta variación de temperatura no será considerada.

---: No establecido en los ECA para la categoría correspondiente.

Respecto a los resultados de sulfatos y metales totales en los puntos evaluados cumplieron con los ECA (2008 y 2017) para agua, Cat3D1 y Cat3D2 (Anexo 1).

### 6.1.2. Sedimentos

En esta zona se han evaluado 5 puntos de monitoreo de sedimentos, de los cuales 1 se ubica en la quebrada Qutinacocha, 1 en la quebrada Cunahuiri y 3 en la quebrada Telaracaca. Los resultados de los parámetros evaluados en estas quebradas fueron comparados con los valores de la guía canadiense para sedimentos de aguas continentales (CCME), los demás resultados de los parámetros evaluados se encuentran en el Anexo 1.

En la Tabla 6.2 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 6.2.** Resultados de metales totales en sedimento

Cuerpo de agua	Código	Arsénico (mg/kg)	Cadmio (mg/kg)	Cobre (mg/kg)	Plomo (mg/kg)	Zinc (mg/kg)	Mercurio (mg/kg)
Quebrada Telaracaca	SED-QTel1A	< 17,5	< 1,0	10,7	68	175,8	< 0,10
Quebrada Telaracaca	SED-QTela1	< 17,5	< 1,0	84,6	166	329,5	< 0,10
Quebrada Cunahuiri	SED-QCuna1A	< 17,5	< 1,0	80,5	160	324	< 0,10
Quebrada Qutinacocha	SED-QQut1	21	2,3	51,7	177	283,3	0,21
Quebrada Telaracaca	SED-QTela2	< 17,5	< 1,0	78,4	146	299,4	< 0,10
Guía Canadiense	ISQG	5,9	0,6	35,7	35	123	0,17
	PEL	17	3,5	197	91,3	315	0,486

■ : Resultado que excede el valor ISQG, pero no el Valor PEL de las CCME-SQG.

■ : Resultado que excede el valor PEL de las CCME-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

De acuerdo con la Tabla 6.2, en el punto SED-QQut1 (quebrada Qutinacocha) las concentraciones de arsénico excedieron el valor PEL y las concentraciones de cadmio y mercurio excedieron el valor ISQG de la guía canadiense. Las concentraciones de cobre superaron el valor ISQG en todos los puntos de monitoreo a excepción del punto SED-QTel1A (quebrada Telaracaca) que no excedió ningún valor.

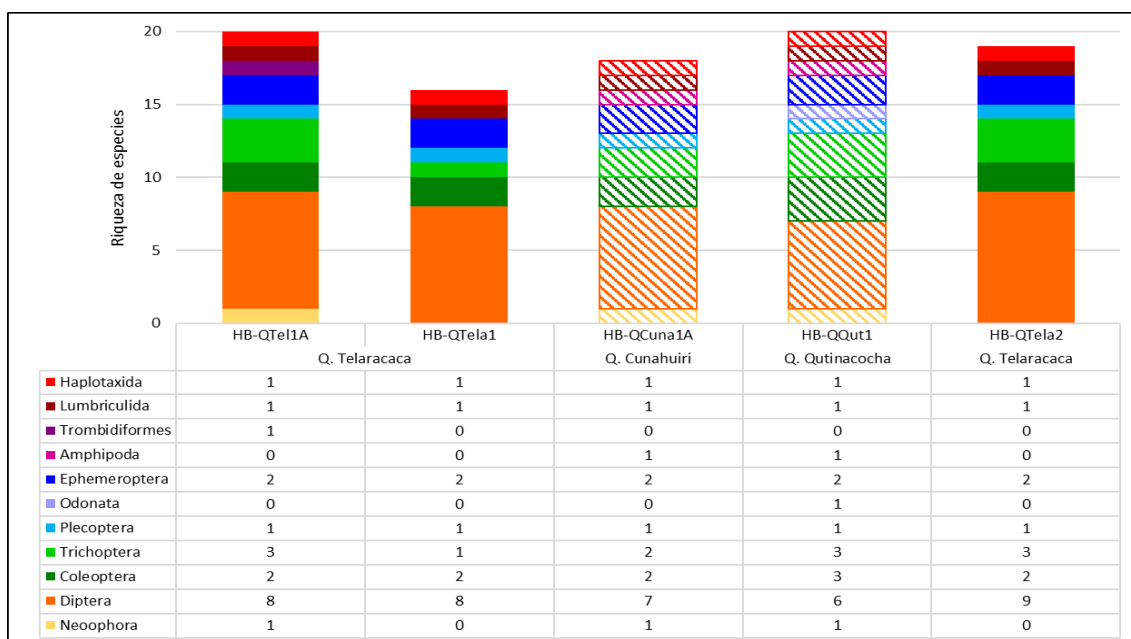
Por otro lado, las concentraciones de plomo excedieron el valor PEL de la guía canadiense en todos los puntos de monitoreo, a excepción del punto QTel1A (quebrada Telaracaca) que excedió el valor ISQG del estándar de comparación. Finalmente, las concentraciones de zinc superaron los valores de la guía canadiense en todos los puntos de monitoreo, en el caso de los puntos SED-QTela1 (quebrada Telaracaca) y SED-QCuna1A (quebrada Cunahuirí) excedieron el valor PEL; y en el caso de los puntos SED-QTel1A (quebrada Telaracaca), SED-QQut1 (quebrada Qutinacocha) y SED-QTela2 (quebrada Telaracaca) excedieron el valor ISQG.

### 6.1.3. Macroinvertebrados bentónicos

#### • Riqueza

En la zona 1, la comunidad de macroinvertebrados bentónicos estuvo representada por 32 especies, agrupadas en 3 phyla, 5 clases y 11 órdenes. El orden Díptera registró la mayor riqueza con 15 especies, seguida por el orden Trichoptera con 5 especies. En el Anexo 1 se presenta el registro completo de las especies de macroinvertebrados bentónicos.

En la Figura 6.1 se presentan los resultados de la riqueza de macroinvertebrados bentónicos por punto de monitoreo. Se observó que los puntos HB-QTel1A, ubicado en la quebrada Telaracaca, y HB-QQut1, ubicado en la quebrada Qutinacocha, registraron la mayor riqueza con 20 especies cada una; mientras que, el punto HB-QTela1, ubicado en la quebrada Telaracaca, registró la menor riqueza con 16 especies.

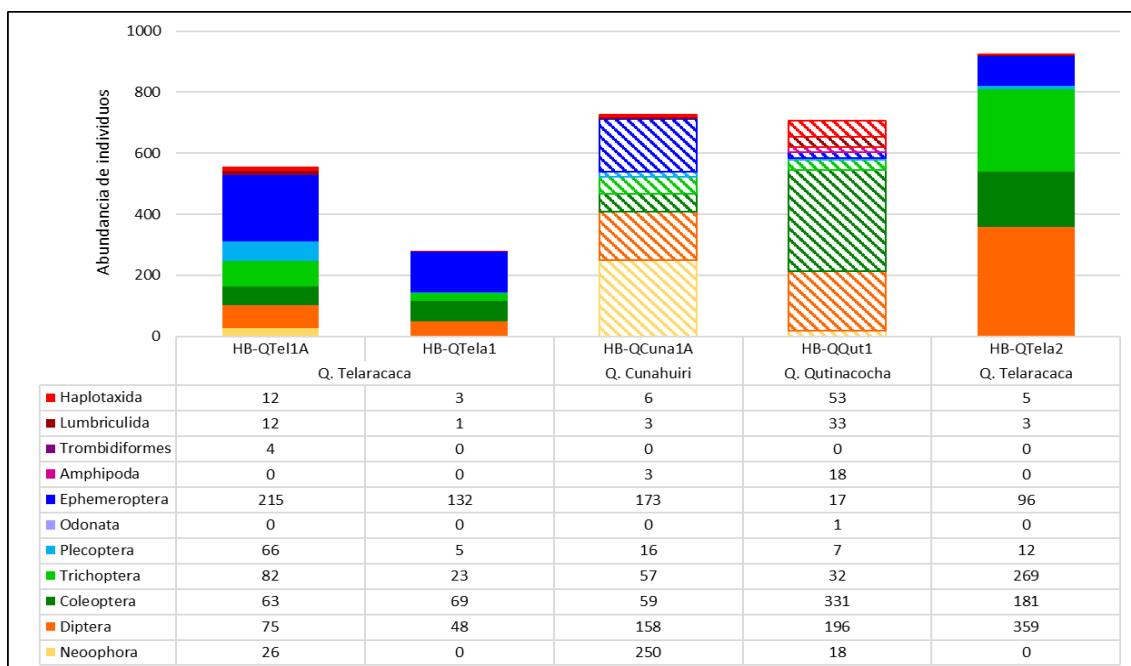


**Figura 6.1.** Riqueza de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por orden. Los colores sólidos representan el cauce principal y los colores en tramas representan los tributarios

#### • Abundancia

En la Figura 6.2 se presentan los resultados de la abundancia de macroinvertebrados bentónicos por punto de monitoreo. Se observó que el punto HB-QTela2, ubicado en la quebrada Telaracaca, registró la mayor abundancia con 925 individuos; mientras que, el punto HB-QTela1, ubicados en la quebrada Telaracaca, registró la menor abundancia con 281 individuos.

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



**Figura 6.2.** Abundancia de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por orden. Los colores sólidos representan el cauce principal y los colores en tramas representan los tributarios

• **Índices de diversidad**

En la Tabla 6.3 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 los puntos HB-QTel1A (quebrada Telaracaca) y HB-QQut1 (quebrada Qutinacocha) registraron la mayor riqueza con 20 especies cada una; mientras que, el punto HB-QCuna1A (quebrada Cunahuirí) registró los mayores valores diversidad de Shannon-Wiener (3,368) y diversidad de Simpson (0,881), los cuales se vieron reflejados en un alto valor de equidad de Pielou (0,808), que indica una distribución homogénea de la abundancia de individuos por especie registrada para dicho punto.

**Tabla 6.3.** Índices de diversidad alfa de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por punto de monitoreo

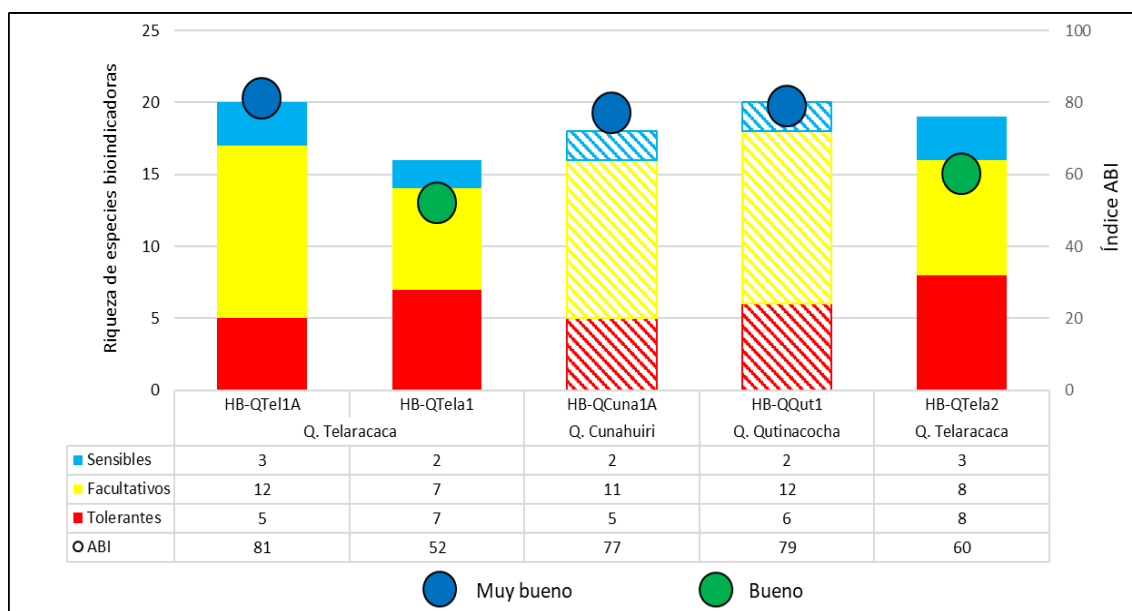
Puntos de monitoreo	HB-QTel1A	HB-QTela1	HB-QCuna1A	HB-QQut1	HB-QTela2
Riqueza de especies (S)	20	16	18	20	19
Abundancia de individuos (N)	555	281	500	706	925
Diversidad de Shannon-Wiener ( $H'$ )	3,183	2,781	3,368	2,849	2,889
Diversidad de Simpson ( $1-\lambda$ )	0,835	0,796	0,881	0,756	0,806
Dominancia de Simpson ( $\lambda$ )	0,165	0,204	0,119	0,244	0,194
Equidad de Pielou ( $J'$ )	0,737	0,695	0,808	0,659	0,680

• **Índice biótico andino y especies bioindicadoras**

En la Figura 6.3 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 HB-QTel1A (quebrada Telaracaca) registró el mayor valor con 81 que corresponde a una muy buena calidad ecológica del agua;

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

asimismo, se observó un alto número de especies sensibles (3 especies). Por otro lado, el punto HB-QTela1 (quebrada Telaracaca) registró el menor valor con 52 que corresponde a una buena calidad ecológica del agua; asimismo, presentó pocas especies sensibles (2 especies).



**Figura 6.3.** Índice biótico andino (ABI) y riqueza de especies bioindicadoras  
Los colores sólidos representan el cauce principal y los colores en tramas representan los tributarios

## 6.2.Zona 2: Río Chilloroya y quebradas Casanuma, Soropata, Huayllachane y Sacrane

### 6.2.1. Agua superficial

En esta zona se han evaluado 13 puntos de monitoreo: de los cuales 1 se ubica en la quebrada Casanuma, 3 en la quebrada Soropata, 1 en la quebrada Huayllachane, 1 en la quebrada Sacrane, y 4 puntos en el río Chilloroya. En esta zona se han analizado también los 3 puntos tomados en los canales de descarga de los efluentes, ya que confluyen al Río Chilloroya, cabe agregar que los 5 efluentes que son parte de la vigilancia ambiental se encontraban sin descarga de flujo.

Los resultados de los parámetros evaluados en los ríos y quebradas fueron comparados con el ECA para agua de la categoría 3, en las subcategorías D1: Riego de vegetales y D2: Bebida de animales (Cat3D1 y Cat3D2, respectivamente) señalados en el D.S. N.º 002-2008-MINAM y en el D.S. N.º 011-2017-MINAM (referencial)

De la evaluación de los parámetros de campo tal como se muestra en la Tabla 6.4 en todos los puntos evaluados en esta zona los resultados de pH, oxígeno disuelto y conductividad cumplieron los ECA (2008 y 2017) para agua Cat3D1 y Cat3D2.

**Tabla 6.4.** Resultados de los parámetros de campo de los puntos de monitoreo de agua

N.º	Cuerpo de agua o receptor	Código	Parámetros de campo				
			Potencial de hidrógeno (pH)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Conductividad eléctrica (µS/cm)	Temperatura (°C)	Caudal (m3/s)
1	Río Chilloroya	AS-RChil3	7,08	5,91	222,0	15,3	-
2	Quebrada Casanuma	AS-QCasa2	7,07	5,82	87,4	16,6	-
3	Río Chilloroya	AS-RChil4	7,03	5,72	39,8	15,9	-

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

N.º	Cuerpo de agua o receptor	Código	Parámetros de campo				
			Potencial de hidrógeno (pH)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Conductividad eléctrica (µS/cm)	Temperatura (°C)	Caudal (m3/s)
4	Canal	PV-PTMF1	7,09	6,69	247,0	15,1	-
5	Canal	PV-PCC2	6,99	5,56	373,0	13,3	-
6	Canal	PV-PTMF2	7,16	6,18	377,0	12,9	-
7	Río Chilloroya	AS-RChil7	7,02	6,31	43,6	11,8	-
8	Quebrada Huayllachane	AS-QHuay1	8,03	6,10	382,0	14,9	0,1057
9	Quebrada Soropata	AS-QSoro1A/ DUP-01	7,50	5,53	335,0	16,1	0,0943
10	Quebrada Soropata	AS-QSoro1	7,40	5,85	345,0	15,1	0,1196
11	Quebrada Soropata	AS-QSoro2	7,88	6,36	301,0	12,5	0,1578
12	Río Chilloroya	AS-RChil10	7,09	6,83	44,4	9,3	-
13	Quebrada Sacrane	AS-QSacr1	7,11	5,76	48,6	14,6	0,0528
ECA 2008*	Categoría 3	Riego de vegetales	6,5 - 8,5	≥ 4	< 2000	---	---
		Bebida de animales	6,5 - 8,4	> 5	≤ 5000	---	---
ECA 2017**	Categoría 3	D1: Riego de vegetales	6,5 - 8,5	≥ 4	2500	Δ3	---
		D2: Bebida de animales	6,5 - 8,4	≥ 5	500	Δ3	---

■ Incumple al menos uno de los valores del ECA para agua categoría 3

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

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

Δ3: Variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada; sin embargo, por tratarse de muestras puntuales esta variación de temperatura no será considerada.

---: No establecido en los ECA para la categoría correspondiente.

Respecto a los resultados de sulfatos y metales totales en todos los puntos evaluados cumplieron con los ECA (2008 y 2017) para agua, Cat3D1 y Cat3D2; excepto en la quebrada Soropata en los puntos AS-QSoro1A y AS-QSoro1, cuya concentración de manganeso 0,31084 y 0,28105 mg/L respectivamente, supera los ECA (2008 y 2017) para agua, Cat3D1 y Cat3D2 (Anexo 1).

### 6.2.2. Sedimento

En esta zona se han evaluado 7 puntos de monitoreo, de los cuales 1 se ubica en la quebrada Casanuma, 1 en la quebrada Huayllachane, 1 en la quebrada Sacrane y 4 en el río Chilloroya. Los resultados de los parámetros evaluados en ríos y quebradas comparados con los valores de la guía canadiense para sedimentos de aguas continentales (CCME), los demás resultados de los parámetros evaluados se encuentran en el Anexo 1.

En la Tabla 6.5 se presentan las concentraciones de metales que superaron la guía de calidad ambiental canadiense para la protección de la vida acuática (valores ISGQ y PEL) en al menos uno de los puntos evaluados.

**Tabla 6.5.** Resultados de metales totales en sedimento

Cuerpo de agua	Código	Arsénico (mg/kg)	Cadmio (mg/kg)	Cobre (mg/kg)	Plomo (mg/kg)	Zinc (mg/kg)	Mercurio (mg/kg)
Río Chilloroya	SED-RChil3	< 17,5	< 1,0	24	< 10	37	< 0,10
Quebrada Casanuma	SED-QCasa2	< 17,5	< 1,0	37,9	66	153,9	< 0,10
Río Chilloroya	SED-RChil4	< 17,5	< 1,0	15,6	16	72,7	< 0,10
Río Chilloroya	SED-RChil7	< 17,5	< 1,0	31,1	42	125,9	< 0,10
Quebrada Huayllachane	SED-QHuay1	< 17,5	8,2	190,9	167	1451	0,4

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

Cuerpo de agua	Código	Arsénico (mg/kg)	Cadmio (mg/kg)	Cobre (mg/kg)	Plomo (mg/kg)	Zinc (mg/kg)	Mercurio (mg/kg)
Río Chilloroya	SED-RChil10	< 17,5	< 1,0	17,9	33	90,7	< 0,10
Quebrada Sacrane	SED-QSac1	< 17,5	2,2	248	72	240,4	< 0,10
CEQG-SQG para la protección de la vida acuática		5,9	0,6	35,7	35	123	0,17
		17	3,5	197	91,3	315	0,486

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

: Resultado que excede el valor PEL de las CCME-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.

De acuerdo con la Tabla 6.5, se observó que los puntos de monitoreo ubicados en el río Chilloroya registraron concentraciones de metales que no superaron los valores de la Guía de Calidad Ambiental Canadiense para la protección de la vida acuática (valores ISQG y PEL), a excepción del punto SED-RChil7 que presentó concentraciones de plomo y zinc que superaron el valor ISQG de la guía en mención.

Asimismo, las quebradas tributarias al río Chilloroya presentaron concentraciones de arsénico y mercurio que cumplieron la guía canadiense (valores ISQG y PEL), a excepción de la concentración de mercurio en el punto SED-QHuay1 (quebrada Huayllachane) que excedió el valor ISQG.

Las concentraciones de cobre, plomo y zinc excedieron el valor ISQG de la guía de referencia en los puntos SED-QCasa2 (quebrada Casanuma), SED-QHuay1 (quebrada Huayllachane) y SED-QSac1 (quebrada Sacrane), a excepción de las concentraciones de plomo y zinc del punto SED-QHuay1 y las concentraciones de cobre del punto SED-QSac1 que excedieron el valor PEL.

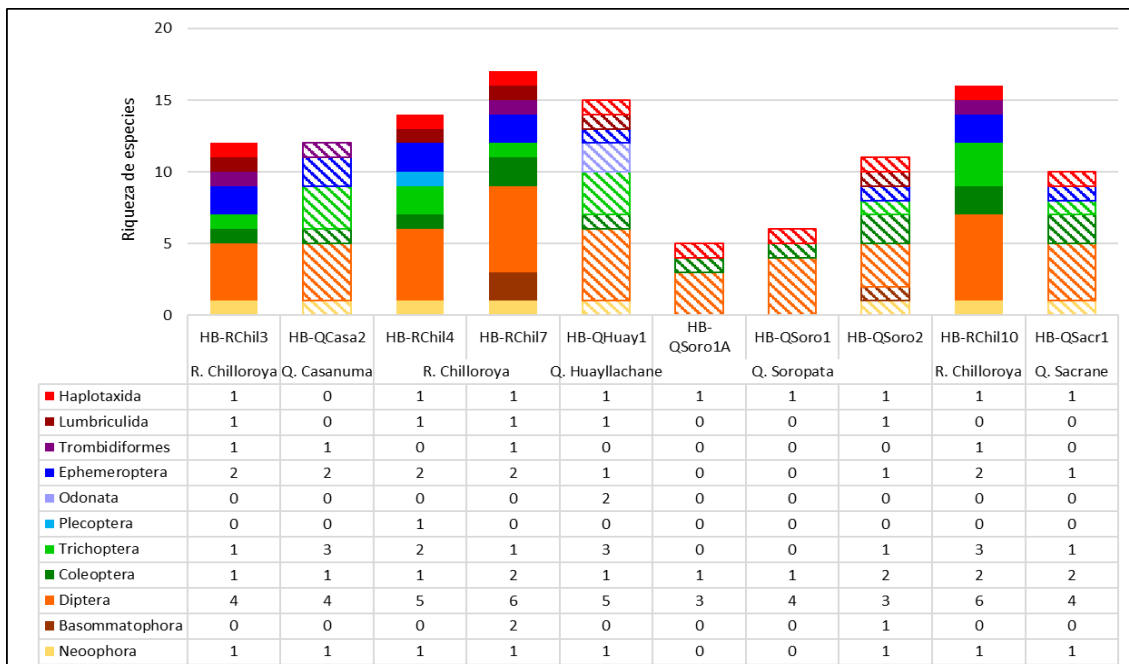
### 6.2.3. Macroinvertebrados bentónicos

- **Riqueza**

En la zona 2, la comunidad de macroinvertebrados bentónicos estuvo representada por 33 especies, agrupadas en 4 phyla, 5 clases y 11 órdenes. El orden Díptera registró la mayor riqueza con 14 especies, seguida por el orden Trichoptera con 5 especies. En el Anexo 1 se presenta el registro completo de las especies de macroinvertebrados bentónicos.

En la Figura 6.4 se presentan los resultados de la riqueza de macroinvertebrados bentónicos por punto de monitoreo. Se observó que el punto HB-RChil7, ubicado en el río Chilloroya, registró la mayor riqueza con 17 especies; mientras que, el punto HB-QSoro1A, ubicado en la quebrada Soropata, registró la menor riqueza con 5 especies.

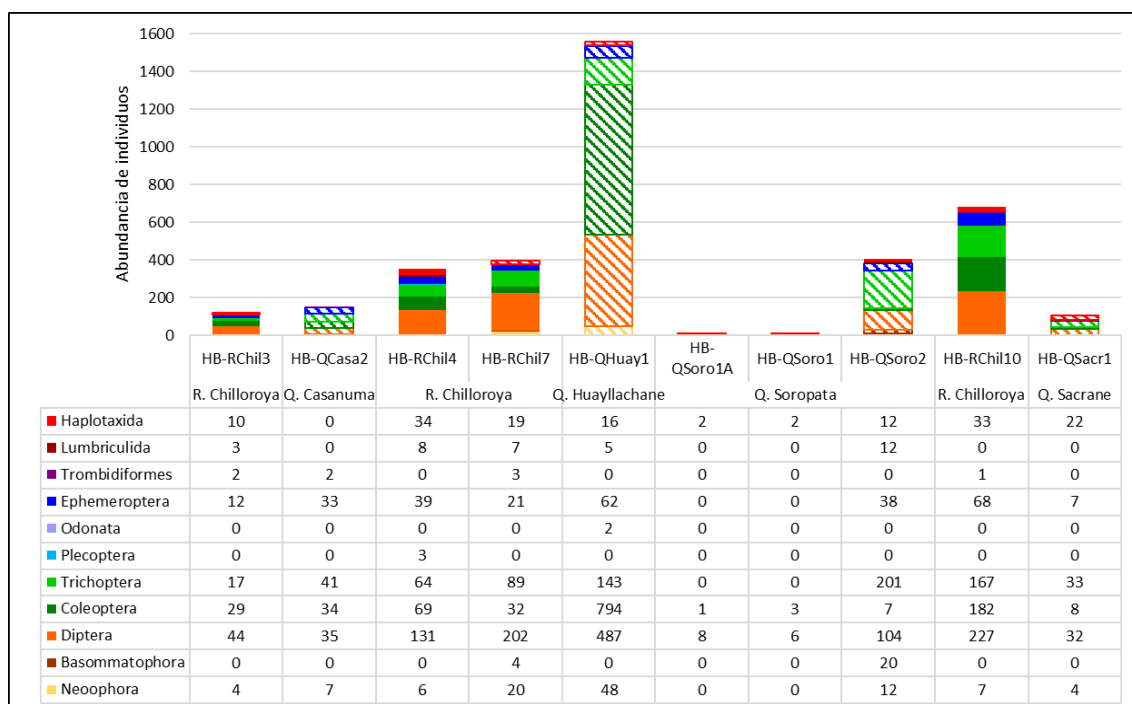
Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad



**Figura 6.4.** Riqueza de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por orden. Los colores sólidos representan el cauce principal y los colores en tramas representan los tributarios

• **Abundancia**

En la Figura 6.5 se presentan los resultados de la abundancia de macroinvertebrados bentónicos por punto de monitoreo. Se observó que el punto HB-QHuay1, ubicado en la quebrada Huayllachane, registró la mayor abundancia con 1557 individuos; mientras que, los puntos HB-QSoro1A y HB-QSoro1, ubicados en la quebrada Soropata, registraron la menor abundancia con 11 individuos cada uno.



**Figura 6.5.** Abundancia de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por orden. Los colores sólidos representan el cauce principal y los colores en tramas representan los tributarios

• **Índices de diversidad**

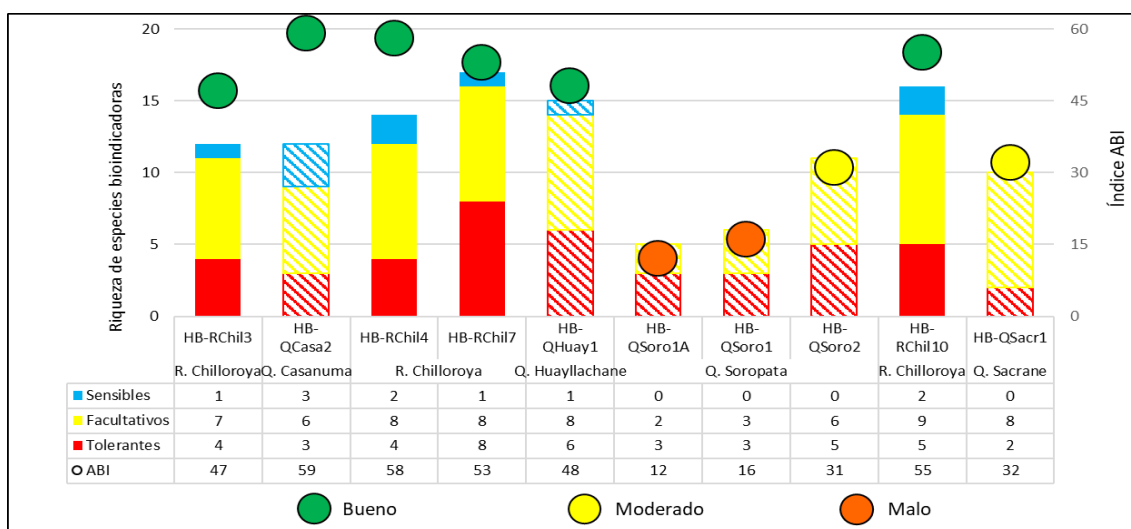
En la Tabla 6.6 se presentan los resultados de los índices de diversidad alfa: riqueza de especies, abundancia, diversidad de Shannon-Wiener ( $H'$ ), diversidad de Simpson ( $1-\lambda$ ), dominancia de Simpson ( $\lambda$ ) y equidad de Pielou ( $J'$ ), por punto de monitoreo. Se observó que el punto HB-RChil7 (río Chilloroya) registró la mayor riqueza con 17 especies; mientras que, el punto HB-QCasa2 (quebrada Casanuma) registró los mayores valores diversidad de Shannon-Wiener (3,047) y diversidad de Simpson (0,853); los cuales se vieron reflejados en un alto valor de equidad de Pielou (0,850), que indica una distribución homogénea de la abundancia de individuos por especie registrada para dicho punto.

**Tabla 6.6.** Índices de diversidad alfa de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por punto de monitoreo

Puntos de monitoreo	HB-RChil3	HB-QCasa2	HB-RChil4	HB-RChil7	HB-QHuay1	HB-QSoro1A	HB-QSoro1	HB-QSoro2	HB-RChil10	HB-QSac1
Riqueza de especies (S)	12	12	14	17	15	5	6	11	16	10
Abundancia de individuos (N)	121	152	354	397	1557	11	11	406	685	106
Diversidad de Shannon-Wiener ( $H'$ )	2,882	3,047	2,936	2,805	2,266	2,231	2,482	2,327	2,679	2,608
Diversidad de Simpson ( $1-\lambda$ )	0,819	0,853	0,828	0,768	0,683	0,777	0,810	0,697	0,797	0,793
Dominancia de Simpson ( $\lambda$ )	0,181	0,147	0,172	0,232	0,317	0,223	0,190	0,303	0,203	0,207
Equidad de Pielou ( $J'$ )	0,804	0,850	0,771	0,686	0,580	0,961	0,960	0,673	0,670	0,785

• **Índice biótico andino y especies bioindicadoras**

En la Figura 6.6 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 HB-QCasa2 (quebrada Casanuma) registró el mayor valor con 59 que corresponde a una buena calidad ecológica del agua; asimismo, se observó un mayor número de especies sensibles (3 especies). Por otro lado, el punto HB-QSoro1A (quebrada Soropata) registró el menor valor con 12 que corresponde a una mala calidad ecológica del agua; asimismo, no presentó especies sensibles, pero si tolerantes (3 especies) y facultativas (2 especies).



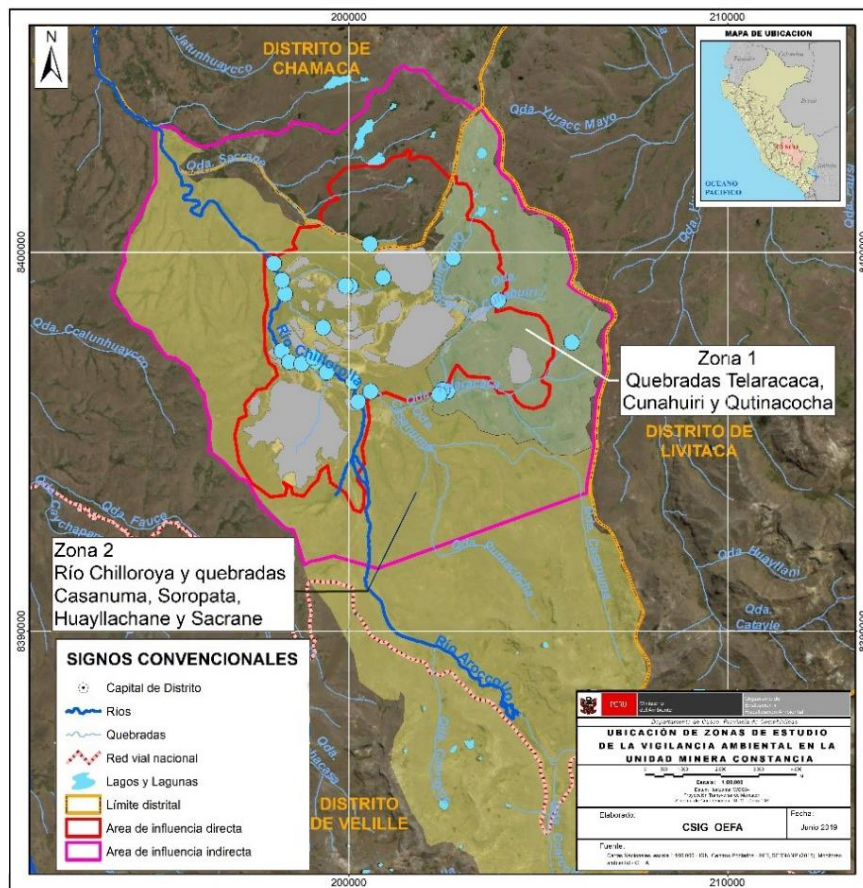
**Figura 6.6.** Índice biótico andino (ABI) y riqueza de especies bioindicadoras. Los colores sólidos representan el cauce principal y los colores en tramas representan los tributarios

## 7. DISCUSIÓN

El presente estudio tuvo como objetivo principal realizar la vigilancia ambiental en el área de influencia de la UM Constancia, para lo cual se evaluó la calidad de agua, la calidad de sedimento; y el comportamiento y la calidad ecológica usando macroinvertebrados bentónicos. 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 (ver Figura 7.1).

Los resultados obtenidos fueron comparados con la data de estudios previos realizados por el OEFA en los años 2016<sup>5</sup>, 2017<sup>6</sup> y 2018<sup>7</sup>, así como los resultados de la línea base de los instrumentos de gestión ambiental<sup>8</sup> reportados por Hudbay Perú S.A.C de los puntos de monitoreo cuyas ubicaciones coinciden.

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



**Figura 7.1.** Mapa de ubicación de las zonas de estudio de la vigilancia ambiental en el área de influencia de la unidad minera Constancia

- Informe N° 0112-2016-OEFA/DE-SDLB-CEAME «Evaluación ambiental en las áreas de influencia de las unidades fiscalizables del por el OEFA (minería) ubicadas en la intercuenca Alto Apurímac, durante el 2016» aprobado el 16 de diciembre de 2016.
- Informe N° 0094-2017-OEFA/DE-SDLB-CEAME «Evaluación ambiental en el área de influencia de la unidad minera Constancia, durante el 2017» aprobado el 11 de diciembre de 2017.
- Informe N° 0335-2018-OEFA/DEAM-STEC «Vigilancia ambiental de la calidad de agua superficial realizada en el área de influencia de la unidad minera Constancia administrada por Hudbay Perú S.A.C., en los distritos Chamaca y Velille, provincia Chumbivilcas, departamento Cusco» aprobado el 30 de noviembre de 2018.
- Segunda Modificación del Estudio de Impacto Social y Ambiental del Proyecto Constancia-Ampliación Pampacancha del proyecto Constancia, aprobado con R.D. N.° 168-2015-MEM-DGAAM del 17 de abril de 2015.

### 7.1.Zona 1: Quebradas Telaracaca, Cunahuiri y Qutinacocha

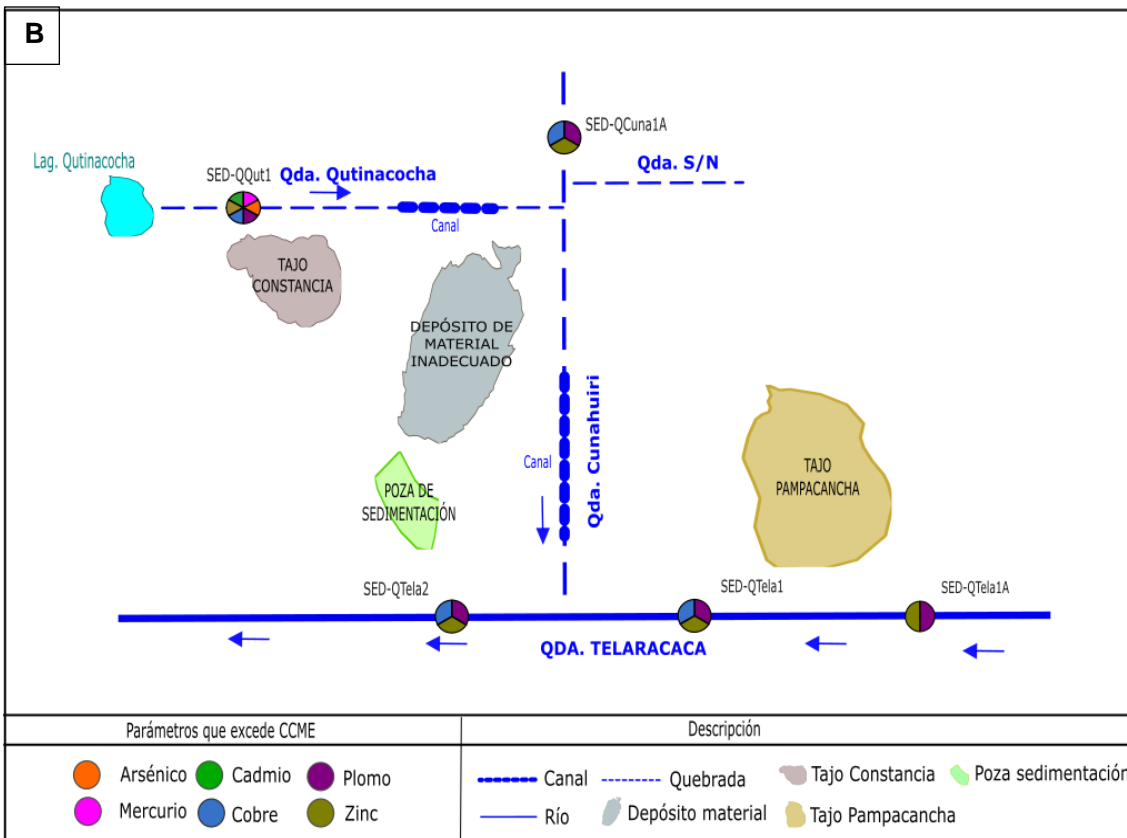
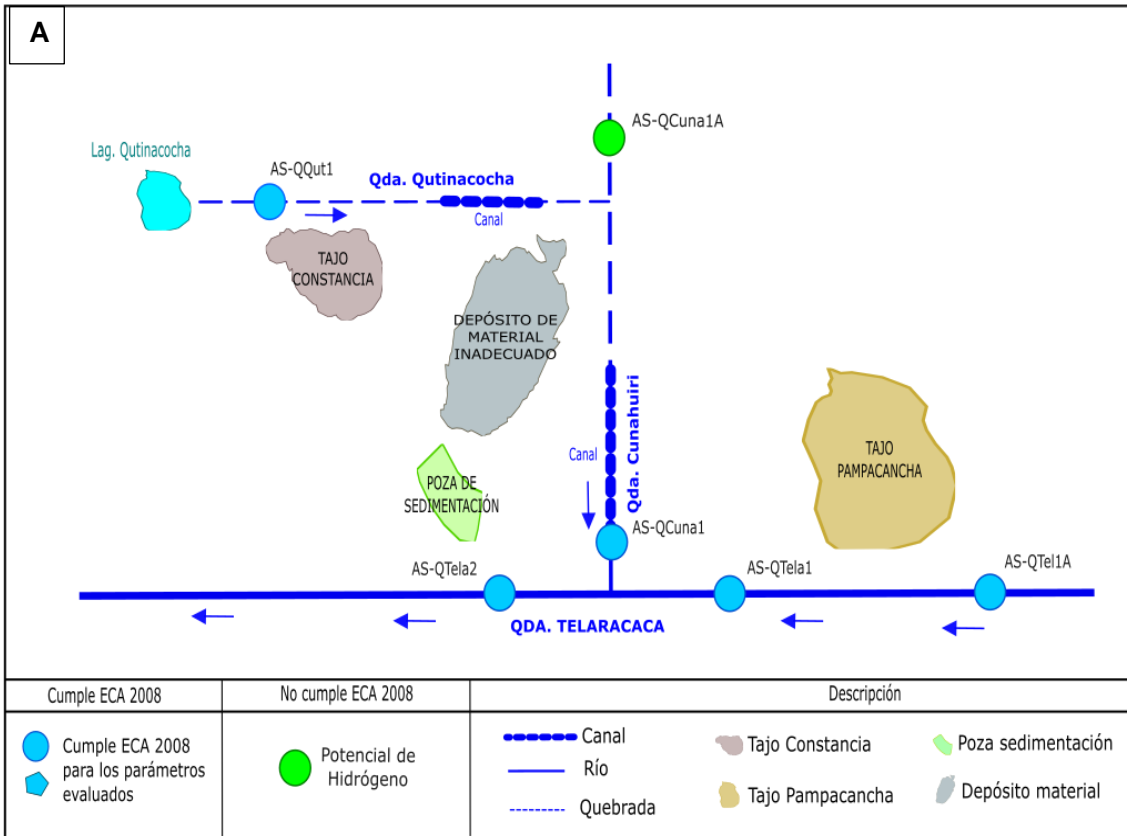
En la Figura 7.2(A) se presenta el esquema de los puntos de monitoreo de agua superficial de las quebradas Telaracaca, Cunahuiri y Qutinacocha, en donde se resalta el valor del pH básico en el punto AS-QCuna1A que incumplió el ECA para agua categoría 3: Bebida de animales (2008 y 2017).

En la Figura 7.2(B) se presenta el esquema de los puntos de monitoreo de sedimento que excedieron los valores ISQG y PEL de la norma canadiense, de manera referencial. El punto de monitoreo SED-QQut-01, ubicado aguas abajo de la salida de la laguna Qutinacocha y no está influenciada por componentes mineros, registró concentraciones de cadmio, cobre, zinc y mercurio que superaron el valor ISQG de la guía canadiense, y concentraciones de arsénico y plomo que superaron el valor PEL; comportamiento que fue similar con los datos reportados en la línea base. En la quebrada Cunahuiri (SED-QCuna1A), la concentración de cobre superó el valor ISQG y las concentraciones del plomo y zinc superaron el valor PEL de la guía canadiense. Asimismo, se observó el incremento de las concentraciones de cobre de 39,2 a 80,5 mg/kg; y zinc de 263,42 a 324 mg/kg al comparar los resultados obtenidos con la línea base (Figura 7.7).

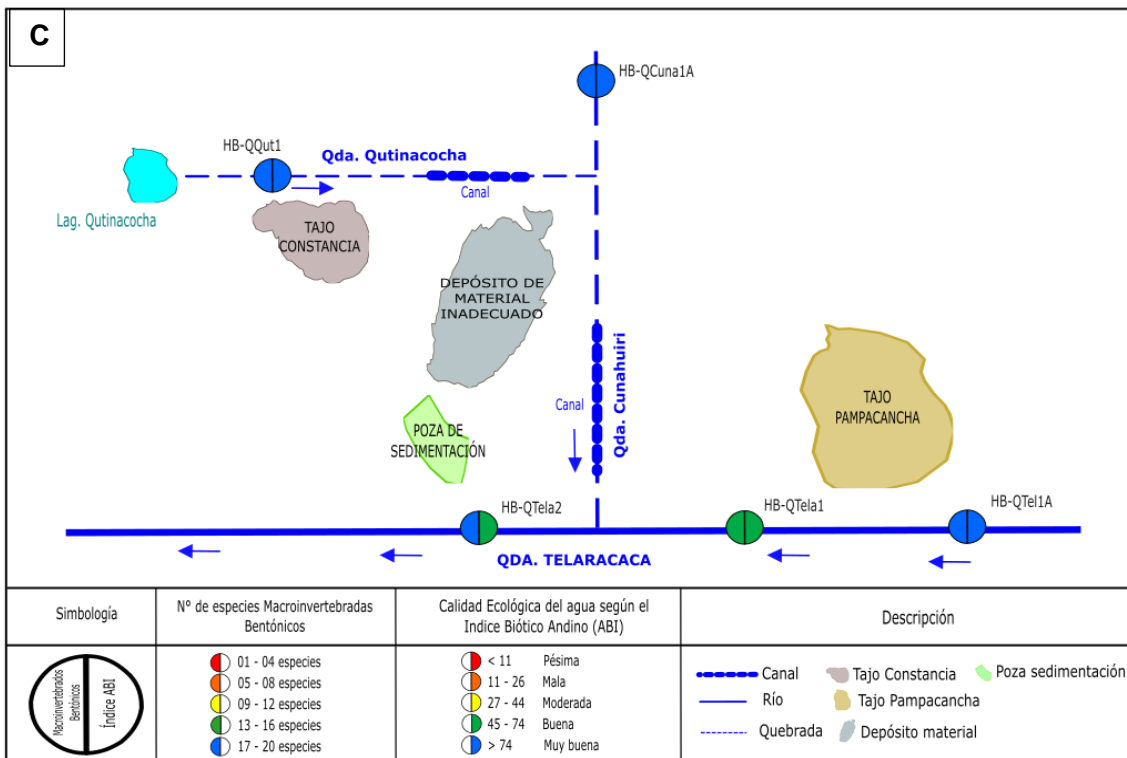
En la Figura 7.2(C) se observa que la riqueza de macroinvertebrados bentónicos en la quebrada Telaracaca se mantuvo constante desde aguas arriba (HB-QTel1A) hasta aguas abajo (HB-QTela-02) del futuro tajo Pampacancha (Figura 7.3); sin embargo, la calidad ecológica en esta quebrada, determinada referencialmente a partir del índice biótico andino (ABI), disminuyó de muy buena (HB-QTel1A) a buena (HB-QTela2), con presencia de especies sensibles como *Meridialaris* sp. y *Claudioperla* sp. en ambos puntos, esto podría deberse a la presencia de cobre, plomo y zinc en el sedimento cuyas concentraciones se incrementaron progresivamente desde aguas arriba (SED-QTel1A) hasta aguas abajo (SED-QTela2) del futuro tajo Pampacancha, donde se ha identificado minería artesanal, llegando a superar el valor ISQG (cobre) y PEL (plomo y zinc) del estándar canadiense (CCME); asimismo, en agua se observó un incremento de las concentraciones de cobre, manganeso, plomo y zinc, aunque estos parámetros cumplieron con los ECA para agua (2008 y 2017).

Es importante mencionar que el pH básico del agua favorece a que los metales en sedimentos, tales como arsénico, cadmio, cobre, mercurio, plomo y zinc no estén biodisponibles en el agua (Li *et al.*, 2013), esto se corroboró con la riqueza de los macroinvertebrados bentónicos con presencia de especies sensibles en todos los puntos evaluados.

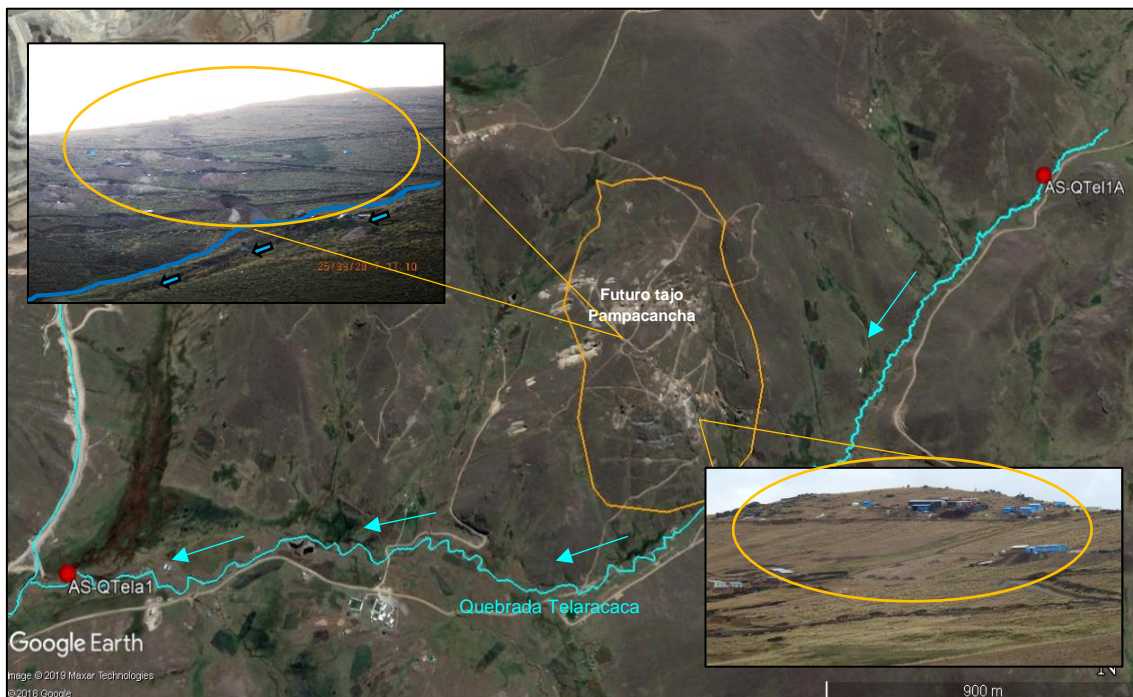
Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad



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

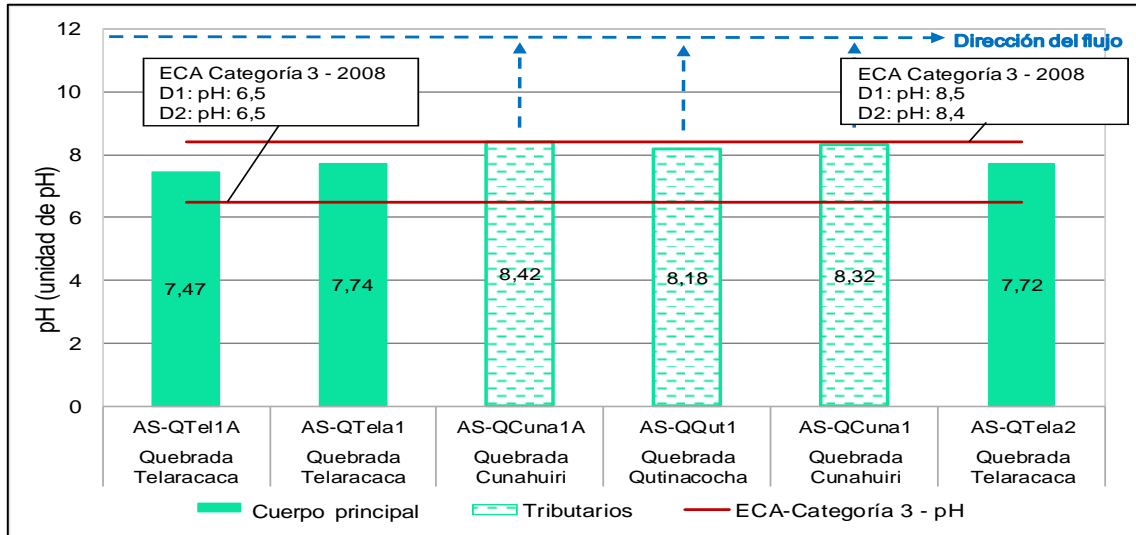


**Figura 7.2.** Esquema de las quebradas Telaaracaca, Cunahuirí y Qutinacocha: (A) parámetros que incumplieron los ECA para agua categoría 3 (2008 y 2017), (B) parámetros que superaron los valores ISQG o PEL del estándar canadiense para sedimentos y (C) número de especies de macroinvertebrados bentónicos y calidad ecológica (índice ABI)



**Figura 7.3.** Minería artesanal en el futuro tajo Pampacancha

En la Figura 7.4 se observa que los valores de pH presentaron características ligeramente alcalinas con valores que cumplieron los ECA para agua categoría 3 (2008 y 2017), con excepción del punto ubicado en la quebrada Cunahuiri (AS-QCuna1A). Además, predominan los aniones bicarbonatos en las facies hidroquímicas, según los datos de la línea base. Este comportamiento ligeramente alcalino de las quebradas se debe a las características geológicas de la zona.



**Figura 7.4.** Resultados de pH en las quebradas Telaracaca, Cunahuiri y Qutinacocha

En la Figura 7.5 se muestra la comparación de los resultados de los parámetros de pH y manganeso (2019), con los resultados del OEFA (2016 -2018) y la línea base<sup>9</sup> reportado por Hudbay Perú S.A.C., en los puntos cuyas ubicaciones coinciden. Los colores sólidos representan el cauce principal y los colores en trama representan los tributarios.

En la Figura 7.5a se observa el comportamiento del pH, el cual registró valores similares en las diferentes evaluaciones realizadas en las quebradas Telaracaca, Cunahuiri y Qutinacocha, los mismos que cumplieron los ECA para agua, categoría 3, excepto en los puntos AS-QCuna1 (quebrada Cunahuiri) y AS-QTela2 (quebrada Telaracaca) en la vigilancia realizada el 2018; cabe mencionar que la quebrada Cunahuiri (AS-QCuna1) la cual se encuentra canalizada, confluye a la quebrada Telaracaca antes del punto AS-QTela2. Asimismo, el punto AS-QCuna1A, ubicado en la quebrada Cunahuiri, aguas arriba de los componentes mineros, tanto en la vigilancia del 2019 como en la línea base, registró valores de pH que incumplieron los ECA para agua Cat3D2.

En la Figura 7.5b se observa el comportamiento histórico de la concentración de manganeso, sin observarse una variación importante entre los valores de cada punto evaluado, los mismos que cumplen el ECA para agua, Categoría 3 (2008 y 2017) en todos los puntos evaluados; asimismo, este comportamiento fue similar en las concentraciones de cobre, plomo y zinc (Figura 7.6).

<sup>9</sup> Segunda Modificación del Estudio de Impacto Social y Ambiental del Proyecto Constancia-Ampliación Pampacancha del proyecto Constancia, aprobado con R.D. N.º 168-2015-MEM-DGAAM del 17 de abril de 2015.

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

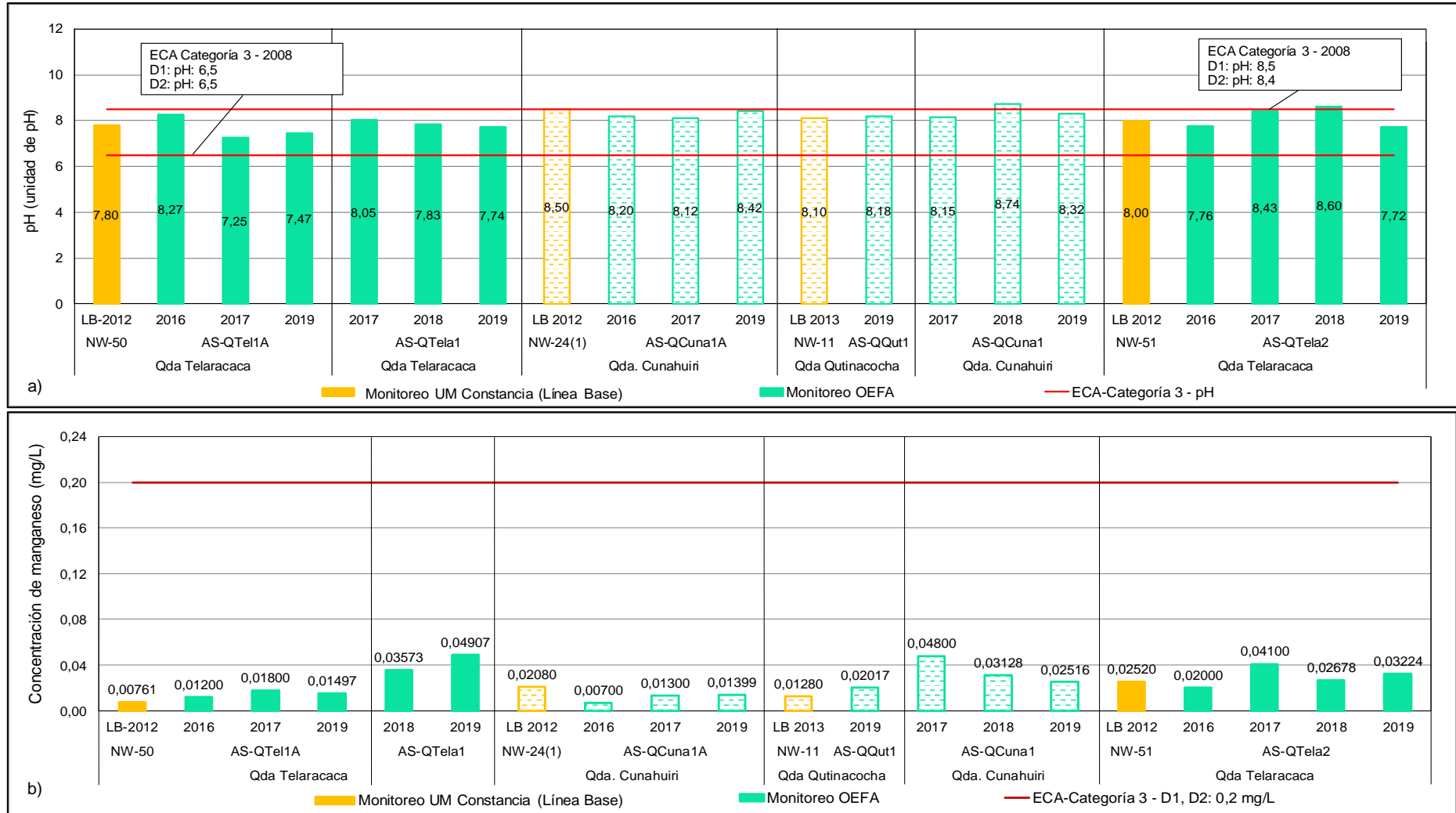


Figura 7.5. Comparación de los resultados de agua, de las evaluaciones realizadas por el OEFA con el estudio de línea base a) pH y b) manganeso



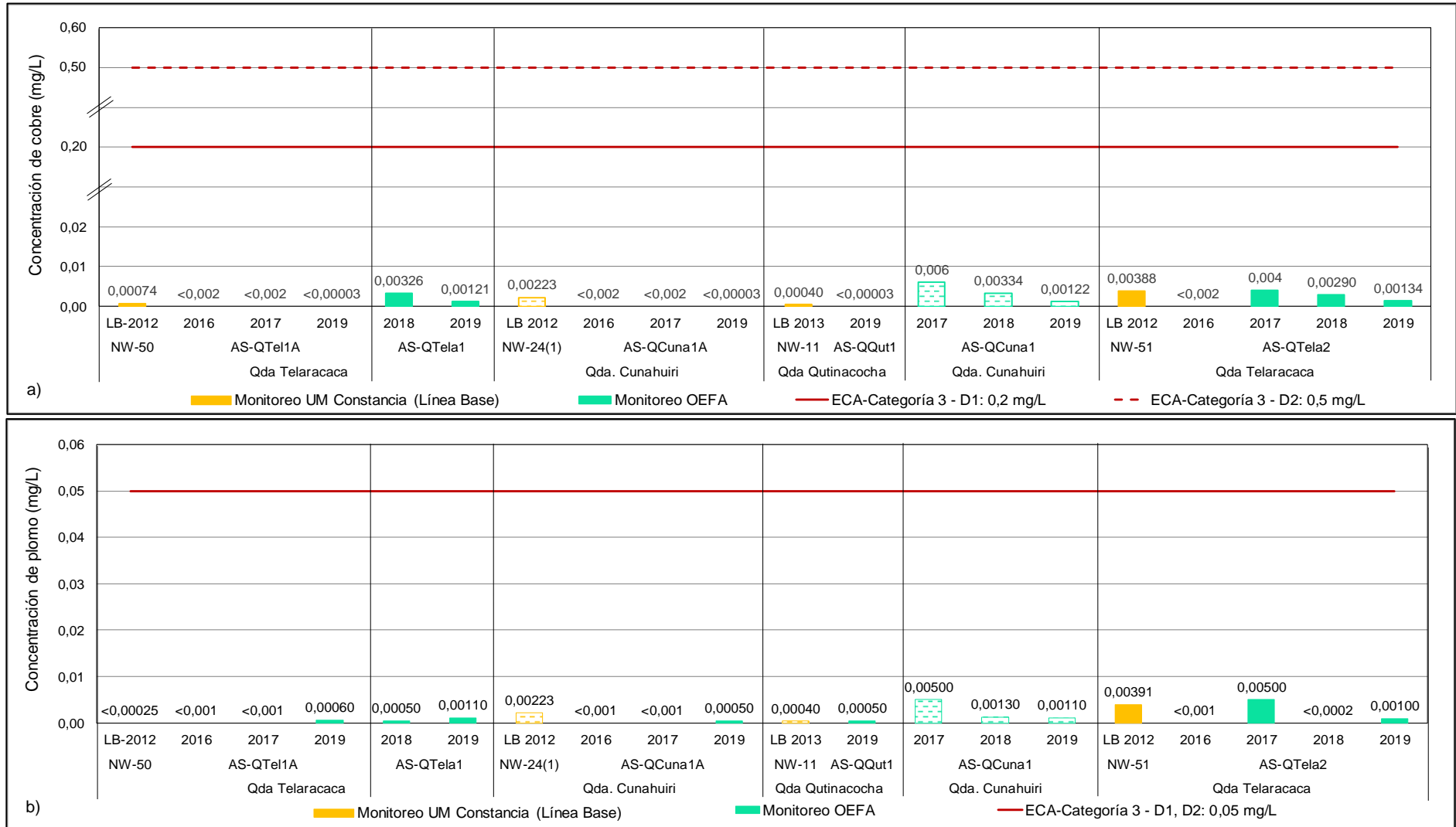
PERÚ

Ministerio del Ambiente

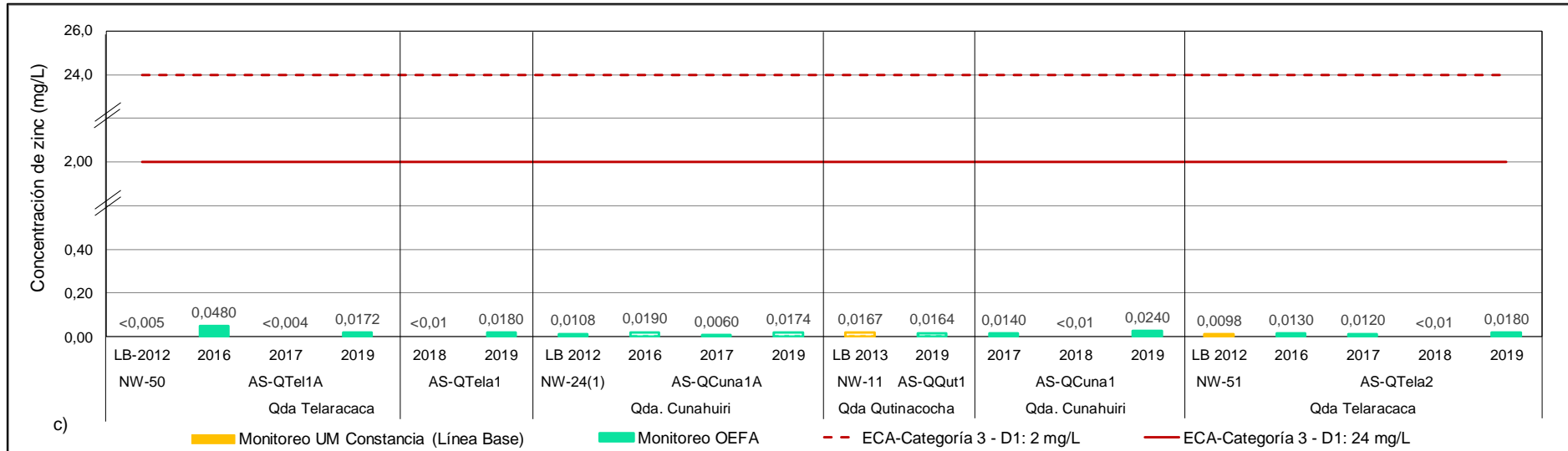
Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC – Subdirección Técnica Científica

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



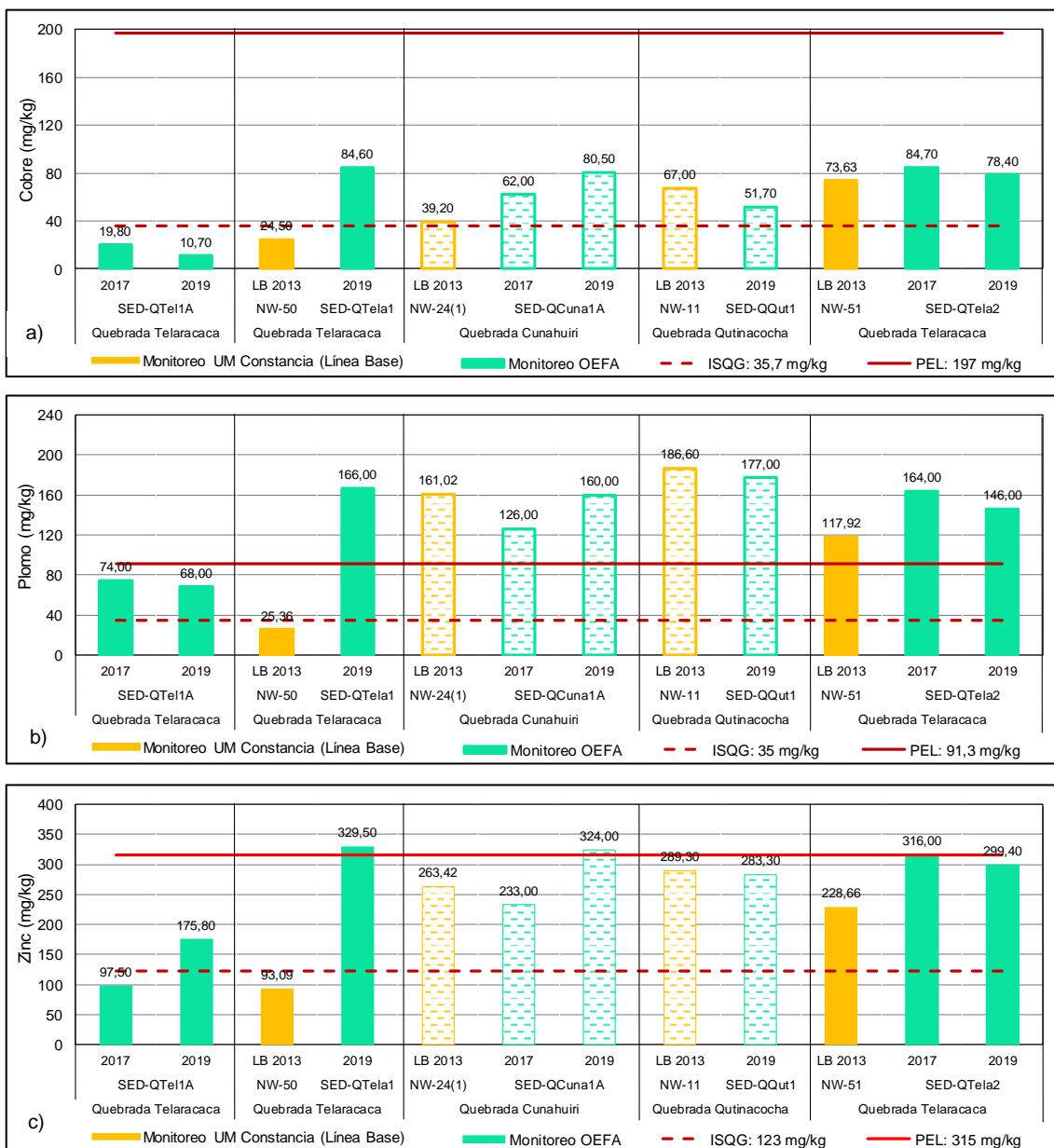
Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad



**Figura 7.6.** Comparación de resultados de agua, de las evaluaciones realizadas por el OEFA con el estudio de línea base a) cobre, b) plomo y c) zinc

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

Con respecto a la comparación de las concentraciones de metales con la data histórica y línea base en sedimento, se observa concentraciones similares en las quebradas Cunahuiri, Qutinacocha y Telaracaca, excepto en el punto QTela1, ubicado aguas abajo del futuro tajo Pampacancha donde se realiza minería artesanal (ver Figura 7.7) cuyas concentraciones de cobre, plomo y zinc aumentaron sus valores en el 2019 con respecto a la línea base.



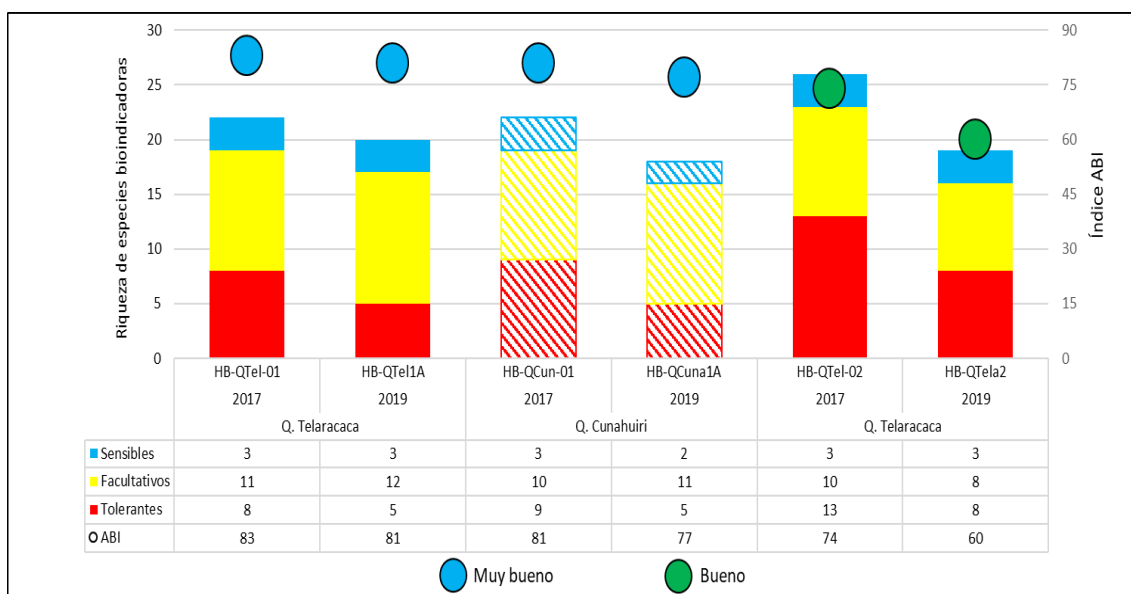
**Figura 7.7.** Comparación de los resultados de sedimentos, de las evaluaciones realizadas por el OEFA con el estudio de línea base a) cobre, b) plomo y c) zinc

En relación al comportamiento histórico de agua y sedimento, se observó que los metales en sedimento, cobre, plomo y zinc no estarían afectando el agua al no estar biodisponibles, tal como se muestra en las Figuras 7.6 y 7.7; comportamiento similar presentaron las concentraciones de arsénico, cadmio y mercurio.

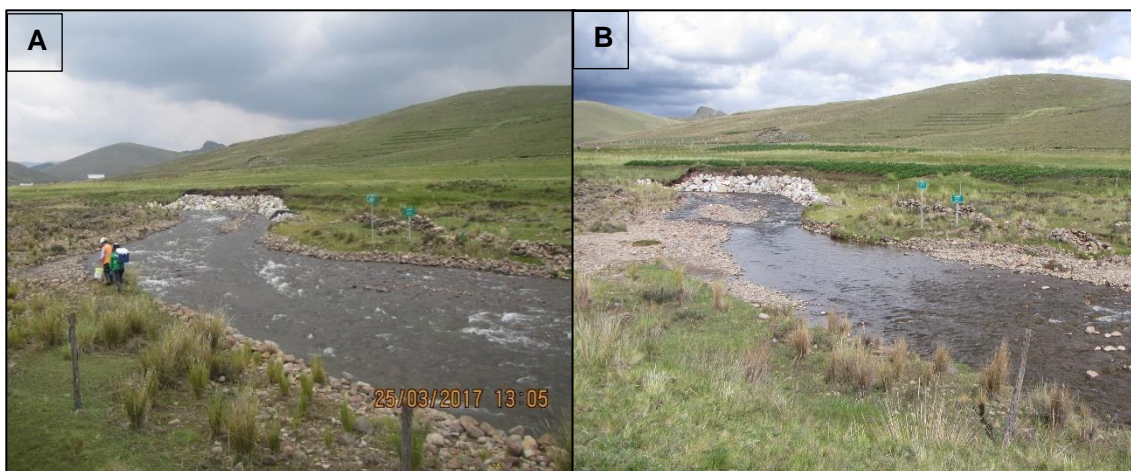
El análisis histórico de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos (Figura 7.8) mostró que en el 2019 tanto la riqueza como la calidad ecológica registraron un menor valor con respecto al 2017; esto se debe al cambio del caudal en las quebradas Telaracaca y

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

Cunahuirí durante el 2019 con respecto al 2017 (Figura 7.9), lo cual no favorece al establecimiento de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos. El caudal es un factor natural que influye sobre la dinámica de los organismos acuáticos (Jacobsen y Encalada, 1998; Domínguez y Fernández, 2009). Además, se observa que solo en el 2019 el punto HB-QTela2, aguas abajo del futuro tajo Pampacancha, presentó una menor riqueza y calidad ecológica en comparación con el punto HB-QTel1A, aguas arriba del futuro tajo Pampacancha.



**Figura 7.8.** Comparación del número de especies de macroinvertebrados bentónicos y calidad ecológica (índice ABI) registrados por el OEFA durante el 2017 y 2019, en las quebradas Telaracaca, Cunahuirí y Qutinacochoa



**Figura 7.9.** Quebrada Telaracaca: A) durante el 2017 y B) durante el 2019

**7.2.Zona 2: Río Chilloroya y quebradas Casanuma, Soropata, Huayllachane y Sacrane**

En la Figura 7.10(A) se presenta el esquema de los puntos de monitoreo de agua superficial del río Chilloroya y sus quebradas tributarias Casanuma, Soropata, Huayllachane y Sacrane, en la que se resalta la concentración del manganeso total de los puntos AS-QSoro1A y AS-QSoro1 (quebrada Soropata) que incumplieron los ECA para agua categoría 3: Riego de Vegetales y Bebida de animales (2008 y 2017). Es importante mencionar que los efluentes:

PV-PTMF2 (Descarga de la poza de sedimentación del TMF N.º 2), PV-PCC2 (Descarga de la poza de sedimentación del cadmio N.º 2), PV-PTMF1 (Descarga de la poza de sedimentación del TMF N.º 1), PV-PCC1 (Descarga de la poza de sedimentación del cadmio N.º 1) y PV-PSP (Descarga de la poza principal de sedimentación) no presentaron descarga durante la evaluación.

En la Figura 7.10(B) se presenta el esquema de los puntos de monitoreo de sedimento del río Chilloroya y sus quebradas tributarias Casanuma, Huayllachane y Sacrane, que excedieron los valores ISQG o PEL de la norma canadiense de manera referencial.

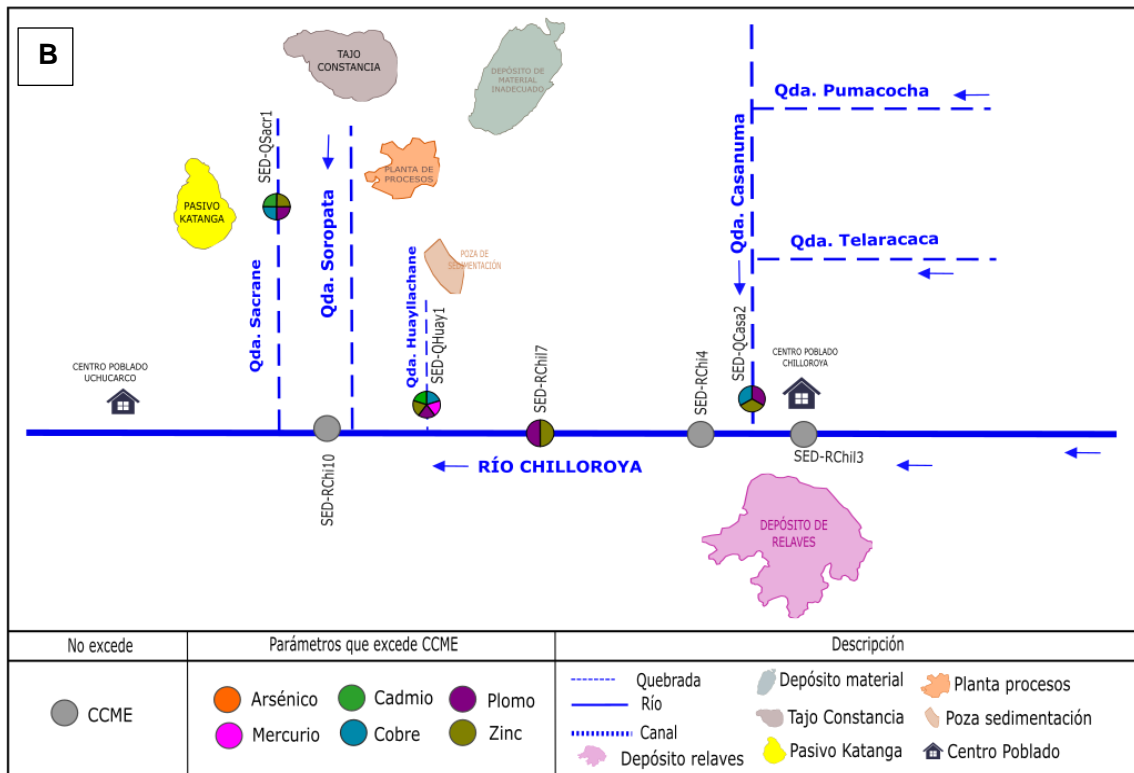
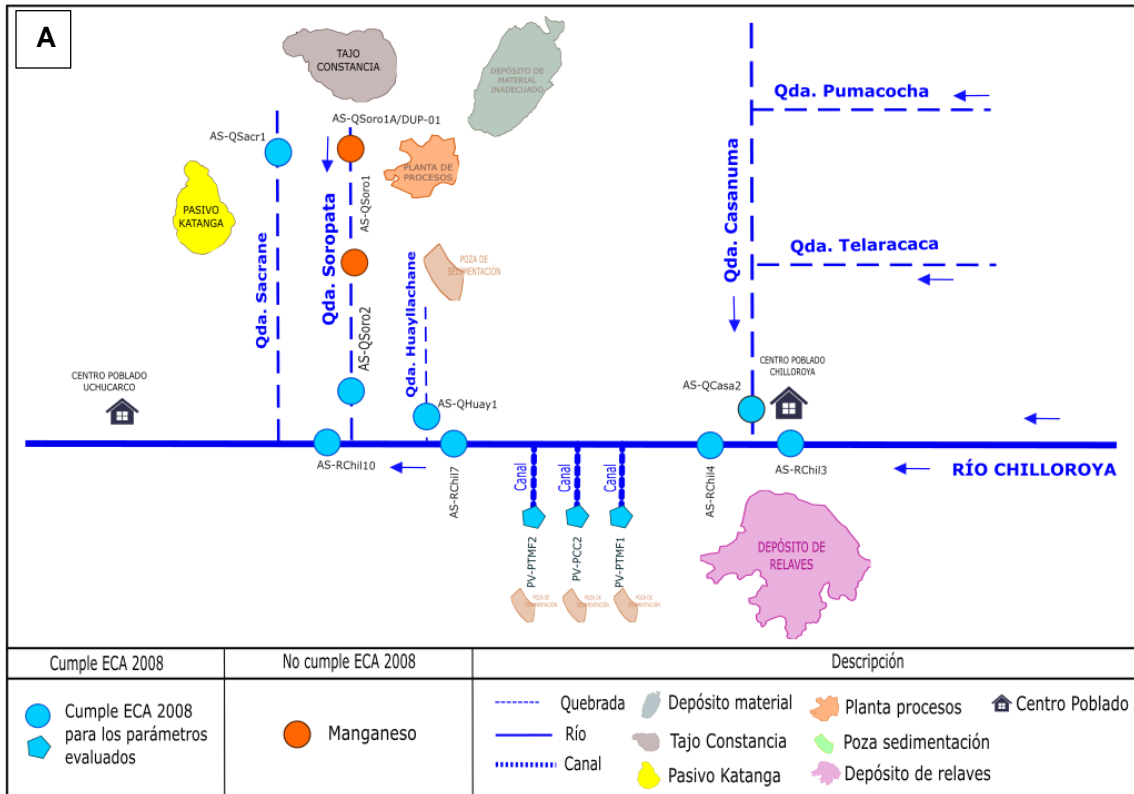
Las quebradas tributarias al río Chilloroya presentaron concentraciones de metales que superaron los valores (ISQG o PEL) de la guía canadiense en al menos uno de los puntos evaluados, siendo el punto de monitoreo SED-QHuay1 (ubicado en quebrada Huayllachane) el que registró las mayores concentraciones de cadmio (8,2 mg/kg), zinc (1451 mg/kg) y mercurio (0,40 mg/kg); mientras que, el punto SED-QSac1 (ubicada en la quebrada Sacrane) registró la mayor concentración de cobre (248 mg/kg), ver Figura 7.10(B).

Los puntos de monitoreo ubicados en el río Chilloroya registraron concentraciones de metales que no superaron los valores (ISQG o PEL) de la guía canadiense, a excepción del punto SED-RChil7 que presentó concentraciones de plomo (42 mg/kg) y zinc (125,9) que superaron el valor ISQG de la guía en mención, corroborándose que el río Chilloroya no está siendo afectado por el aporte de sus quebradas tributarias (Figura 7.10B).

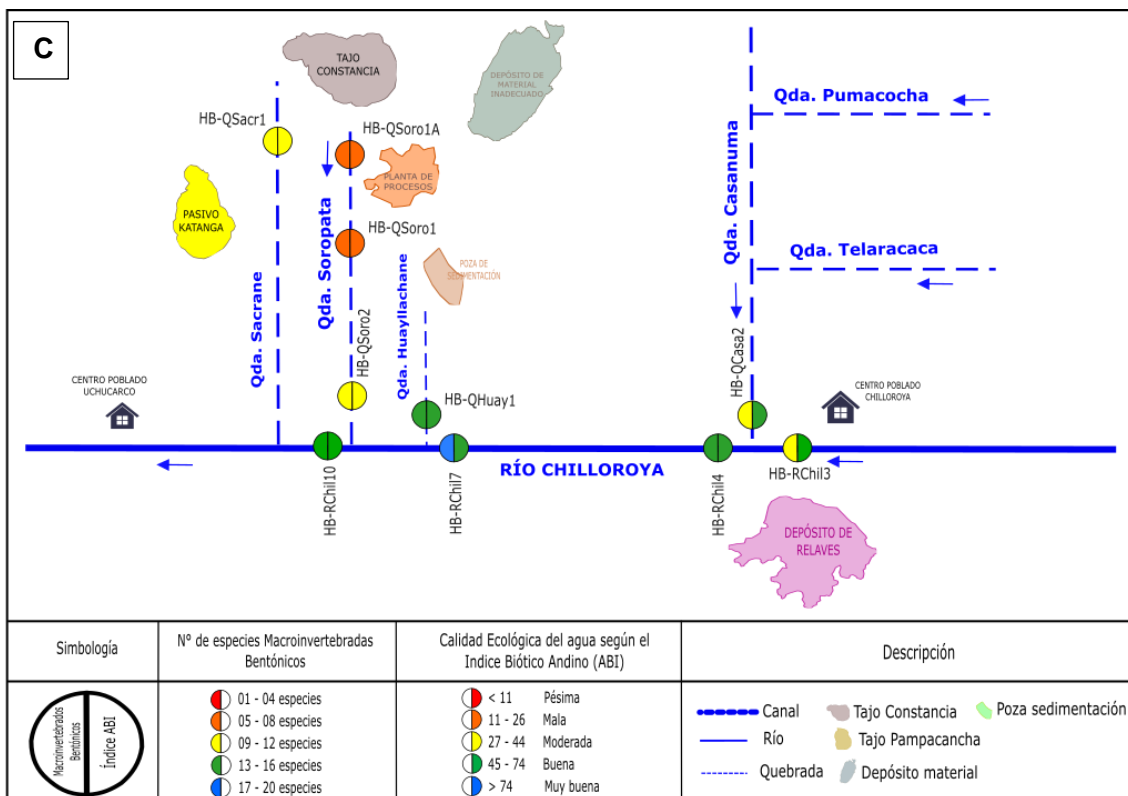
En la Figura 7.10(C) se observa que en el río Chilloroya tanto la riqueza de macroinvertebrados bentónicos como la calidad ecológica, determinada referencialmente a partir del índice biótico andino (ABI), no presentaron variación desde el punto HB-RChil3, aguas arriba del depósito de Relaves, hasta el punto HB-RChil10, aguas abajo de los efluentes PV-PTMF2, PV-PCC2, PV-PTMF1 y PV-PCC1. Asimismo, en agua todos los metales cumplieron con los ECA para agua Categoría 3 (2008 y 2017).

En la quebrada Soropata, tanto la riqueza como la calidad ecológica presentaron bajos valores en el punto HB-QSoro1A, aguas abajo del Tajo Constancia, donde se registraron 5 especies y una mala calidad ecológica; pero se observó una recuperación en el punto HB-QSoro2, al alejarse del tajo antes de su confluencia al río Chilloroya, donde se registraron 11 especies y una moderada calidad ecológica; esta recuperación se debió al aporte de los bofedales cercanos. Es importante mencionar que los puntos más cercanos al Tajo Constancia (AS-QSoro1A y AS-QSoro1) registraron concentraciones de manganeso que incumplieron los ECA para agua (2008 y 2017); asimismo, registraron mayores concentraciones de arsénico, cadmio, cobre y zinc, con respecto al punto AS-QSoro2, ubicado antes de la confluencia con el río Chilloroya.

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



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



**Figura 7.10.** Esquema del río Chilloroya y las quebradas Casanuma, Soropata, Huayllachane y Sacrane: (A) parámetros que incumplieron los ECA para agua categoría 3 (2008 y 2017), (B) parámetros que superaron los valores ISQG o PEL del estándar canadiense para sedimentos y (C) número de especies de macroinvertebrados bentónicos y calidad ecológica (índice ABI)

En la Figura 7.11a se observa que los valores de pH presentaron características de neutras a ligeramente alcalinas con valores que cumplieron los ECA para agua categoría 3 (2008 y 2017); sin embargo, el río Chilloroya registra valores de pH cercanos a la neutralidad en comparación con sus tributarios (ligeramente alcalinas), Además, predominan los aniones bicarbonatos en las facies hidroquímicas, según los datos de la línea base<sup>10</sup>, debido a las características geológicas.

En la Figura 7.11b se observa que los valores de manganeso cumplieron los ECA para agua categoría 3 (2008 y 2017), con excepción de los puntos de monitoreo AS-QSoro1A y AS-QSoro1 en la quebrada Soropata. Es importante mencionar, que de los 3 puntos tomados en la quebrada Soropata, el punto AS-QSoro1A, ubicado aguas abajo del Tajo Constanza y de la poza de sedimentación de la planta de procesos, registró la mayor concentración de manganeso, la misma que disminuye en el punto AS-QSoro1 y sigue disminuyendo hasta confluir con el río Chilloroya en el punto AS-QSoro2, llegando a cumplir el ECA.

<sup>10</sup> Segunda Modificación del Estudio de Impacto Social y Ambiental del Proyecto Constanza-Ampliación Pampacancha del proyecto Constanza, aprobado con R.D. N.º 168-2015-MEM-DGAAM del 17 de abril de 2015.

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

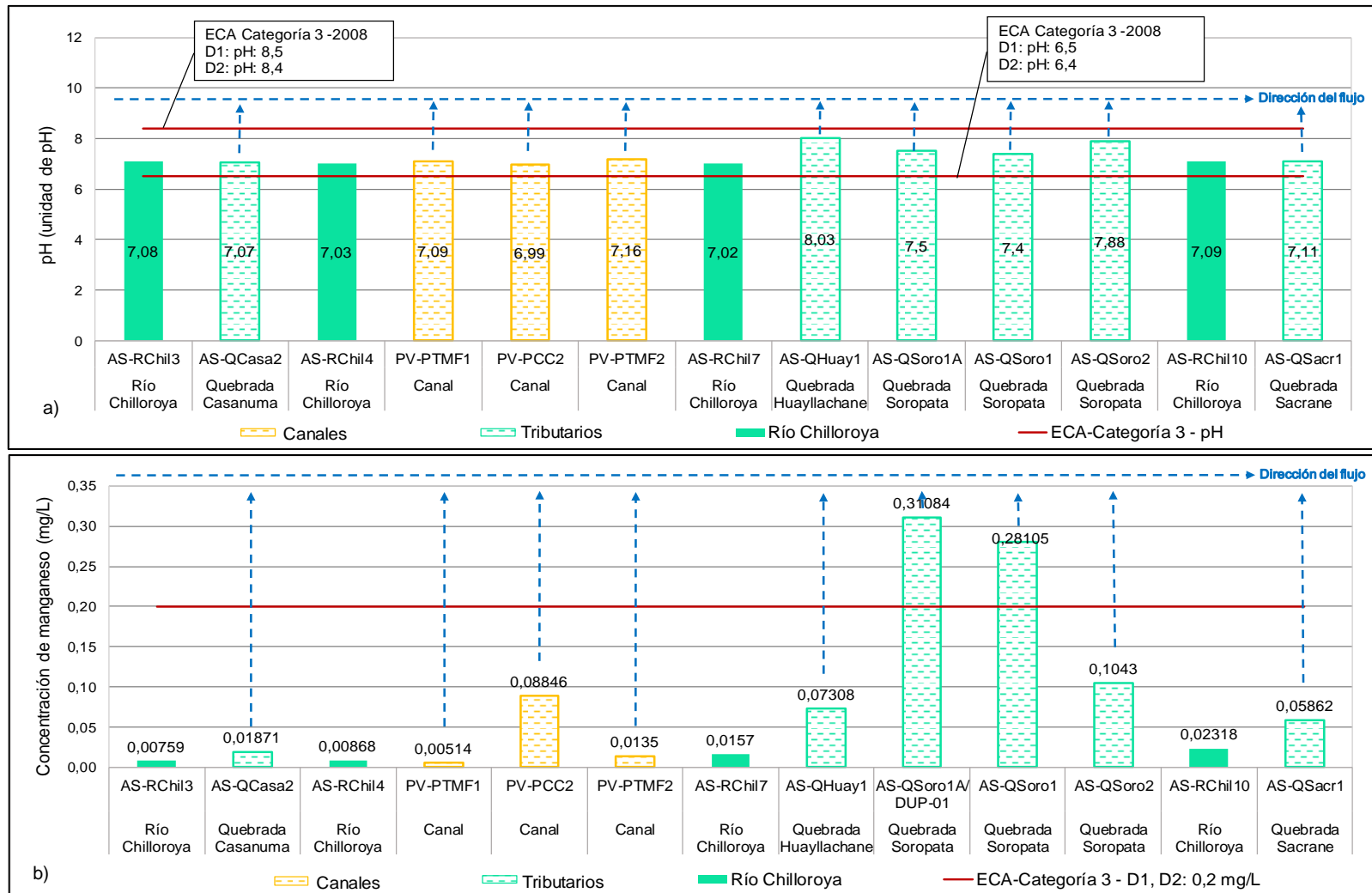
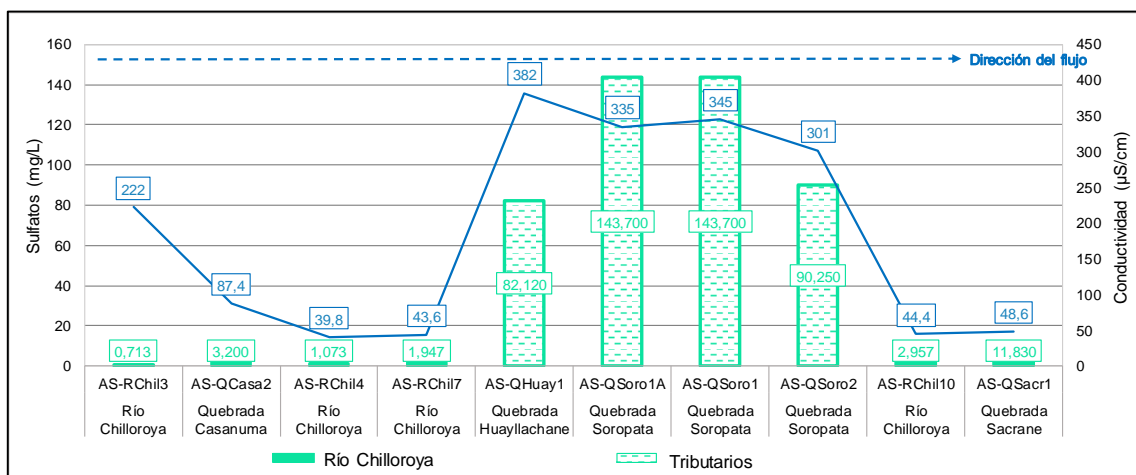


Figura 7.11. Resultados de a) pH y b) manganeso total en el río Chilloroya y las quebradas Casanuma, Soropata, Huayllachane y Sacrane

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

En la Figura 7.12, donde se muestra la relación entre la concentración de sulfatos y la conductividad eléctrica, se observa que de los puntos evaluados en el río Chilloroya, solo el punto AS-RChil3, ubicado aguas arriba de las operaciones mineras y más cercano al poblado de Chilloroya, registró la mayor conductividad eléctrica.

Es importante mencionar que, la mayor concentración de sulfatos y conductividad se registraron en las quebradas Soropata (AS-QSoro1A, AS-QSoro1 y AS-QSoro2), ubicada aguas abajo del tajío Constancia y de la poza de sedimentación de la planta de procesos, y Huayllachane (AS-QHua1), ubicada aguas abajo de la poza principal de sedimentación. Según las facies hidroquímicas de la quebrada Huayllachane, predominaron los aniones bicarbonatos; mientras que, en la quebrada Soropata predominaron los sulfatos debido a la interacción del agua con la zona mineralizada, según los datos de la línea base<sup>11</sup>.



**Figura 7.12.** Comparación de resultados sulfatos y conductividad eléctrica en el río Chilloroya y quebradas Casanuma, Huayllachane, Soropata y Sacrane

En la Figura 7.13 se muestra la comparación de los resultados de los parámetros de pH y manganeso (2019), con los resultados del OEFA (2016-2018) y la línea base reportado por Hudbay Perú S.A.C., de los puntos cuyas ubicaciones coinciden. Los colores sólidos representan el cauce principal y los colores en trama representan los tributarios.

En la Figura 7.13a se presenta el comportamiento del pH en las diferentes evaluaciones realizadas en el río Chilloroya y sus tributarios, las cuales van de neutras a ligeramente alcalinas en comparación con la línea base y la data histórica del OEFA, las mismas que cumplieron el ECA para agua, categoría 3 (2008 y 2017), excepto en los puntos AS-QCasa2 (quebrada Casanuma) y en los puntos AS-RChil4, AS-RChil7 y AS-RChil10 (río Chilloroya) en el 2018. Asimismo, se observa que la tendencia histórica del pH es a ser ligeramente alcalina.

En la Figura 7.13b se presenta el comportamiento de la concentración de manganeso en el río Chilloroya y sus tributarios (2019), comparados con los resultados del OEFA (2016-2018) y la línea base, sin observarse una variación importante entre los valores de cada punto evaluado, los mismos que se encuentran por debajo del valor ECA para agua, Categoría 3 (2008 y 2017), excepto en la quebrada Soropata (AS-QSoro1), donde la concentración disminuye progresivamente pero excede el ECA. Este comportamiento fue similar en las concentraciones de cobre, plomo y zinc (Figura 7.14).

<sup>11</sup> Segunda Modificación del Estudio de Impacto Social y Ambiental del Proyecto Constancia-Ampliación Pampacancha del proyecto Constancia, aprobado con R.D. N.º 168-2015-MEM-DGAAM del 17 de abril de 2015.

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

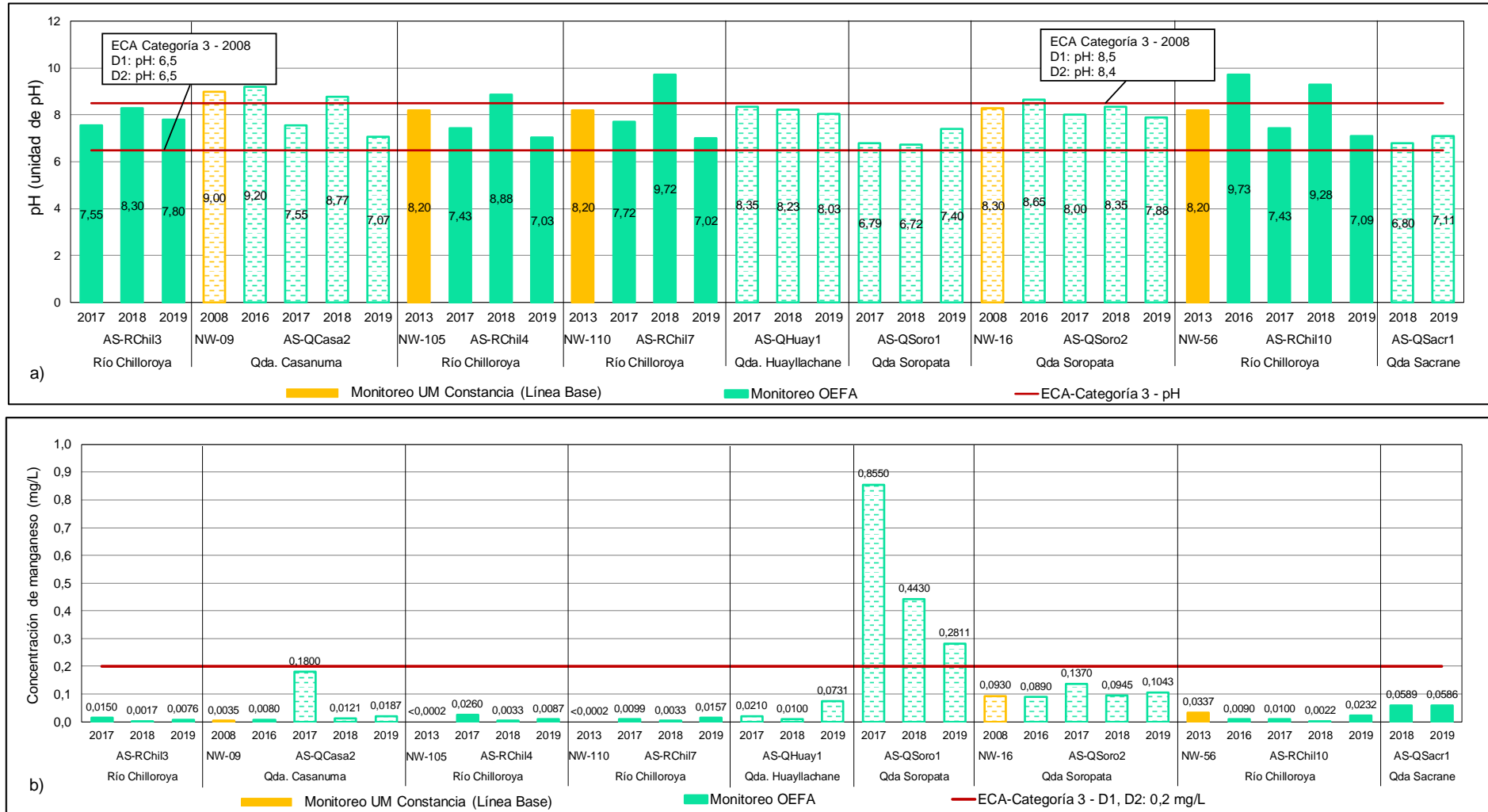
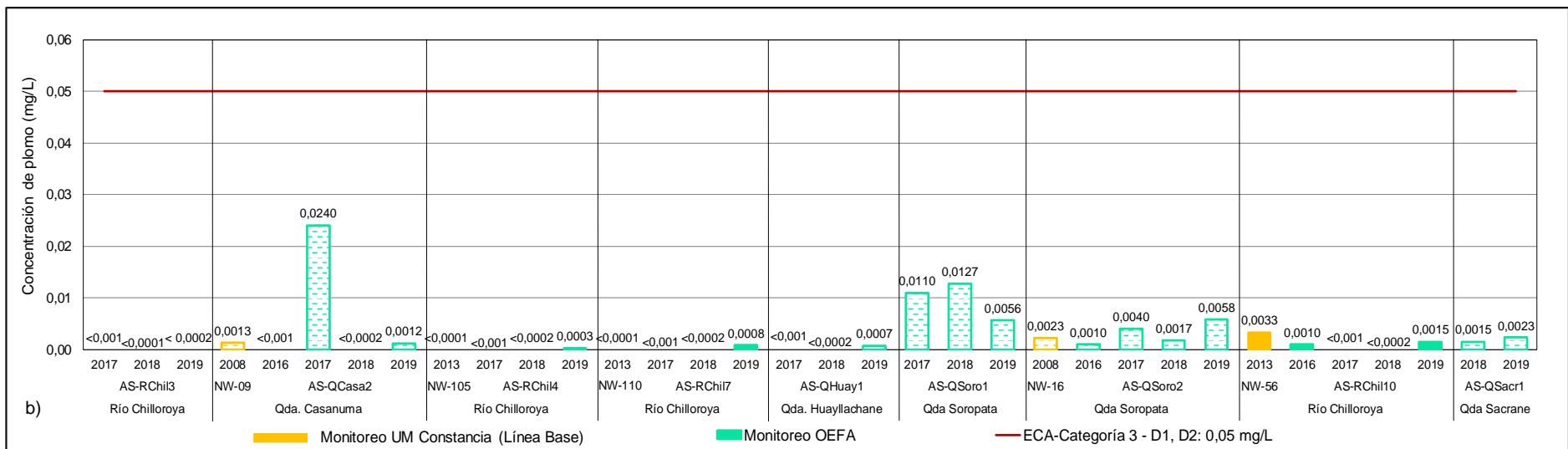
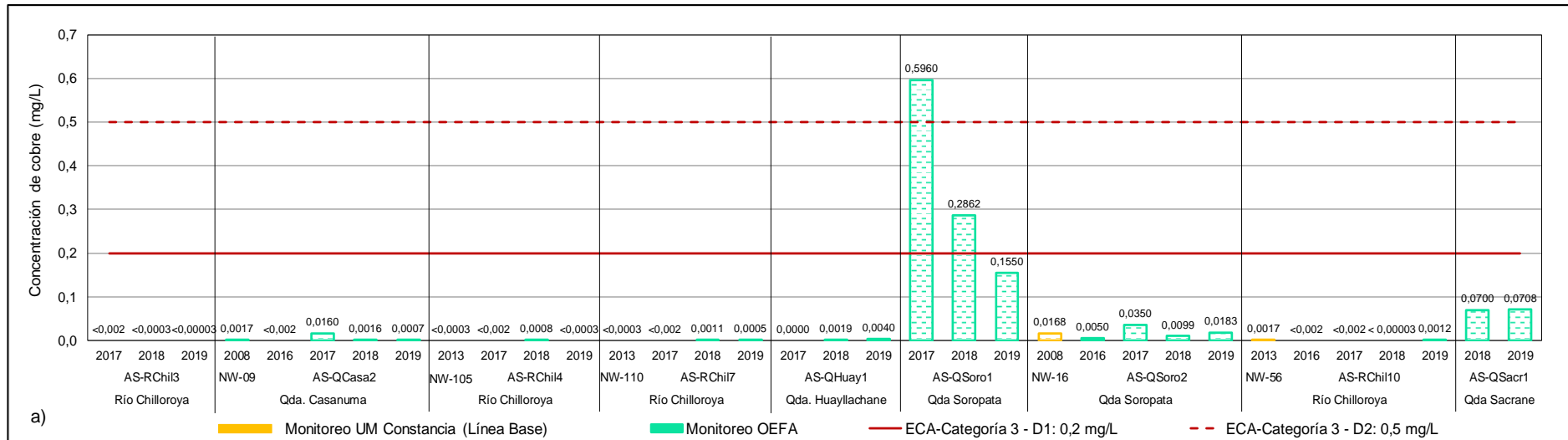
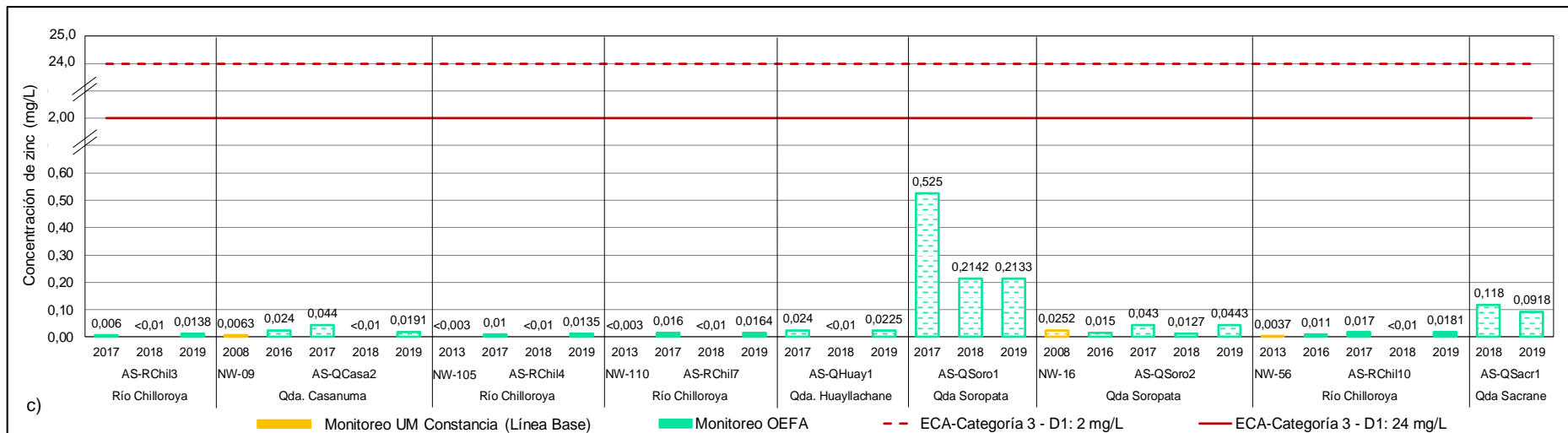


Figura 7.13. Comparación de los resultados de agua, de las evaluaciones realizadas por el OEFA con el estudio de línea base: a) pH y b) manganeso

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



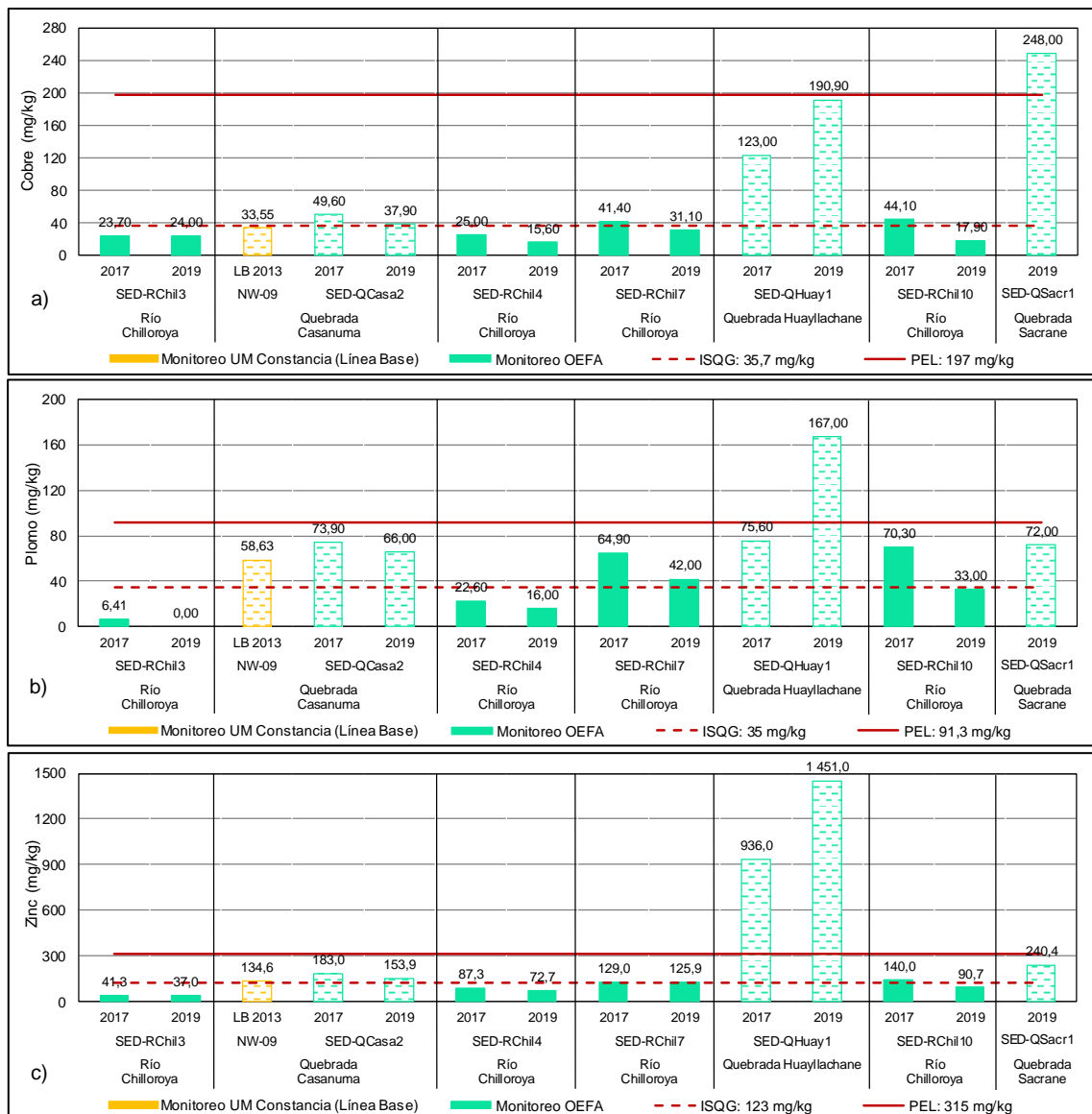
Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad



**Figura 7.14.** Comparación de resultados de agua, de las evaluaciones realizadas por el OEFA con la línea base: a) cobre, b) plomo y c) zinc

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

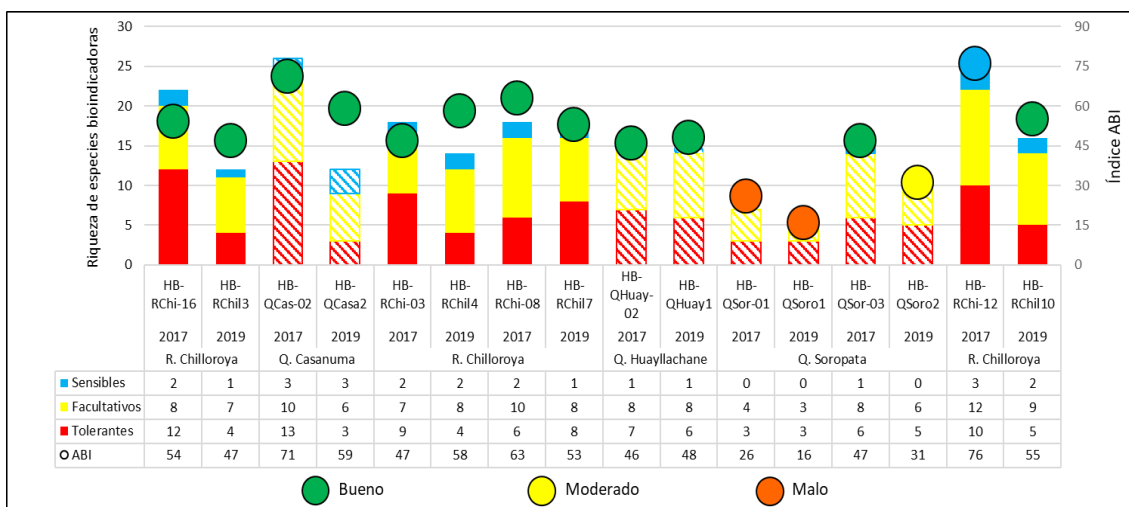
Con respecto a la comparación de las concentraciones de metales en sedimentos (2019) con la data histórica (2017), se observó concentraciones similares en el río Chilloroya; mientras que, en la quebrada Huayllachane, ubicado aguas abajo de la poza principal de sedimentación (Figura 7.15), las concentraciones de cobre, plomo y zinc se incrementaron. Además, en la quebrada Casanuma las concentraciones de cobre, plomo y zinc fueron similares a lo reportado en la línea base y data histórica.



**Figura 7.15.** Comparación de los resultados de sedimentos, de las evaluaciones realizadas por el OEFA con el estudio de línea base: a) cobre, b) plomo y c) zinc

El análisis histórico de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos (Figura 7.16) mostró que en el 2019 tanto la riqueza como la calidad ecológica registraron un menor valor con respecto al 2017; esto se debió al cambio del caudal en el río Chilloroya y las quebradas Casanuma, Huayllachane y Soropata durante el 2019 con respecto al 2017 (Figura 7.17), lo cual no favorece el establecimiento de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos. El caudal es un factor natural que influye sobre la dinámica de los organismos acuáticos (Jacobsen y Encalada, 1998; Domínguez y Fernández, 2009).

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



**Figura 7.16.** Comparación del número de especies de macroinvertebrados bentónicos y calidad ecológica (índice ABI) registrados por el OEFA durante el 2017 y 2019, en el Río Chilloroya y quebradas Casanuma, Soropata, Huayllachane y Sacrane



**Figura 7.17.** Variación del caudal del río Chilloroya: A) durante el 2017 y B) durante el 2019

## 8. CONCLUSIONES

La presencia de cobre, plomo y zinc en sedimentos, a pesar de registrar concentraciones que superaron los valores ISQG o PEL de la guía de calidad ambiental para sedimento en cuerpos de agua dulce de Canadá, no influyeron en la calidad del agua del río Chilloroya y las quebradas Qutinacocha, Cunahuiri, Telaracaca, Casanuma y Huayllachane, esta condición se vio favorecida por el pH ligeramente alcalino del agua que restringe la liberación de metales; esto se corroboró con la riqueza y composición de macroinvertebrados bentónicos con presencia de especies sensibles como *Meridialaris* sp. y *Claudioperla* sp., que determinaron una buena calidad ecológica según el índice biótico andino (ABI).

### 8.1.Zona 1: Quebradas Telaracaca, Cunahuiri y Qutinacocha

En las quebradas Qutinacocha (AS-QQut1) y Cunahuiri (AS-QCuna1A), ubicadas antes del depósito de material inadecuado, el pH presentó características ligeramente alcalinas, llegando a incumplir el Estándar de Calidad Ambiental para agua Categoría 3, subcategoría D2 en el punto AS-QCuna1A; asimismo, la comparación histórica de la concentración de metales no mostró variación. Por otro lado, en el sedimento de ambos puntos, el cobre y

plomo superaron los valores ISQG y PEL de la norma canadiense, respectivamente; sin embargo, estas condiciones no afectaron la composición de macroinvertebrados bentónicos ni la calidad ecológica, determinada referencialmente a partir del índice biótico andino (ABI), debido a que ambos puntos presentaron una muy buena calidad ecológica con presencia de especies sensibles como *Meridialaris* sp. y *Claudioperla* sp.

Los parámetros evaluados en el punto AS-QCuna1, el cual se encuentra canalizado y antes de la confluencia con la quebrada Telaracaca, cumplieron con los ECA para agua Categoría 3 (2008 y 2017); asimismo, la comparación histórica de la concentración de metales mostró resultados similares.

En la quebrada Telaracaca, desde aguas arriba (HB-QTel1A) hasta aguas abajo (HB-QTela-02) del futuro tajo Pampacancha, la riqueza de los macroinvertebrados bentónicos se mantuvo constante; sin embargo, la calidad ecológica, determinada referencialmente a partir del índice biótico andino (ABI), disminuyó de muy buena (HB-QTel1A) a buena (HB-QTela2), con presencia de especies sensibles como *Meridialaris* sp. y *Claudioperla* sp., esto se debió a la presencia de cobre, plomo y zinc en el sedimento cuyas concentraciones se incrementaron progresivamente desde aguas arriba (SED-QTel1A) hasta aguas abajo (SED-QTela2) del futuro tajo, llegando a superar el valor ISQG (cobre) y PEL (plomo y zinc) de la norma canadiense. De forma similar, en el agua, las concentraciones de cobre, manganeso, plomo y zinc se incrementaron; sin embargo, cumplieron con el ECA para agua (2008 y 2017); asimismo, de la comparación histórica de la concentración de estos metales, se observó que observaron resultados similares.

## 8.2. Zona 2: Río Chilloroya y quebradas Casanuma, Soropata, Huayllachane y Sacrane

En el río Chilloroya tanto la riqueza de macroinvertebrados bentónicos como la calidad ecológica, determinada referencialmente a partir del índice biótico andino (ABI), no presentaron variación desde el punto HB-RChil3, aguas arriba del Depósito de Relaves, hasta el punto HB-RChil10, aguas abajo de las quebradas aportantes Casanuma (HB-QCasa2), Huayllachane (HB-QHuay1) y Soropata (HB-QSoro2), y los puntos PV-PTMF2 (Descarga de la poza de sedimentación del TMF N.º 2), PV-PCC2 (Descarga de la poza de sedimentación del cadmio N.º 2), PV-PTMF1 (Descarga de la poza de sedimentación del TMF N.º 1) y PV-PCC1 (Descarga de la poza de sedimentación del cadmio N.º 1), los cuales no presentaron flujo. Asimismo, en el agua todos los metales cumplieron con los ECA para agua Categoría 3 (2008 y 2017), este comportamiento se mantuvo en el tiempo según la comparación histórica; sin embargo, en el sedimento del punto SED-RChil7 las concentraciones de plomo y zinc superaron los valores ISQG de la normativa canadiense.

El punto SED-QHuay1, ubicado en la quebrada Huayllachane y aguas abajo de la poza principal de sedimentación (PV-PSP), registró una mayor concentración de cadmio, cobre, plomo, zinc y mercurio en sedimento, que llegaron a superar en al menos un valor la norma canadiense (ISQG y/o PEL); asimismo, la comparación histórica de la concentración de estos metales mostró un incremento en el 2019 con respecto al 2017; sin embargo, estas condiciones no afectaron la calidad del agua, la composición de macroinvertebrados bentónicos ni la calidad ecológica, determinada referencialmente a partir del índice biótico andino (ABI), debido a que este punto presentó una buena calidad ecológica con presencia de especies sensibles como *Cailloma* sp.

En la quebrada Soropata, tanto la riqueza como la calidad ecológica presentaron bajos valores aguas abajo del Tajo Constancia (HB-QSoro1A), registrándose 5 especies y una mala calidad ecológica; pero se observó una recuperación al alejarse del tajo antes de su confluencia al río Chilloroya (HB-QSoro2), en donde se registraron 11 especies y una moderada calidad ecológica; esta recuperación se debió al aporte de los bofedales cercanos. Es importante mencionar que los puntos más cercanos al Tajo Constancia y la

poza de sedimentación de la Planta de procesos (AS-QSoro1A y AS-QSoro1) registraron concentraciones de manganeso que excedieron los ECA para agua (2008 y 2017); asimismo, registraron mayores concentraciones de arsénico, cadmio, cobre y zinc, con respecto al punto AS-QSoro2, ubicado antes de la confluencia con el río Chilloroya.

## 9. 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 Constancia.

## 10. 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.

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.

Li, H. Shi, A., Li, M. & Zhang, X. 2013. Effect of pH, Temperature, Dissolved Oxygen, and Flow Rate of Overlying Water on Heavy Metals Release from Storm Sewer Sediments. *Journal of Chemistry*: 1-11

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.

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°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°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.



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

## 11. 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

Anexo 6: Certificados de calibración de los equipos

Anexo 7: Cadena de custodia

Anexo 8: Informes de ensayo de laboratorio

Anexo 9: Sistematización de IGA

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: 01927591"



01927591