

**INFORME N° 00204 -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> Ejecutivo 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 Anabi de Anabi S.A.C.
<b>CUE</b>	:	2019-02-0003
<b>CÓDIGO DE ACCIÓN</b>	:	0006-3-2019-401
<b>REFERENCIA</b>	:	Planefa 2019
<b>FECHA</b>	:	Lima, 12 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 Anabi de Anabi S.A.C. son presentados en la Tabla 1.1.

**Tabla.1.** Datos generales de la actividad realizada

a.	Zona evaluada	Distrito de Quiñota, provincia de Chumbivilcas, departamento de Cusco
b.	Unidades fiscalizables en la zona de estudio o actividades económicas	Área de influencia de la unidad minera Anabi administrada por Anabi S.A.C.
c.	Problemática identificada	Presunta afectación de los cuerpos de agua ubicados en el área de influencia de la unidad minera Anabi
d.	La actividad se realizó en el marco de	Planefa 2019/ POI 2019
e.	Tipo de evaluación	Vigilancia Ambiental
f.	Periodo de ejecución	Del 20 al 22 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

**2. DATOS DE LA ACTIVIDAD REALIZADA**

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

**Tabla 2.1.** Parámetros evaluados

Matriz evaluada	Parámetros evaluados	Cantidad de estaciones
Agua superficial	pH	12
	Temperatura	12
	Conductividad	12
	Oxígeno disuelto	12
	Metales totales	12
	Metales disueltos	1
	Sulfatos	12
	Cianuro WAD	4
	Cianuro Libre	4
	Cianuro total	4
Efluentes	pH	4
	Temperatura	4
	Conductividad	4
	Oxígeno disuelto	4
	Metales totales	4
	Metales disueltos	4
	Sulfatos	4
	Cianuro WAD	4
	Cianuro Libre	4
Cianuro total	4	
Afloramientos	pH	4
	Temperatura	4
	Conductividad	4
	Oxígeno disuelto	4
	Metales totales	4
	Metales disueltos	4
	Sulfatos	4
Sedimentos	Metales totales	10
Hidrobiología	Macroinvertebrados	11

En la Tabla 2.2 se presentan los parámetros que incumplen la normativa ambiental aprobada en la «Modificación del Estudio de Impacto Ambiental del proyecto de explotación Anabi»<sup>1</sup> y normativa vigente (referencial).

**Tabla 2.2.** Parámetros que excedieron la normativa ambiental

Matriz	Cuerpo de agua	Código OEFA	Código IGA	Norma ambiental	
				IGA <sup>1</sup>	Vigente o Referencial <sup>2</sup>
Agua superficial	Quebrada Chonta	AS-QChon4	--	Manganeso	Manganeso
		AS-QCho-09	--	pH, manganeso	pH, manganeso
		AS-QChon6	--	pH, hierro, manganeso	pH, manganeso
	Canal <sup>(*)</sup>	QCH-A1	--	pH, sulfato, aluminio, cadmio, cobalto, cobre, hierro, manganeso	pH, aluminio, cadmio, cobalto, cobre, hierro, manganeso

<sup>1</sup> Modificación del Estudio de Impacto Ambiental del proyecto de explotación Anabi, aprobada mediante R.D. N.º 218-2013-MEM/AAM el 21 de junio del 2013.

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

Matriz	Cuerpo de agua	Código OEFA	Código IGA	Norma ambiental	
				IGA <sup>1</sup>	Vigente o Referencial <sup>2</sup>
	Quebrada Huisamarca	AS-QHuis1	--	pH, aluminio, hierro, manganeso	pH, aluminio, manganeso
		AS-QHui-02	AG-6	pH	pH
Agua	Afloramiento	FSNom1	--	NA	pH, aluminio <sup>a</sup> , cobalto <sup>a</sup> , cobre, manganeso <sup>a</sup>
		FSNom2	--	NA	pH, oxígeno disuelto <sup>a</sup> , sulfato <sup>a</sup> , aluminio <sup>a</sup> , cadmio <sup>a</sup> , cobalto <sup>a</sup> , cobre <sup>a</sup> , manganeso <sup>a</sup>
		FSNom3	--	NA	pH, aluminio, manganeso
		FSNom4	--	NA	pH, manganeso
Agua residual industrial	Efluente de la poza de sedimentación del tajo	QCH-1	QCH-1	pH, cobre total <sup>b</sup> , hierro disuelto	NA
	Efluente de la poza de sedimentación del depósito de desmote	QCH-A	QCH-A	pH, cobre total <sup>b</sup>	NA
	Efluente de la poza del subdrenaje del depósito de desmote y del canal de coronación de la ampliación del depósito de desmote	Eflu-Qhui	--	pH, cobre total, hierro disuelto	NA
Sedimento	Quebrada Chonta	SED-QChon3	--	NA	Arsénico, mercurio
		SED-QChon4	--	NA	Arsénico
		SED-QCho-09	--	NA	Arsénico, mercurio
		SED-QCho-11	--	NA	Arsénico, mercurio
		SED-QChon6	--	NA	Arsénico
	Quebrada Huisamarca	SED-QHuis1	--	NA	Arsénico
		SED-QHui-02	SD-2	NA	Arsénico

<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.

Efluentes: Niveles Máximos Permisibles aprobados mediante R.M. N.º 011-96-EM/VMM y Límites Máximos Permisibles aprobados mediante D.S. N.º 010-2010-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.

Afloramiento: ECA para agua categoría 3 (Riego de vegetales y bebida de animales) aprobado mediante Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM y Límites Máximos Permisibles (en adelante LMP) aprobados mediante D.S. N.º 010-2010-MINAM

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

(\*): El canal fue comparado referencialmente con el ECA para agua Categoría 3 (D.S. N.º 002-2008-MINAM y D.S. N.º 004-2017-MINAM)

(-): No coincide con ningún punto IGA

NA: No aplica la comparación

(<sup>a</sup>): Incumple solo ECA para agua categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales (D.S. N.º 004-2017-MINAM).

(<sup>b</sup>): Incumple solo los Límites Máximos Permisibles (D.S. N.º 010-2010-MINAM).

### 3. ANTECEDENTES

En la zona de evaluación se han realizado diferentes 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, en el marco de sus funciones, ha realizado varias evaluaciones ambientales en el área de influencia de la unidad minera Anabi, los mismos que fueron utilizados para el análisis de los resultados del presente informe. En el 2016 se



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

aprobó el informe N.º 112-2016-OEFA/DE-SDLB-CEAI «Evaluación ambiental en las áreas de influencia de las unidades fiscalizables por el OEFA (minería) ubicadas en la intercuenca Alto Apurímac, durante el 2016»; donde se evidenció que la quebrada Chonta, aguas arriba de las operaciones de la unidad minera Anabi, presentó un pH neutro, al igual que la quebrada Millo, sin presencia de metales que superen los ECA para agua (2015), de forma similar el sedimento de ambas quebradas registró metales cuyas concentraciones no superaron los valores ISQG y PEL de la norma canadiense (CEQG). Sin embargo, aguas abajo de las operaciones mineras, tanto en la quebrada Chonta como Huisamarca se evidenció un pH ácido con presencia de manganeso cuyas concentraciones incumplieron los ECA para agua (2015); y en los sedimentos, las concentraciones de arsénico y cobre superaron los valores PEL e ISQG de la CEQG, respectivamente.

En el 2017 se aprobó el informe N.º 086-2017-OEFA/DE-SDLB-CEAME «Evaluación ambiental en el área de influencia de la unidad minera Anabi, durante el 2017» donde se evidenció que en la microcuenca Chonta, la comunidad de macroinvertebrados bentónicos se vio alterada por la descarga de los 3 efluentes minero-metalúrgicos que provienen de la planta de destrucción de cianuro, botadero de desmontes y del tajo Huisamarca, los cuales incumplieron los Límites Máximos Permisibles para la Descarga de Efluentes Líquidos de Actividades Minero – Metalúrgicas (en adelante, LMP) para el pH; y de los 4 afloramientos presuntamente subterráneos que presentaron pH ácido, ubicados al pie del botadero de desmonte y del tajo Huisamarca. De igual forma, la quebrada Huisamarca presentó un pH ácido debido a la descarga de un efluente no autorizado que incumplió los LMP y proviene de la poza de captación de subdrenajes del botadero, el mismo que descarga directamente sobre la naciente de esta quebrada, estas condiciones afectaron a la comunidad de macroinvertebrados bentónicos.

En el 2018 se aprobó el informe N.º 0352-2018-OEFA/DEAM-STEC «Vigilancia ambiental de la calidad de agua superficial realizada en el área de influencia de la unidad minera Anabi administrada por Anabi S.A.C., en el 2018» donde se evidenció alteración de la calidad del agua de las quebradas Chonta y Huisamarca, ya que presentaron pH ácidos y concentraciones elevadas de metales como aluminio, cobalto, cobre, hierro, mercurio, manganeso, sodio y selenio, los cuales están asociados al aporte de los efluentes QCH-A y QCH-1, que incumplieron el LMP para cobre, y los afloramientos FSNom1; FSNom2; FSNom3 y FSNom4, ubicados en la parte baja del Tajo Huisamarca y descargan en la quebrada Chonta, e incumplieron los ECA para agua (2008 y 2017).

Asimismo, se ha realizado la revisión de los instrumentos de gestión ambiental (IGA) correspondiente a la UM Anabi, administrada por Anabi S.A.C., aprobados por el Ministerio de Energía y Minas; sin embargo, se han utilizado para el análisis, solo los resultados contenidos en la «Modificación del Estudio de Impacto Ambiental del proyecto de explotación Anabi» aprobada mediante R.D. N.º 218-213-MEM/AAM el 21 de junio del 2013 y la «Modificación del Plan de Cierre de Minas de la unidad minera Anabi» aprobada mediante R.D. N.º 505-2015-MEM/DGAAM el 30 de diciembre del 2015 (ver Anexo 9).

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 unidad minera Anabi, en base a la evaluación realizada en el mes de marzo, el mismo que será derivado a la Dirección de Supervisión Ambiental en Energía y Minas.

<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



#### 4. OBJETIVO

##### 4.1. OBJETIVO GENERAL

Realizar la vigilancia ambiental en el área de influencia de la unidad minera Anabi administrada por Anabi S.A.C.

##### 4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar la calidad del agua en las quebradas Chonta, Millo y Huisamarca y efluentes provenientes de las pozas de sedimentación que colecta las aguas provenientes de la planta de destrucción de cianuro (QCH-D), botadero de desmonte (QCH-A), tajo Huisamarca (QCH-1) y poza que colecta las aguas del subdrenaje del botadero de desmonte y escorrentía del canal perimétrico del PAD (Eflu-Qhui).
- Evaluar la calidad del sedimento en las quebradas Chonta, Millo y Huisamarca.
- Evaluar el comportamiento de macroinvertebrados bentónicos y la calidad ecológica en las quebradas Chonta, Millo y Huisamarca.

#### 5. ÁREA DE ESTUDIO

El presente estudio está enmarcado en el área de influencia de la UM Anabi<sup>3</sup>, ubicado en la zona oriental de la Cordillera Occidental de los Andes del Perú, en el distrito de Quiñota, provincia de Chumbivilcas, en el departamento del Cusco, con una altitud que varía entre los 4200 a 4800 m s. n. m.

La evaluación comprende principalmente a las quebradas Chonta, Millo y Huisamarca que se encuentran influenciadas directamente por las actividades de la UM Anabi (ver Anexo 2), las cuales para el estudio se dividieron en 2 zonas: la zona 1 que comprende las quebradas Chonta y Millo, y la zona 2, que comprende la quebrada Huisamarca.

#### 6. METODOLOGÍA

En este apartado se presenta la metodología empleada en la vigilancia ambiental en el área de influencia de la unidad minera Anabi. 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, los equipos utilizados 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	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

<sup>3</sup> Modificación del Plan de Cierre de Minas de la unidad minera Anabi, aprobado con R.D. N.º 505-2015-MEM/DGAAM el 30 de diciembre del 2015.



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

Matrices Ambientales	Protocolo	Sección	País	Institución	Dispositivo legal	Año
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 (DGAAM) del Minem	Resolución Directoral N.º 004-94-EM/DGAA	1994
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

### 6.1.2. Ubicación de los puntos de monitoreo

Para la realización de la vigilancia ambiental se determinó la toma de 12 puntos de monitoreo (Tabla 6.2), los cuales fueron seleccionados a partir de la revisión de los Informes N.º 086-2017-OEFA/DE-SDLB-CEAME y N.º 0352-2018-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 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

Nº	Código	Coordenadas UTM WGS-84 Zona 19 L		Altitud m s.n.m.	Descripción
		Este	Norte		
Zona 1: Quebrada Chonta y Millo					
1	AS-QChon1	792796	8399081	4389	Quebrada Chonta, aguas arriba de la descarga del efluente QCH-D
2	AS-QChon2	792999	8399365	4396	Quebrada Chonta, aguas abajo de la descarga del efluente QCH-D
3	AS-QChon3	793469	8399581	4365	Quebrada Chonta, aguas arriba del efluente QCH-A
4	QCH-A1	793584	8399500	4396	Canal que colecta las aguas de no contacto que proviene del depósito de desmonte, a aproximadamente 10 m de la descarga del punto QCH-A
5	AS-QChon4	793562	8399770	4349	Quebrada Chonta, aguas abajo del efluente QCH-A
6	AS-QMill1	793499	8399920	4353	Quebrada Millo, antes de su confluencia en la quebrada Chonta
7	AS-QCho-09	793709	8399892	4348	Quebrada Chonta, aguas arriba del tajo Huisamarca, después de la confluencia con la quebrada Millo.
8	AS-QCho-11	794156	8400405	4323	Quebrada Chonta, aguas abajo del tajo Huisamarca, aproximadamente a 730 m del punto QCho-09.
9	AS-QChon5	794753	8400661	4280	Quebrada Chonta, aguas arriba del efluente QCH-1

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-QChon6	795149	8400576	4246	Quebrada Chonta, aguas abajo del efluente QCH-1
Zona 2: Quebrada Huisamarca					
11	AS-QHuis1	794589	8398897	4485	Quebrada Huisamarca, ubicado aproximada a 400 m aguas abajo de la descarga del PAD de lixiviación.
12	AS-QHui-02	795624	8399204	4246	Quebrada Huisamarca, aguas abajo del PAD de Lixiviación, antes de la confluencia con la quebrada Yanama.

Los 4 puntos de monitoreo de afloramientos vigilados se detallan en la Tabla 6.3.

**Tabla 6.3.** Puntos de monitoreo de afloramientos

N°	Código	Coordenadas UTM WGS-84 Zona 19 L		Altitud m s.n.m.	Descripción
		Este	Norte		
1	FSNom1	793709	8399892	4349	Afloramiento Sin Nombre 1, ubicado al pie del tajo Huisamarca, aproximadamente a 7 m aguas abajo del punto QCho-09.
2	FSNom2	793969	8400146	4326	Afloramiento Sin Nombre 2, ubicado al pie del tajo Huisamarca, aproximadamente a 130 m aguas arriba del punto FSNom3.
3	FSNom3	794034	8400258	4328	Afloramiento Sin Nombre 3, ubicado al pie del tajo Huisamarca, aproximadamente a 200 m aguas arriba del punto QCho-11.
4	FSNom4	794883	8400566	4264	Afloramiento Sin Nombre 4, ubicado al pie del tajo Huisamarca, aproximadamente a 170 m aguas abajo de punto QChon5.

Los 4 efluentes vigilados se detallan en la Tabla 6.4.

**Tabla 6.4.** Puntos de muestreo de efluentes

N°	Código	Coordenadas UTM WGS-84 Zona 19 L		Altitud m s.n.m.	Descripción
		Este	Norte		
Zona 1: Quebrada Chonta y Millo					
1	QCH-D	793017	8399050	4332	Punto ubicado en la descarga de la poza de sedimentación que colecta las aguas provenientes de la planta de destrucción de cianuro.
2	QCH-A	793562	8399519	4389	Punto ubicado en la descarga de la poza de sedimentación que colecta las aguas provenientes del botadero de desmonte, que descarga a la quebrada Chonta mediante un canal revestido con geomembrana.
3	QCH-1	795003	8400379	4315	Punto ubicado en la descarga de la poza de sedimentación que colecta agua proveniente del tajo Huisamarca, que descarga a la quebrada Chonta mediante un canal de concreto de sección trapezoidal.
Zona 2: Quebrada Huisamarca					
4	Eflu-Qhui	794323	8398985	4448	Punto ubicado en la descarga de la poza que colecta las aguas del subdrenaje del depósito de desmonte y del canal de coronación de la ampliación del depósito de desmonte



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

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

Antes de salir a campo se realizó el ajuste y verificación del multiparámetro, en la Tabla 6.5. se detallan los equipos empleados en la vigilancia ambiental.

**Tabla 6.5.** 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 6.6 se detallan los parámetros evaluados y los métodos de análisis de las muestras de agua.

**Tabla 6.6.** 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
Cianuro Libre	EPA METHOD 9016, Rev. 0, 2010	Cianuro libre en agua, suelo y lodos por microdifusión
Cianuro Total	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-CN: C,E,22nd Ed.2012	Cianuro por método colorimétrico
Cianuro WAD	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-CN: I,E,23rd Ed.2017	Cianuro disociable con ácido débil. Método colorimétrico.

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 efluentes 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. Los afloramientos fueron comparados de manera referencial con los ECA para Agua y Límites Máximos Permisibles para la descarga de efluentes líquidos de actividades minero-metalúrgicas tal como se detalla en la Tabla 6.7.

<sup>4</sup> Modificación del Estudio de Impacto Ambiental del proyecto de explotación Anabi, aprobada mediante R.D. N.º 218-2013-MEM/AAM el 21 de junio del 2013.



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

**Tabla 6.7.** Normativa y categorías de comparación empleadas para agua superficial, afloramientos y efluentes

Cuerpo de agua	Categoría de comparación	Normativa de comparación
Quebrada Chonta	Categoría 3: Riego de vegetales y Bebida de animales	Decreto Supremo N.º 002-2008-MINAM
Quebrada Millo		Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM (referencial)
Quebrada Huisamarca		
Canal		
Afloramientos	Categoría 3: Riego de vegetales y Bebida de animales	Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM (referencial)
	Límites Máximos Permisibles	Decreto Supremo N.º 010-2010-MINAM (referencial)
Efluentes*	Niveles Máximos Permisibles (NMP)	Resolución Ministerial. N.º 011-96-EM / VMM
	Límites Máximos Permisibles (LMP)	Decreto Supremo N.º 010-2010-MINAM

\* De los 4 efluentes, solo el Eflu-Qhui fue comparado únicamente con los Límites Máximos Permisibles aprobados mediante D.S. 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.

### 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 6.8.

**Tabla 6.8.** 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 ubicados en los mismos puntos de monitoreo de agua superficial cuyas características permitan la toma de muestra de sedimento, indicados en la Tabla 6.9. Es preciso indicar que se adicionó el prefijo «SED» a la codificación de los puntos asociados al monitoreo de agua.

**Tabla 6.9.** Puntos de monitoreo de calidad de sedimentos

Nº	Código	Coordenadas UTM WGS-84 Zona 19 L		Altitud m s.n.m.	Descripción
		Este	Norte		
Zona 1: Quebrada Chonta y Millo					
1	SED-QChon1	792796	8399081	4389	Quebrada Chonta, aguas arriba de la descarga del efluente QCH-D



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		
2	SED-QChon2	792999	8399365	4396	Quebrada Chonta, aguas abajo de la descarga del efluente QCH-D
3	SED-QChon3	793469	8399581	4365	Quebrada Chonta, aguas arriba del efluente QCH-A
4	SED-QChon4	793562	8399770	4349	Quebrada Chonta, aguas abajo del efluente QCH-A
5	SED-QMill1	793499	8399920	4353	Quebrada Millo, antes de su confluencia en la quebrada Chonta
6	SED-QCho-09	793709	8399892	4348	Quebrada Chonta, aguas arriba del tajo Huisamarca, después de la confluencia con la quebrada Millo.
7	SED-QCho-11	794156	8400405	4323	Quebrada Chonta, aguas abajo del tajo Huisamarca, aproximadamente a 730 m del punto QCho-09.
8	SED-QChon6	795149	8400576	4246	Quebrada Chonta, aguas abajo del efluente QCH-1
Zona 2: Quebrada Huisamarca					
9	SED-QHuis1	794589	8398897	4485	Quebrada Huisamarca, ubicado aproximada a 400 m aguas abajo de la descarga del PAD de lixiviación.
10	SED-QHui-02	795624	8399204	4246	Quebrada Huisamarca, aguas abajo del PAD de Lixiviación, antes de la confluencia con la quebrada Yanama.

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

Las herramientas y equipos empleados para el muestreo se detallan en la Tabla 6.10.

**Tabla 6.10.** 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 6.11.

**Tabla 6.11.** 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 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.

### 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*



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

*Protection of Aquatic Life of Fresh water-CEQG-SQG*)<sup>5</sup>, la misma norma que es considerada en el instrumento de gestión ambiental del administrado.

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.

### 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 6.12).

**Tabla 6.12.** 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 11, 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 6.13 se indica la descripción de los puntos. Es preciso indicar que se adicionó el prefijo «HB» a la codificación de los puntos de monitoreo de agua.

**Tabla 6.13.** Puntos de monitoreo de macroinvertebrados bentónicos

N°	Código	Coordenadas UTM WGS-84 Zona 19 L		Altitud m s.n.m.	Descripción
		Este	Norte		
Zona 1: Quebrada Chonta y Millo					
1	HB-QChon1	792796	8399081	4389	Quebrada Chonta, aguas arriba de la descarga del efluente QCH-D
2	HB-QChon2	792999	8399365	4396	Quebrada Chonta, aguas abajo de la descarga del efluente QCH-D

<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/).



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		
3	HB-QChon3	793469	8399581	4365	Quebrada Chonta, aguas arriba del effluente QCH-A
4	HB-QChon4	793562	8399770	4349	Quebrada Chonta, aguas abajo del effluente QCH-A
5	HB-QMill1	793499	8399920	4353	Quebrada Millo, antes de su confluencia en la quebrada Chonta
6	HB-QCho-09	793709	8399892	4348	Quebrada Chonta, aguas arriba del tajo Huisamarca, después de la confluencia con la quebrada Millo.
7	HB-QCho-11	794156	8400405	4323	Quebrada Chonta, aguas abajo del tajo Huisamarca, aproximadamente a 730 m del punto QCho-09.
8	HB-QChon5	794753	8400661	4280	Quebrada Chonta, aguas arriba del effluente QCH-1
9	HB-QChon6	795149	8400576	4246	Quebrada Chonta, aguas abajo del effluente QCH-1
Zona 2: Quebrada Huisamarca					
10	HB-QHuis1	794589	8398897	4485	Quebrada Huisamarca, ubicado aproximada a 400 m aguas abajo de la descarga del PAD de lixiviación.
11	HB-QHui-02	795624	8399204	4246	Quebrada Huisamarca, aguas abajo del PAD de Lixiviación, antes de la confluencia con la quebrada Yanama.

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

En la Tabla 6.14 se detallan los equipos empleados para el monitoreo de macroinvertebrados bentónicos.

**Tabla 6.14.** 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 6.15 se detalla el parámetro y método de análisis empleado para las muestras hidrobiológicas.

**Tabla 6.15.** Parámetro y método de análisis para muestras hidrobiológicas

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

### 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 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 Anabi. 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 6.16) presente en cada punto de muestreo.



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

**Tabla 6.16.** 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	Lepidoptera	Hydropsychidae	5
	Physidae	3		Pyralidae	4
	Planorbidae	3	Coleoptera	Dryopidae	5
Bivalvia	Sphaeriidae	3		Elmidae	5
Amphipoda	Hyalellidae	6		Hydraenidae	5
Hydracarina		4		Lampyridae	5
				Psephenidae	5
				Ptilodactylidae	5
				Scirtidae(helodidae)	5
Ephemeroptera	Leptophlebiidae	10		Gyrinidae	3
	Oligoneuridae	10		Dytiscidae	3
	Leptohiphidae	7		Hydrophilidae	3
	Baetidae	4	Staphylinidae	3	
Odonata	Polythoridae	10	Diptera	Blepharoceridae	10
	Calopterygidae	8		Athericidae	10
	Gomphidae	8		Simuliidae	5
	Aeshnidae	6		Tipulidae	5
	Coenagrionidae	6		Ceratopogonidae	4
	Libellulidae	6		Dixidae	4
Plecoptera	Perlidae	10		Dolichopodidae	4
	Gripopterygidae	10		Empididae	4
Heteroptera	Corixidae	5		Limoniidae	4
	Gerridae	5		Stratiomyidae	4
	Naucoridae	5	Tabanidae	4	
	Notonectidae	5	Psychodidae	3	
	Veliidae	5	Chironomidae	2	
	Belostomatidae	4	Culicidae	2	
Trichoptera	Anomalopsychidae	10	Ephydriidae	2	
	Calamoceratidae	10	Muscidae	2	
	Helicopsychidae	10	Syrphidae	1	
	Odontoceridae	10			
	Hydrobiosidae	8			
	Leptoceridae	8			
	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 6.17) propuesta por Acosta *et al.* (2009).



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

**Tabla 6.17.** 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).

## 7. RESULTADOS Y ANÁLISIS

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 por parte de la unidad minera Anabi, el estudio se dividió en 2 zonas, los mismos que se nombran a continuación:

- **Zona 1: Quebradas Chonta y Millo**

Comprende el área de la microcuenca conformada por las quebradas Chonta (AS-QChon1, AS-QChon2, AS-QChon3, AS-QChon4, AS-QCho-09, AS-QCho-11, AS-QChon5, AS-QChon6) y Millo (AS-QMill1). En esta zona se ubican 3 efluentes minero-metalúrgicos que descargan sobre la quebrada Chonta: QCH-D (poza de sedimentación que colecta las aguas de la planta de destrucción de cianuro), QCH-A (poza de sedimentación que colecta las aguas del botadero de desmonte) y QCH-1 (poza de sedimentación que colecta agua del tajo Huisamarca) y el canal QCH-A1, que transporta agua de no contacto proveniente del depósito de desmonte. Además, se identificaron 4 afloramientos al pie del tajo Huisamarca: FSNom1, FSNom2, FSNom3 y FSNom4, que también descargan en la quebrada Chonta.

- **Zona 2: Quebrada Huisamarca**

Comprende el área de la microcuenca de la quebrada Huisamarca (AS-QHuis1 y AS-QHui-02). En esta zona se ubica el efluente que descarga sobre la naciente de la quebrada Huisamarca: Eflu-Qhui que proviene de la poza que colecta las aguas del subdrenaje del depósito de desmonte y del canal de coronación de la ampliación del depósito de desmonte.

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: Quebradas Chonta y Millo

### 7.1.1.Agua superficial, afloramientos y efluentes

Los resultados de los parámetros evaluados en las quebradas Millo y Chonta 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 de manera referencial con los estándares señalados en el D.S. N.º 004-2017-MINAM.

En la Tabla 7.1 se muestra los parámetros de campo y laboratorio que superaron los estándares de comparación.

**Tabla 7.1.** Resultados de agua superficial de las quebradas Chonta y Millo

Cuerpo de agua		Código	pH (Unidad de pH)	Hierro total (mg/L)	Manganeso total (mg/L)
Quebrada Chonta		AS-QChon1	7,34	0,0957	0,00854
Quebrada Chonta		AS-QChon2	7,18	0,1584	0,05455
Quebrada Chonta		AS-QChon3	6,95	0,1432	0,07762
Quebrada Chonta		AS-QChon4	6,92	0,6257	0,27177
Quebrada Millo		AS-QMill1	7,2	0,1558	0,03609
Quebrada Chonta		AS-QCho-09	6,32	0,4996	0,2327
Quebrada Chonta		AS-QCho-11	7,07	0,4371	0,17756
Quebrada Chonta		AS-QChon5	7,16	0,5398	0,1841
Quebrada Chonta		AS-QChon6	5,55	1,025	0,2521
ECA 2008	Categoría 3	Riego de vegetales	6,5 - 8,5	1	0,2
		Bebida de animales	6,5 - 8,4	1	0,2
ECA 2017	Categoría 3	D1: Riego de vegetales	6,5 - 8,5	5	0,2
		D2: Bebida de animales	6,5 - 8,4	**	0,2

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

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

ECA 2017: Estándares Nacionales 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 7.1, los valores de potencial de hidrógeno (pH) obtenidos en los puntos AS-QCho-09 y AS-QChon6 de la quebrada Chonta presentaron valores que incumplieron con el rango establecido en los ECA para agua Categoría 3 (2008 y 2017).

Respecto a los metales en la quebrada Chonta, la concentración de hierro supera el ECA para agua, Categoría 3 (2008) en el punto AS-QChon6, y la concentración de manganeso en los puntos AS-QChon4, AS-QCho-09 y AS-QChon6 superaron el ECA para agua, Categoría 3 (2008 y 2017).

En esta zona también se ha evaluado el canal que proviene del depósito de desmante (QCH-A1), el cual descarga a la quebrada Chonta, cuyos resultados fueron comparados con los mismos estándares de agua superficial de manera referencial. En la Tabla 7.2, se presentan los parámetros de campo y los parámetros de laboratorio que incumplieron el ECA para agua Categoría 3 (2008 y 2017) del mencionado canal (QCH-A1).

**Tabla 7.2.** Resultados de agua del canal QCH-A1

Parámetros	Unidad	QCH-A1	ECA 2008		ECA 2017	
			Categoría 3		Categoría 3	
			Riego de vegetales	Bebida de animales	D1: Riego de vegetales	D2: Bebida de animales
pH	Unidad de pH	3,26	6,5 - 8,5	6,5 - 8,4	6,5 - 8,5	6,5 - 8,4

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

Parámetros	Unidad	QCH-A1	ECA 2008		ECA 2017	
			Categoría 3		Categoría 3	
			Riego de vegetales	Bebida de animales	D1: Riego de vegetales	D2: Bebida de animales
Sulfatos	mg/L	824,6	300	500	1000	1000
Aluminio total	mg/L	30,56	5	5	5	5
Cadmio total	mg/L	0,01411	0,005	0,01	0,01	0,05
Cobalto total	mg/L	0,08912	0,05	1	0,05	1
Cobre total	mg/L	0,7902	0,2	0,5	0,2	0,5
Hierro total	mg/L	21,62	1	1	5	**
Manganeso total	mg/L	3,125	0,2	0,2	0,2	0,2

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

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

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

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

En el canal QCH-A1, el pH y las concentraciones de aluminio, cobre, hierro y manganeso superaron el ECA para agua Categoría 3 (2008 y 2017); los sulfatos superaron el ECA para agua Categoría 3, riego de vegetales; mientras que el cadmio superó el ECA para agua Categoría 3, en ambas subcategorías (2008) y Categoría 3, riego de vegetales (2017), y finalmente el cobalto superó la subcategoría riego de vegetales (2008 y 2017). Es importante mencionar que el agua de no contacto (agua de lluvia) no presenta metales en su composición, pero si puede presentar iones (calcio, sodio, potasio, cloruro, carbonatos y bicarbonatos).

En la microcuenca Chonta existen 3 efluentes mineros metalúrgicos (QCH-D, QCH-A, QCH-1) que descargan en la quebrada Chonta. En la Tabla 7.3 se presentan los resultados de los parámetros de campo y laboratorio de dichos efluentes que superaron los Límites Máximos Permisibles (en adelante, LMP) para la Descarga de Efluentes Líquidos de Actividades Minero-Metalúrgicas establecidos en el D.S. N.º 010-2010-MINAM y los Niveles Máximos Permisibles (en adelante NMP) para Efluentes Líquidos Minero - Metalúrgicos R.M. N.º011-96-EM / VMM.

**Tabla 7.3.** Resultados de agua de los efluentes que descargan en la quebrada Chonta

Código	pH (Unidad de pH)	Cobre total (mg/L)	Hierro disuelto (mg/L)
QCH-1	3,04	1,4620	32,61
QCH-A	4,96	0,6577	1,466
QCH-D	6,92	0,03558	0,0363
LMP (D.S. N.º010-2010-MINAM)	6-9	0,5	2
NMP (R.M. N.º011-96-EM / VMM) Valor en cualquier momento	6-9	**	2

■ : Incumple al menos uno de los valores de los LMP y/o NMP.

LMP: Límites Máximos Permisibles para la Descarga de Efluentes Líquidos de Actividades Minero – Metalúrgicas (D.S. N.º010-2010-MINAM)

NMP: Niveles Máximos Permisibles para Efluentes Líquidos Minero – Metalúrgicos (R.M. N.º011-96-EM / VMM)

\*\* : No establecido en los LMP (D.S. N.º010-2010-MINAM) y NMP (R.M. N.º011-96-EM / VMM)

Los valores de potencial de hidrógeno (pH) obtenidos en los efluentes QCH1 y QCH-A, presentaron valores que incumplieron con el rango establecido por los LMP para la Descarga de Efluentes Líquidos de Actividades Minero-Metalúrgicas establecidas en el D.S. N.º 010-2010-MINAM y con el rango de los NMP para Efluentes Líquidos Minero - Metalúrgicos R.M. N.º011-96-EM / VMM; asimismo, en el efluente QCH-1 la concentración de hierro disuelto superó los valores de las normas antes mencionadas. Mientras que la concentración de cobre en los efluentes QCH1 y QCH-A solo supera los LMP (D.S. N.º010-2010-MINAM).



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

De igual manera, en la microcuenca Chonta se identificaron 4 afloramientos, identificados al pie del botadero de desmonte y del tajo Huisamarca, que descargan en la quebrada Chonta, los resultados de los parámetros de campo y de laboratorio que incumplieron los estándares con los que fueron comparados se presentan en la Tabla 7.4.

**Tabla 7.4.** Resultados de agua de los afloramientos que descargan en la quebrada Chonta

Código	pH (Unidad de pH)	OD (mg/L)	Sulfato (mg/L)	Aluminio total (mg/L)	Cadmio total (mg/L)	Cobalto total (mg/L)	Cobre total (mg/L)	Manganeso total (mg/L)	
FSNom1	3,95	6,19	208	22,04	0,00739	0,05793	0,5282	1,047	
FSNom2	4,00	2,21	1229	129,5	0,01022	0,26495	0,47359	5,657	
FSNom3	4,43	6,98	251,6	16,40	0,00189	0,04655	0,05487	1,916	
FSNom4	4,96	6,28	160,5	1,734	0,00052	0,00997	0,00437	3,136	
ECA 2017	Cat3D1	6,5 - 8,5	≥ 4	1000	5,0	0,01	0,05	0,2	0,2
	Cat3D2	6,5 - 8,4	≥ 5	1000	5,0	0,05	1	0,5	0,2
LMP 2010	6-9	**	**	**	0,05	**	0,5	**	

■ : Incumple al menos uno de los valores de los LMP y/o ECA categoría 3

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

LMP: Límites Máximos Permisibles para la Descarga de Efluentes Líquidos de Actividades Minero – Metalúrgicas (D.S. N.º 010-2010-MINAM)

\*\* : No establecido en los LMP y/o ECA para la categoría 3.

En los afloramientos los valores de pH presentaron características ácidas; es decir, en un rango de 3,95 a 4,96 unidades de pH, los que se encuentran por debajo del rango establecido en los ECA para agua Categoría 3 (2017) y LMP (D.S. N.º 010-2010-MINAM). El afloramiento FSNom2 registró la mayor concentración de metales (ver Tabla 7.4), los mismos que solo superaron los ECA para agua categoría 3.

### 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]) que será denominada en adelante guía canadiense.

En la Tabla 7.5 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 7.5.** Resultados de metales totales en sedimento

Cuerpo de agua	Código	Arsénico total (mg/kg)	Cobre total (mg/kg)	Mercurio total (mg/kg)
Quebrada Chonta	SED-QChon1	< 17,5	9,3	< 0,10
Quebrada Chonta	SED-QChon2	< 17,5	8,6	< 0,10
Quebrada Chonta	SED-QChon3	76,0	26,9	1,62
Quebrada Chonta	SED-QChon4	71,7	45,2	0,29
Quebrada Millo	SED-QMill1	< 17,5	31,9	< 0,10
Quebrada Chonta	SED-QCho-09	56,8	42,0	1,17
Quebrada Chonta	SED-QCho-11	72,4	49,3	0,62
Quebrada Chonta	SED-QChon6	60,3	48,2	0,12
CEQG-SQG	ISQG	5,9	35,7	0,17
	PEL	17	197	0,486

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

■ : Resultado que excede 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

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

Respecto a los metales en sedimento en la quebrada Chonta, las concentraciones de arsénico superaron el valor PEL de la guía canadiense en los puntos SED-QChon3, SED-



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

QChon4, SED-QCho-09, SED-QCho-11 y SED-QChon6; mientras que las concentraciones de cobre en los puntos SED-QChon4, SED-QCho-09, SED-QCho-11 y SED-QChon6 superaron el valor ISQG. Además, el mercurio en el punto SED-QChon4 superó el valor ISQG y en los puntos SED-QChon3, SED-QCho-09 y SED-QCho-11 superó el valor PEL de la guía en mención.

### 7.1.3. 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 7.1 se presentan los resultados de la riqueza de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo. Se observó que los puntos HB-QMill1, ubicado en la quebrada Millo, antes de su confluencia con la quebrada Chonta, y HB-QChon1, ubicado en la quebrada Chonta aguas arriba del efluente QCH-D, registraron la mayor riqueza con 18 y 17 especies, respectivamente; mientras que, el punto HB-QChon6, ubicado en la quebrada Chonta aguas abajo del efluente QCH-1, registró la menor riqueza con 4 especies.

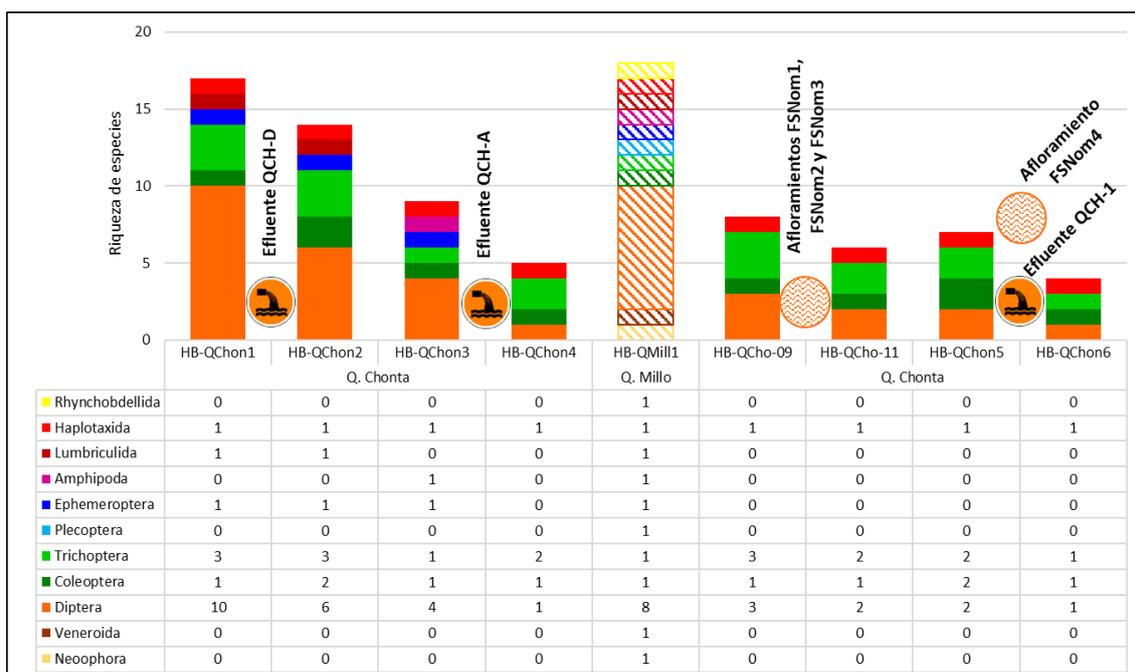


Figura 7.1. Riqueza de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por orden. Los colores sólidos representan el cauce principal y los colores en tramas representan los tributarios

#### • Abundancia

En la Figura 7.2 se presentan los resultados de la abundancia de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo. Se observó que el punto HB-QChon2, ubicado en la quebrada Chonta aguas abajo del efluente QCH-D, registró la mayor abundancia con 642 individuos; mientras que, el punto HB-QChon6, ubicado en la quebrada Chonta aguas abajo del efluente QCH-1, registró la menor abundancia con 6 individuos.



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

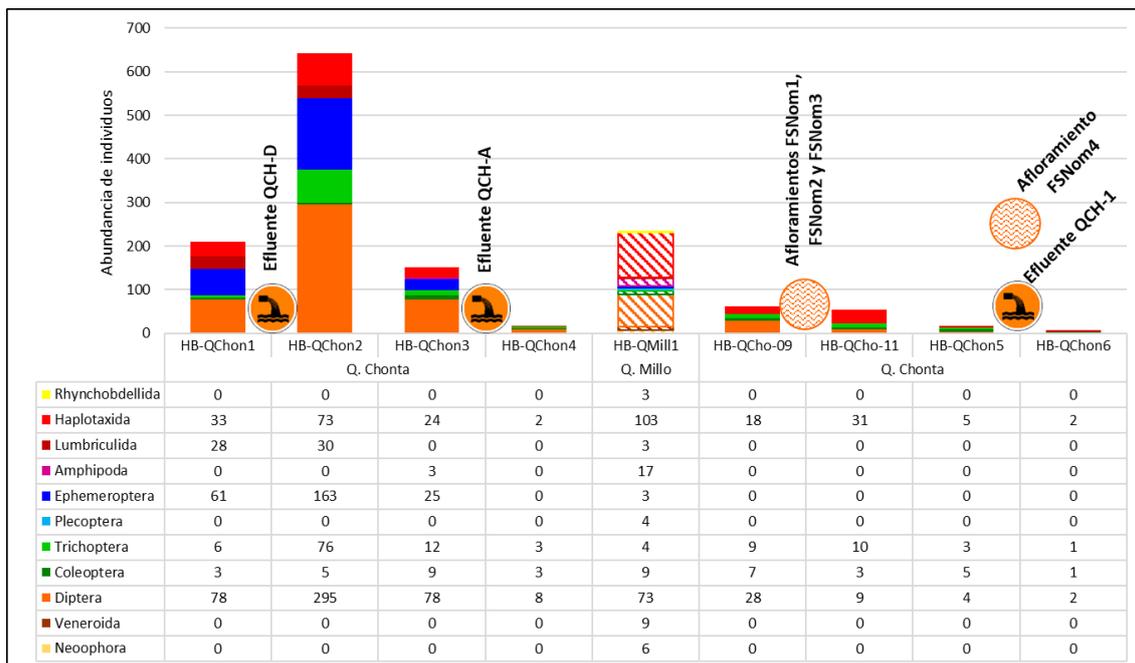


Figura 7.2. Abundancia de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por orden. Los colores sólidos representan el cauce principal y los colores en tramas representan los tributarios

• Índices de diversidad

En la Tabla 7.6 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 muestreo. Se observó que el punto HB-QMill1 (quebrada Millo) registró la mayor riqueza con 18 especies; asimismo, registró el mayor valor de diversidad de Shannon-Wiener (2,959) y diversidad de Simpson (0,768); los cuales se vieron reflejados en un alto valor de equidad de Pielou (0,710), que indica una distribución homogénea de la abundancia de individuos por especie registrada para dicho punto.

Tabla 7.6. Índices de diversidad alfa de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo

Cuerpo de agua	Q. Chonta				Q. Millo	Q. Chonta			
Puntos de muestreo	HB-QChon1	HB-QChon2	HB-QChon3	HB-QChon4	HB-QMill1	HB-QCho-09	HB-QCho-11	HB-QChon5	HB-QChon6
Riqueza de especies (S)	17	14	9	5	18	8	6	7	4
Abundancia de individuos (N)	209	642	151	16	234	62	53	17	6
Diversidad de Shannon-Wiener ( $H'$ )	2,838	2,481	2,373	1,953	2,959	2,451	1,841	2,610	1,918
Dominancia de Simpson ( $\lambda$ )	0,195	0,248	0,267	0,320	0,232	0,229	0,388	0,183	0,278
Diversidad de Simpson ( $1-\lambda$ )	0,805	0,752	0,733	0,680	0,768	0,771	0,612	0,817	0,722
Equidad de Pielou ( $J'$ )	0,694	0,652	0,748	0,841	0,710	0,817	0,712	0,930	0,959

7.2.Zona 2: Quebrada Huisamarca

7.2.1.Agua superficial y efluente

Los resultados de los parámetros evaluados en la quebrada Huisamarca 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° 002-2008-



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

MINAM; y de manera referencial con los estándares señalados en el D.S. N° 004-2017-MINAM.

En la Tabla 7.7 se muestra los parámetros de campo y laboratorio que superaron los estándares de comparación.

**Tabla 7.7.** Resultados de los parámetros de campo de los puntos de monitoreo de agua

Cuerpo de agua	Código	pH (Unidad de pH)	Aluminio total (mg/L)	Hierro total (mg/L)	Manganeso total (mg/L)	
Quebrada Huisamarca	AS-QHuis1	3,9	5,439	1,205	0,5683	
Quebrada Huisamarca	AS-QHui-02	4,38	1,394	0,2653	0,14316	
ECA 2008	Categoría 3	Riego de vegetales	6,5 - 8,5	5	1	0,2
		Bebida de animales	6,5 - 8,4	5	1	0,2
ECA 2017	Categoría 3	D1: Riego de vegetales	6,5 - 8,5	5	5	0,2
		D2: Bebida de animales	6,5 - 8,4	5	**	0,2

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

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

ECA 2017: Estándares Nacionales 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 7.7, los valores de potencial de hidrógeno (pH) obtenidos en los 2 puntos evaluados en la quebrada Huisamarca (AS-QHuis1 y AS-QHui-02) presentaron valores que se encontraron por debajo del rango establecido en los ECA para agua Categoría 3 (2008 y 2017).

Con respecto a los metales totales, se observa que las concentraciones de aluminio y manganeso superaron el ECA para agua Categoría 3, subcategorías Riego de vegetales y Bebida de animales (2008 y 2017), mientras que la concentración de hierro superó el ECA para agua, subcategorías riego de vegetales y bebida de animales (2008).

Es importante mencionar que en la naciente de la quebrada Huisamarca descarga el efluente proveniente de la poza de derivación de subdrenajes del botadero de desmonte (Eflu-Qhui), la cual presentó características ácidas (3,47). En la Tabla 7.8 se presentan los resultados de los parámetros de campo de dicho efluente y su comparación con los LMP para la Descarga de Efluentes Líquidos de Actividades Minero-Metalúrgicas establecidos en el D.S. N° 010-2010-MINAM.

**Tabla 7.8.** Resultados de los parámetros de campo del efluente Eflu-Qhui

Código	pH (Unidad de pH)	Cobre total mg/L	Hierro disuelto mg/L
Eflu-Qhui	3,47	0,6919	5,507
LMP para la Descarga de Efluentes Líquidos de Actividades Minero Metalúrgicas <sup>(a)</sup>	6-9	0,5	2

■ : Incumple los valores del LMP

<sup>(a)</sup> Límites Máximos Permisibles para la descarga de efluentes líquidos de Actividades Minero - Metalúrgicas (D.S. N° 010-2010-MINAM).

\*\* : No establecido en los LMP

En cuanto a los resultados de metales del efluente Eflu-Qhui, se observó que la concentración de cobre total y hierro disuelto incumplieron los LMP establecidos en el D.S. N° 010-2010-MINAM.

### 7.2.2. 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]) que será denominada en adelante guía canadiense.



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

En la Tabla 7.9 se presentan las concentraciones de metales que superaron los valores mencionados en la guía de calidad ambiental canadiense.

Tabla 7.9. Resultados de metales totales en sedimento

Table with 5 columns: Cuerpo de agua, Código, Arsénico total (mg/kg), Cobre total (mg/kg), Plomo total (mg/kg). Rows include Quebrada Huisamarca (SED-QHuis1, SED-QHui-02) and CEQG-SQG (ISQG, PEL).

Light blue box: Resultado que excede el valor ISQG, pero no el Valor PEL de las CEQG-SQG.

Dark blue box: Resultado que excede 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

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

De acuerdo con la Tabla 7.9, las concentraciones de arsénico superaron el valor PEL de la guía canadiense, y las concentraciones de cobre superaron el valor ISQG en los 2 puntos tomados en la quebrada Huisamarca (SED-QHuis1 y SED-QHui-02), por otro lado, la concentración de plomo solo superó el valor ISQG en el punto SED-QHui-02.

7.2.3. Macroinvertebrados bentónicos

Riqueza

En la zona 2, la comunidad de macroinvertebrados bentónicos estuvo representada por 14 especies, agrupadas en 3 phyla, 3 clases y 7 órdenes. El orden Díptera registró la mayor riqueza con 5 especies, seguida por el orden Coleoptera con 3 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 muestreo. Se observó que el punto HB-QHui-02, ubicado en la quebrada Huisamarca, aguas abajo del PAD de Lixiviación y antes de la confluencia con la quebrada Yanama, registró la mayor riqueza con 14 especies; mientras que, el punto HB-QHui-01, ubicado en la quebrada Huisamarca, aproximadamente a 400 m aguas abajo de la descarga del PAD de lixiviación, registró la menor riqueza con 6 especies.

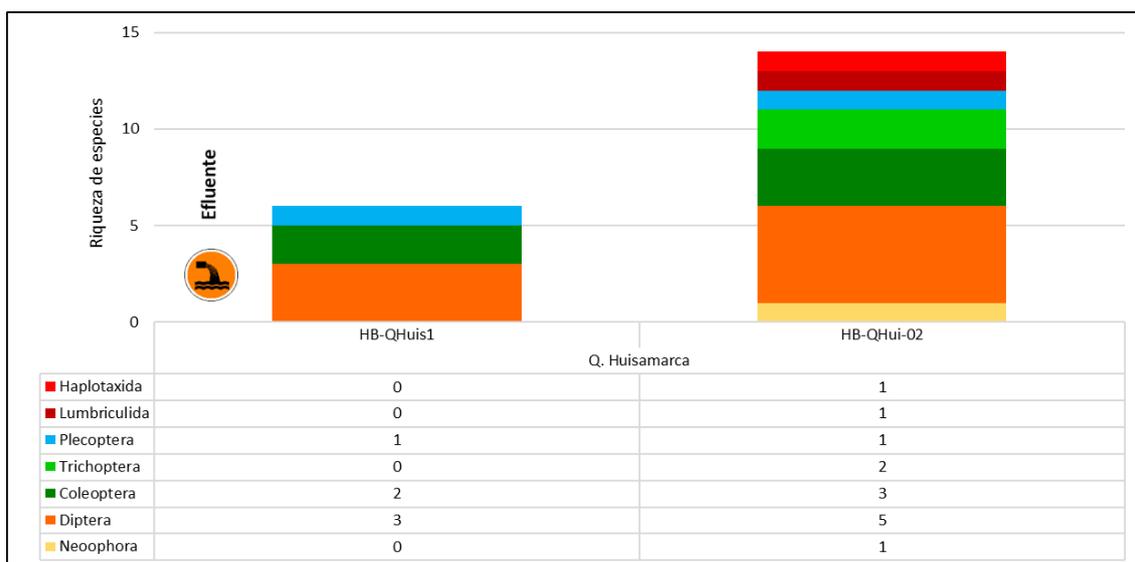


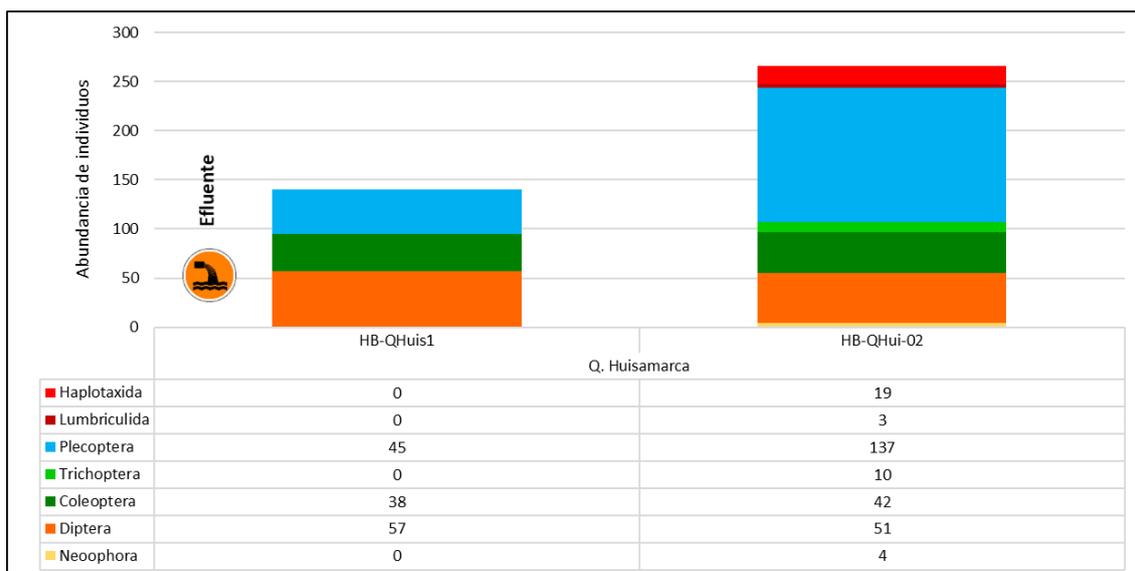
Figura 7.3. Riqueza de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por orden. Los colores sólidos representan el cauce principal



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

• **Abundancia**

En la Figura 7.5 se presentan los resultados de la abundancia de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo. Se observó que el punto HB-QHuay2, ubicado en la quebrada Huisamarca, aguas abajo del PAD de Lixiviación y antes de la confluencia con la quebrada Yanama, registró la mayor abundancia con 266 individuos; mientras que, el punto HB-QHui-01, ubicado en la quebrada Huisamarca, aproximadamente a 400 m aguas abajo de la descarga del PAD de lixiviación, registró la menor abundancia con 140 individuos.



**Figura 7.4.** Abundancia de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por orden. Los colores sólidos representan el cauce principal

• **Índices de diversidad**

En la Tabla 7.10 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 muestreo. Se observó que el punto HB-QHui-02 (quebrada Huisamarca) registró la mayor riqueza con 17 especies; asimismo, registró el mayor valor de diversidad de Shannon-Wiener (2.484); mientras que, el punto HB-QHui-01 (quebrada Huisamarca) registró los mayores valores de diversidad de Simpson (0,759); los cuales se vieron reflejados en un alto valor de equidad de Pielou (0,869), que indica una distribución homogénea de la abundancia de individuos por especie registrada para dicho punto.

**Tabla 7.10.** Índices de diversidad alfa de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo

Cuerpo de agua	Quebrada Huisamarca	
	HB-QHuis1	HB-QHui-02
Puntos de muestreo		
Riqueza de especies (S)	6	14
Abundancia de individuos (N)	140	266
Diversidad de Shannon-Wiener ( $H'$ )	2,245	2,484
Dominancia de Simpson ( $\lambda$ )	0,241	0,302
Diversidad de Simpson ( $1-\lambda$ )	0,759	0,698
Equidad de Pielou ( $J'$ )	0,869	0,652



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

### 8. DISCUSIÓN

El presente estudio tuvo como objetivo principal realizar la vigilancia ambiental en el área de influencia de la UM Anabi, para lo cual se evaluaron la calidad de agua, 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 (ver Figura 8.1).

Los resultados obtenidos fueron comparados con la información de estudios previos realizados por el OEFA en los años 2016<sup>6</sup>, 2017<sup>7</sup> y 2018<sup>8</sup>, así como los resultados de la línea base de los instrumentos de gestión ambiental<sup>9</sup> reportados por Anabi S.A.C.; en los puntos de monitoreo cuyas ubicaciones coincidieron.

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

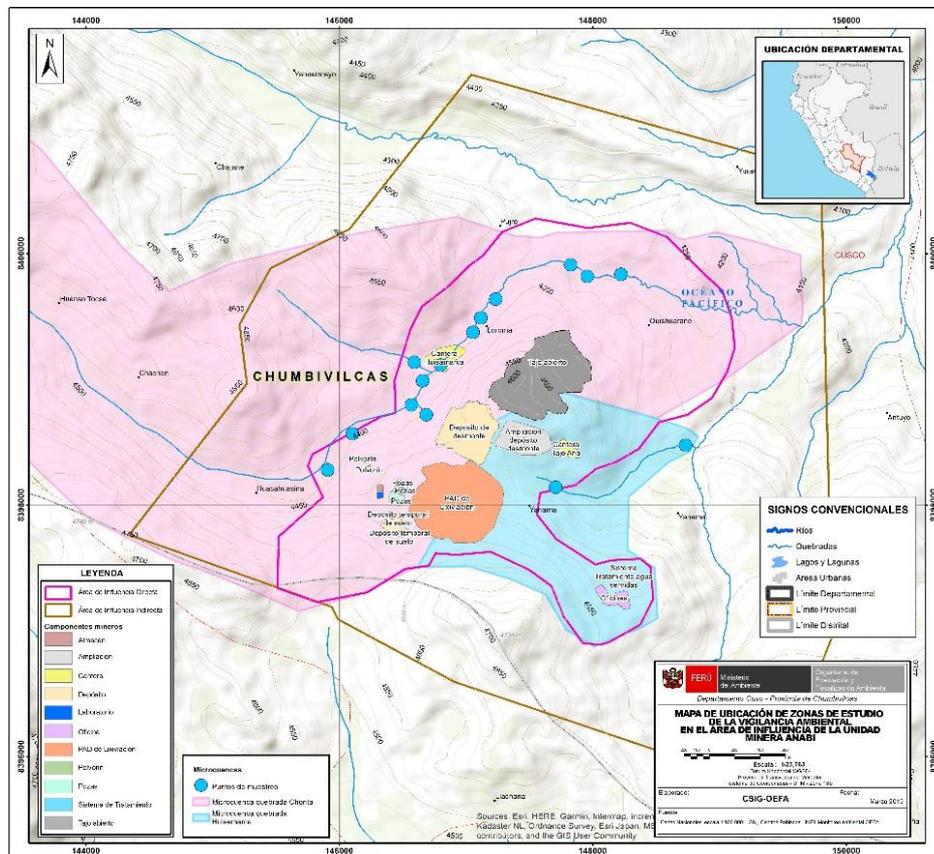


Figura 8-1. Mapa de ubicación de las zonas de estudio de la vigilancia ambiental en el área de influencia de la unidad minera Anabi

6 Informe N° 0112-2016-OEFA/DE-SDLB-CEAI «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.

7 Informe N° 0086-2017-OEFA/DE-SDLB-CEAME «Evaluación ambiental en el área de influencia de la unidad minera Anabi, durante el 2017» aprobado el 15 de septiembre de 2017.

8 Informe N° 0352-2018-OEFA/DEAM-STEC «Vigilancia ambiental de la calidad de agua superficial realizada en el área de influencia de la unidad minera Anabi administrada por Anabi S.A.C., en el distrito de Quiñota, provincia Chumbivilcas, departamento Cusco» aprobado el 30 de noviembre de 2018.

9 Modificación del Estudio de Impacto Ambiental del proyecto de explotación Anabi, aprobada mediante R.D. N.° 218-2013-MEM/AAM el 21 de junio del 2013.



### 8.1. Zona 1: Quebradas Chonta y Millo

En la Figura 8.2 se presenta el comportamiento de los parámetros que incumplieron los ECA para agua, categoría 3 (2008): pH, hierro y manganeso en esta zona. Es importante mencionar que, la concentración de aluminio, cobre y zinc registró el mismo comportamiento que el hierro y el manganeso; sin embargo, dichos metales cumplieron los ECA.

Asimismo, en la Figura 8.2 se presenta el comportamiento del pH, hierro (total y disuelto) y manganeso total en los afloramientos (comparados con el ECA de agua, categoría 3 y con los LMP establecidos en el D.S. N.º 010-2010-MINAM) y los efluentes (comparados con los LMP establecidos en el D.S. N.º 010-2010-MINAM y con los NMP establecidos en el R.M. N.º 011-96-EM / VMM).

En la Figura 8.3 se presenta el comportamiento del arsénico en los sedimentos de las quebradas Chonta y Millo, cuyas concentraciones superaron los valores ISQG y PEL de la normativa canadiense (CEQG). Es importante mencionar que, las concentraciones de cobre y mercurio registraron el mismo comportamiento que el arsénico.

En la Figura 8.4 se presenta el comportamiento de la riqueza de macroinvertebrados bentónicos, según su condición de especies bioindicadoras, en las quebradas Chonta y Millo; asimismo, se presenta la calidad ecológica, determinada referencialmente a partir del índice biótico andino (ABI).



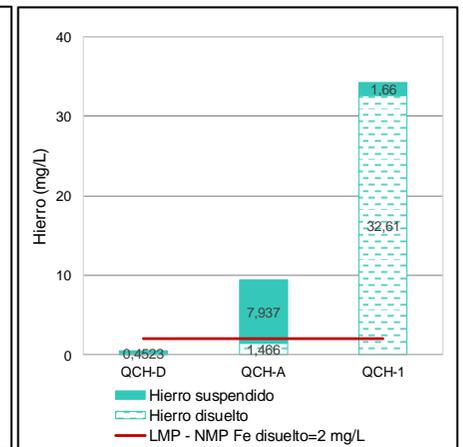
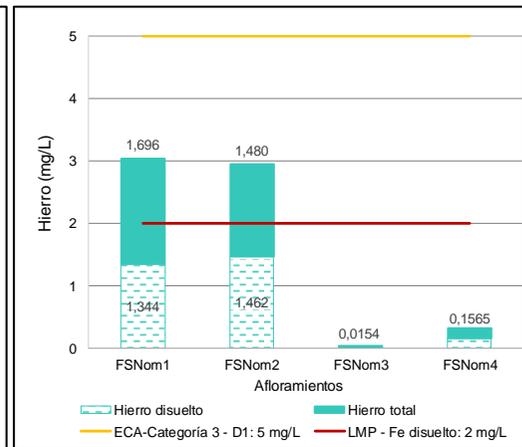
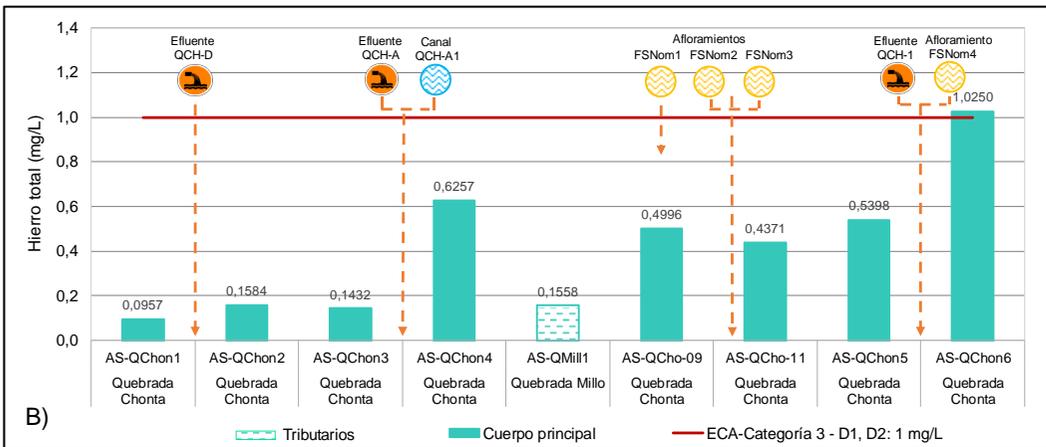
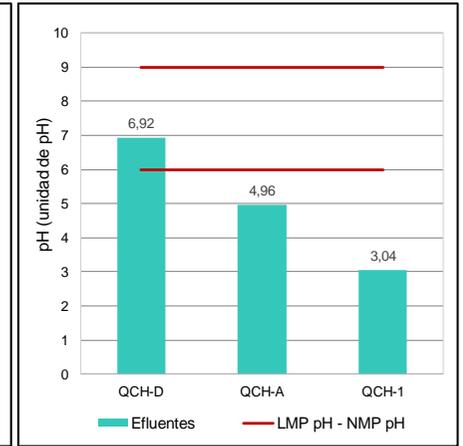
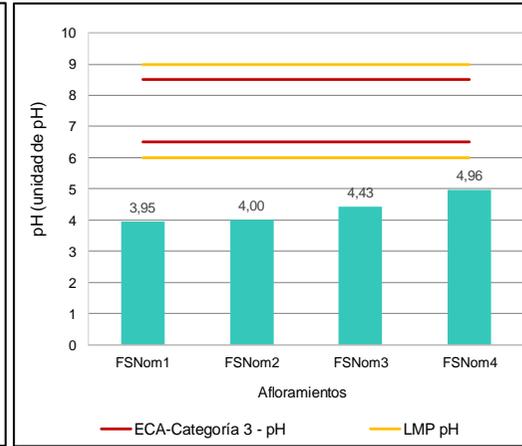
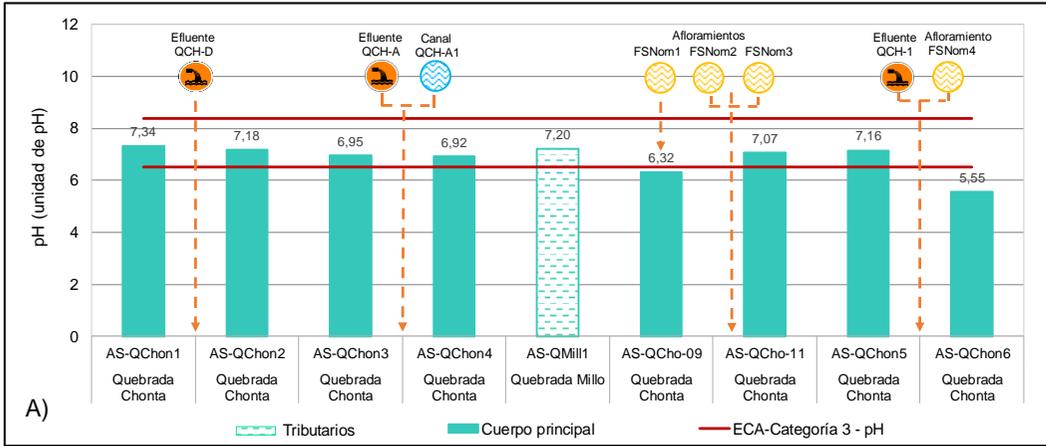
PERÚ

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

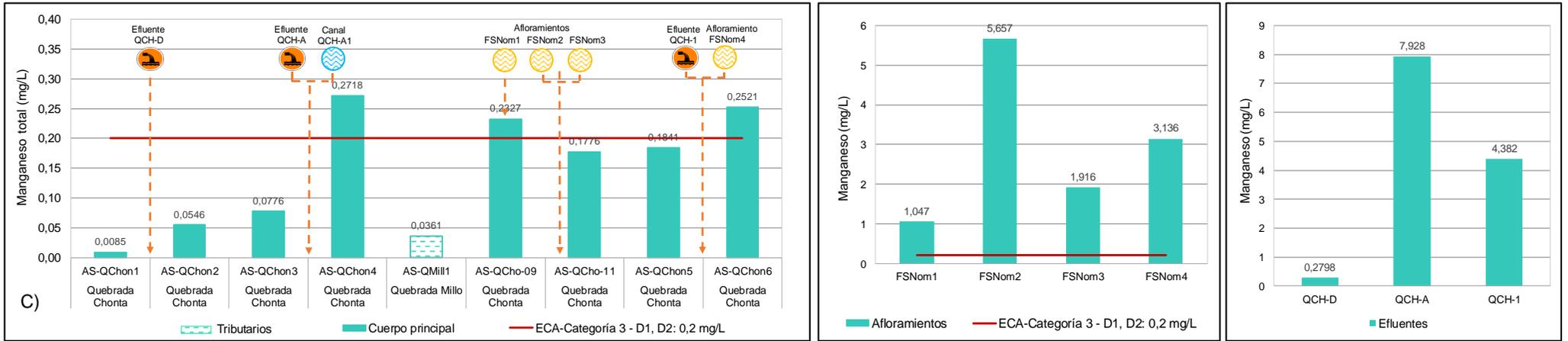
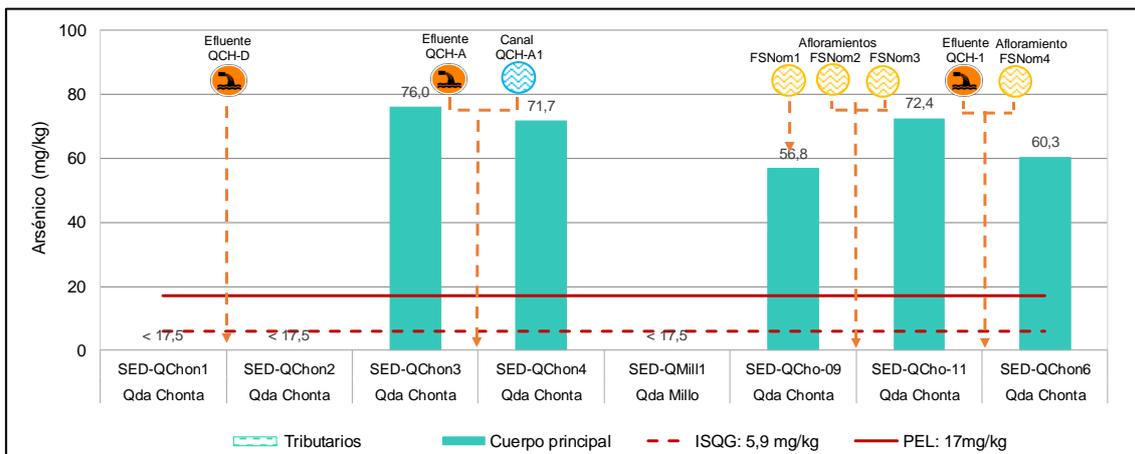
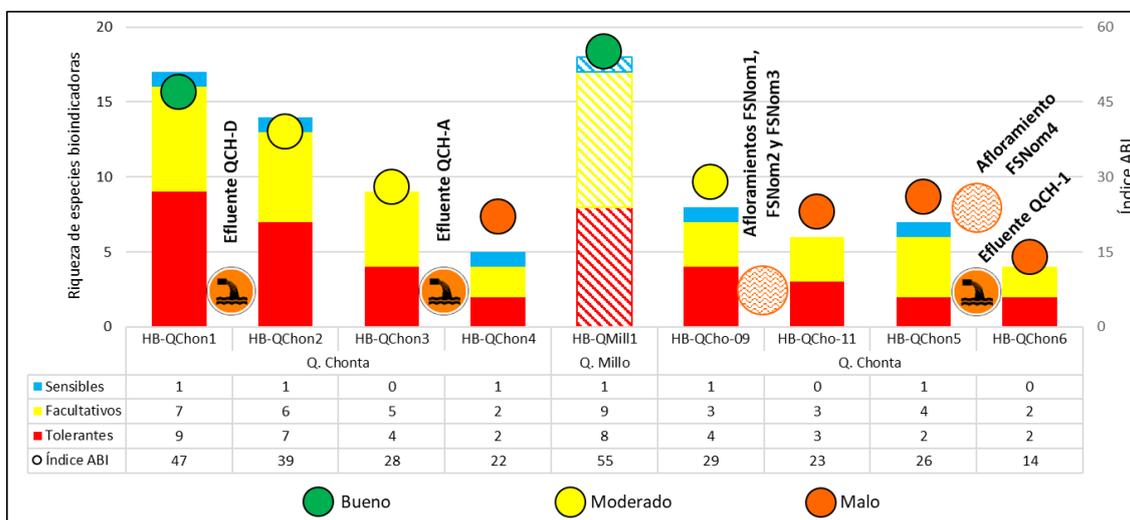


Figura 8.2. Resultados del A) pH, B) hierro y C) manganeso de las quebradas Chonta y Millo, afloramientos y efluentes en agua. Los colores sólidos representan el cauce principal y los colores en tramas representan los tributarios

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



**Figura 8.3.** Resultados de arsénico en los sedimentos de las quebradas Chonta y Millo. Los colores sólidos representan el cauce principal y los colores en tramas representan los tributarios



**Figura 8.4.** Índice biótico andino (ABI) y riqueza de especies bioindicadoras. Los colores sólidos representan el cauce principal y los colores en tramas representan los tributarios

- **Efluente QCH-D: descarga de la poza de sedimentación que colecta las aguas provenientes de la planta de destrucción de cianuro**

En la Figura 8.4 se observa que la riqueza de macroinvertebrados bentónicos disminuyó de 17 especies en HB-QChon1, aguas arriba del efluente QCH-D, hasta 14 especies en HB-QChon2, aguas abajo del efluente QCH-D; del mismo modo, la calidad ecológica, determinada referencialmente con el índice biótico andino (ABI), disminuyó de buena (HB-QChon1) a moderada (HB-QChon2), con presencia de especies sensibles como *Cailloma* sp., esto indica una alteración sobre la comunidad de macroinvertebrados bentónicos debido al ligero incremento de la conductividad eléctrica y de la concentración de sulfatos y metales como cobalto, cobre, hierro, manganeso y zinc; desde el punto AS-QChon1 hasta AS-QChon2; sin embargo, ambos cumplieron con los ECA para agua categoría 3 (2008 y 2017) (Figura 8.3); del mismo modo, estos metales no superaron los valores ISQG y PEL de la norma canadiense (CEQG) para sedimentos (Figura 8.4). Por lo expuesto anteriormente, se demuestra el efecto de la descarga del efluente QCH-D, a pesar de cumplir los LMP, sobre las características del agua y sedimentos; los mismos que influyeron sobre la comunidad de macroinvertebrados bentónicos.

En la Figura 8.6 se muestra el comportamiento histórico de los resultados del OEFA (2016-2019) y la línea base, del pH y las concentraciones de hierro y manganeso en los puntos



aguas arriba y aguas abajo del efluente QCH-D, sin observarse una variación importante entre los valores de cada punto evaluado, los mismos que se encontraron por debajo del valor ECA para agua, Categoría 3 (2008 y 2017). Es importante mencionar que este mismo comportamiento presentaron los metales aluminio, arsénico, cobre y mercurio.

En la Figura 8.7 se muestra el comportamiento histórico de los metales en sedimentos, en donde las concentraciones de arsénico, cobre y mercurio fueron similares en los puntos aguas arriba y aguas abajo del efluente QCH-D, los mismos que no superaron los valores ISQG y PEL de la norma canadiense (CEQG).

- **Efluente QCH-A: descarga de la poza de sedimentación que colecta las aguas provenientes del botadero de desmonte**

En la Figura 8.4 se observa que la riqueza de macroinvertebrados bentónicos disminuyó de 9 especies en HB-QChon3, aguas arriba del efluente QCH-A, hasta 5 especies en HB-QChon4, aguas abajo del efluente QCH-A; del mismo modo, la calidad ecológica, determinada referencialmente con el índice biótico andino (ABI), disminuyó de moderada (HB-QChon3) a mala (HB-QChon4), esto indica una alteración sobre la comunidad de macroinvertebrados bentónicos debido al incremento de la conductividad eléctrica y la concentración de sulfatos y metales como aluminio, cadmio, cobalto, cobre, hierro, manganeso y zinc; desde el punto AS-QChon3 hasta AS-QChon4; llegando a superar los ECA para agua categoría 3 (2008 y 2017) solo para el manganeso (Figura 8.2); mientras que, en sedimentos el arsénico, cobre y mercurio superaron por lo menos el valor ISQG de la norma canadiense (CEQG) para ambos puntos (Figura 8.3). Por lo expuesto anteriormente, se demuestra el efecto de la descarga del efluente QCH-A, que incumplió los LMP para pH y cobre, sobre las características del agua y sedimentos; los mismos que influyeron sobre la comunidad de macroinvertebrados bentónicos.

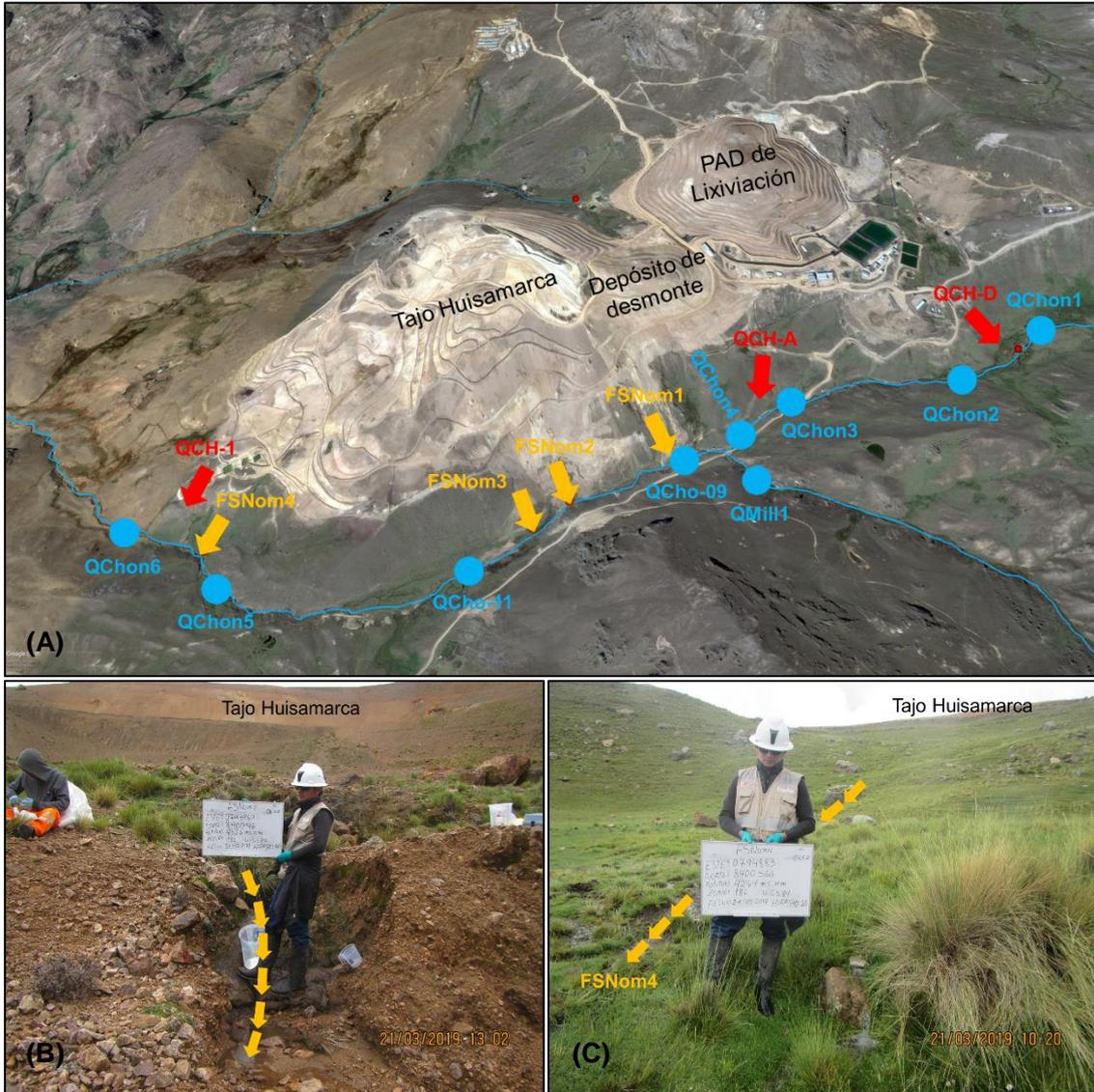
En la Figura 8.6, se muestra el comportamiento histórico de los resultados del OEFA (2016-2019) del pH y las concentraciones de hierro y manganeso en los puntos aguas arriba y aguas abajo del efluente QCH-A, observándose que el pH presentó una disminución aguas abajo de dicho efluente; mientras que, las concentraciones de hierro, aluminio, cobre y manganeso presentaron incrementos.

Al comparar los resultados de la presente evaluación (2019) con los resultados del 2017, se observa que las concentraciones de arsénico disminuyen y las de cobre se mantienen similares en los puntos aguas arriba y aguas abajo del efluente QCH-D, excepto el mercurio que solo disminuyó en el 2019 y en el 2017 se mantuvo similar (Figura 8.7).

- **Afloramientos ubicados al pie del tajo Huisamarca**

En la Figura 8.4 se observa que la riqueza de macroinvertebrados bentónicos disminuyó de 8 especies en HB-QCho-9, aguas arriba de los afloramientos FSNom1, FSNom2 y FSNom3, hasta 6 especies en HB-QCho-11, aguas abajo de los afloramientos; del mismo modo, la calidad ecológica, determinada referencialmente con el índice biótico andino (ABI), disminuyó de moderada (HB-QCho-09) a mala (HB-QCho-11), esto indica una alteración sobre la comunidad de macroinvertebrados bentónicos debido al incremento de la concentración de arsénico y cobre en sedimentos desde el punto SED-QCho-09 hasta SED-QCho-11, llegando a superar los valores PEL e ISQG de la norma canadiense (CEQG), respectivamente, para ambos puntos (Figura 8.3). Por lo expuesto anteriormente, se demuestra el efecto de los afloramientos sobre las características del sedimento, resaltando el FSNom2, el cual discurre sobre suelo sin cobertura vegetal; influyendo sobre la comunidad de macroinvertebrados bentónicos. Además, en la margen derecha de este río se observó suelo erosionado que al entrar en contacto con la lluvia arrastra dicho material hacia la quebrada (Figura 8.5).

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



**Figura 8.5.** Esquema de la quebrada Chonta, en (A) puntos de monitoreo de agua superficial (celeste), efluentes (rojo) y afloramientos (anaranjado), en (B) vista panorámica del afloramiento FSNom2 y en (C) vista panorámica del afloramiento FSNom4.

- **Efluente QCH-1: descarga de la poza de sedimentación que colecta las aguas provenientes del tajo Huisamarca**

En la Figura 8.4 se observa que la riqueza de macroinvertebrados bentónicos disminuyó de 7 especies en HB-QChon5, aguas arriba del efluente QCH-1, hasta 4 especies en HB-QChon6, aguas abajo del efluente QCH-1; del mismo modo, la calidad ecológica, determinada referencialmente con el índice biótico andino (ABI), disminuyó de 26 (HB-QChon5) a 14 (HB-QChon6) siendo malo en ambos puntos, esto indica una alteración sobre la comunidad de macroinvertebrados bentónicos debido al incremento de la conductividad eléctrica y la concentración de sulfatos y metales como aluminio, cadmio, cobalto, cobre, hierro, manganeso y zinc; desde el punto AS-QChon5 hasta AS-QChon6; llegando a superar los ECA para agua categoría 3 (2008 y 2017) para hierro y manganeso (Figura 8.2). Es importante mencionar que en este tramo se encuentra el afloramiento FSNom4, ubicado al pie del tajo Huisamarca. Por lo expuesto anteriormente, se demuestra el efecto de la descarga del efluente QCH-1 y el afloramiento FSNom4, sobre las características del agua; los mismos que influyeron sobre la comunidad de macroinvertebrados bentónicos.



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

En la Figura 8.6, se muestra el comportamiento histórico de los resultados del OEFA (2016-2019) del pH y las concentraciones de hierro y manganeso en los puntos aguas arriba y aguas abajo del efluente QCH-1, observándose que el pH presentó una disminución aguas abajo de dicho efluente; mientras que, las concentraciones de hierro, aluminio, cobre, arsénico y manganeso presentaron un incremento.



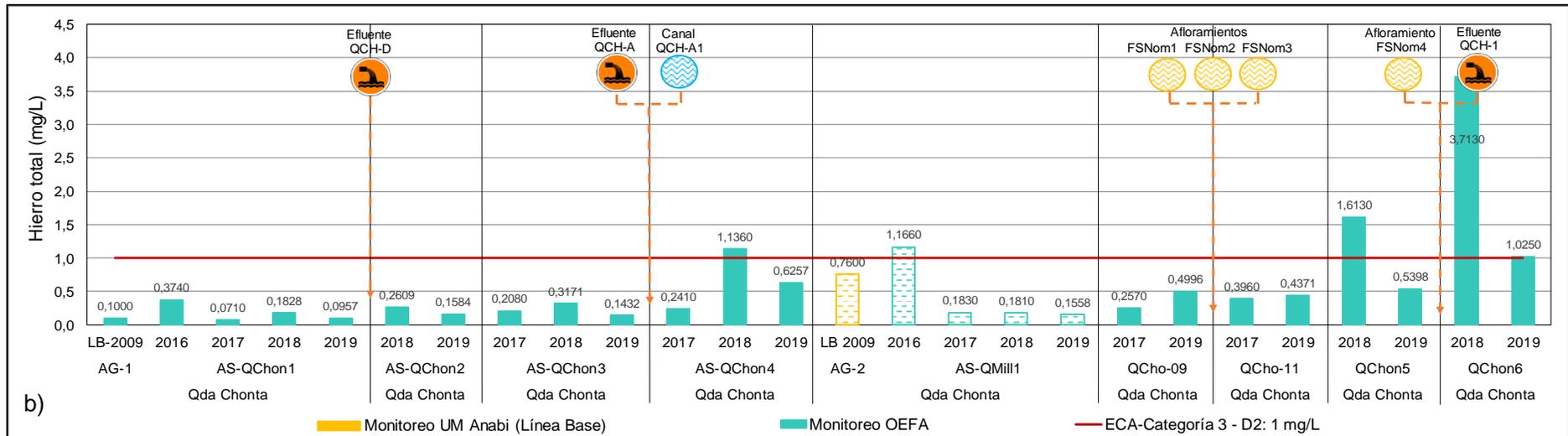
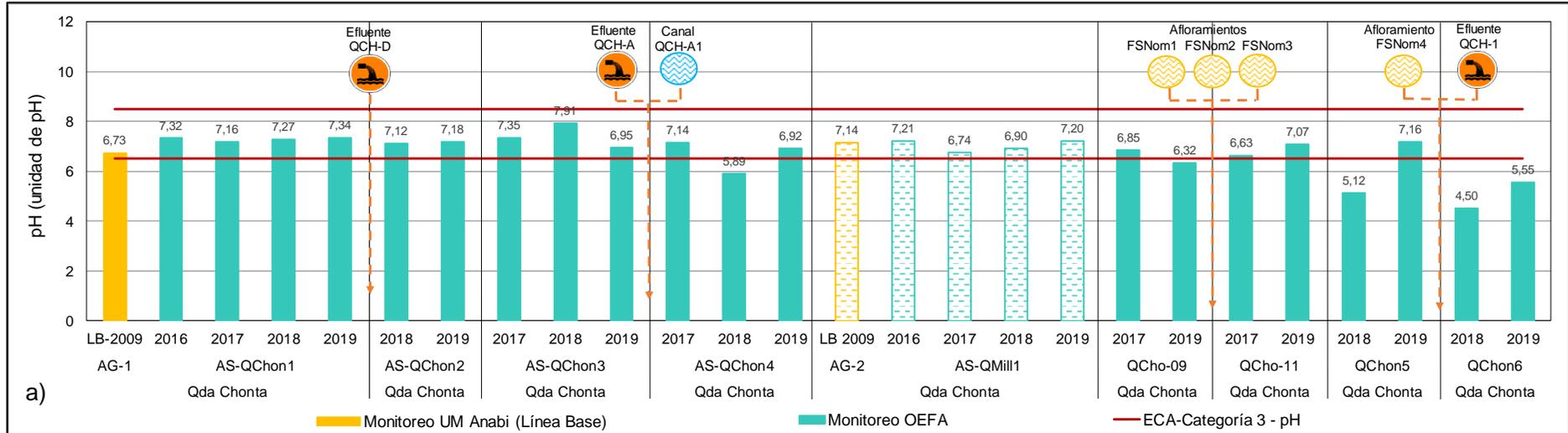
PERÚ

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





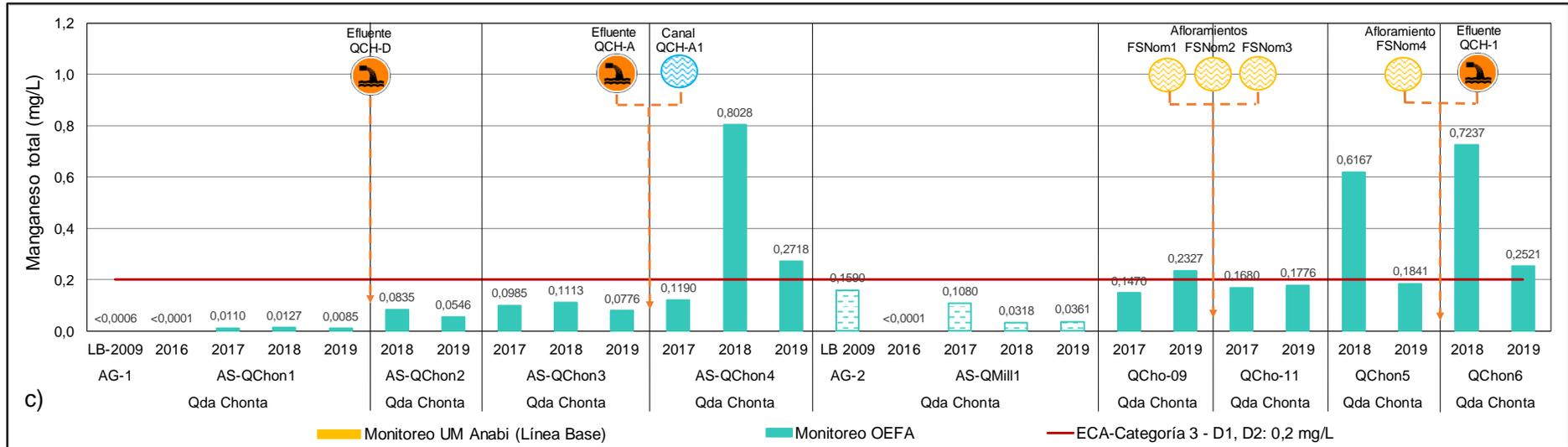
PERÚ

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 8.6.** Comparación de resultados de agua de la presente evaluación (2019) con data histórica (2016,2017 y 2018) y línea base para a) pH, b) hierro y c) manganeso



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

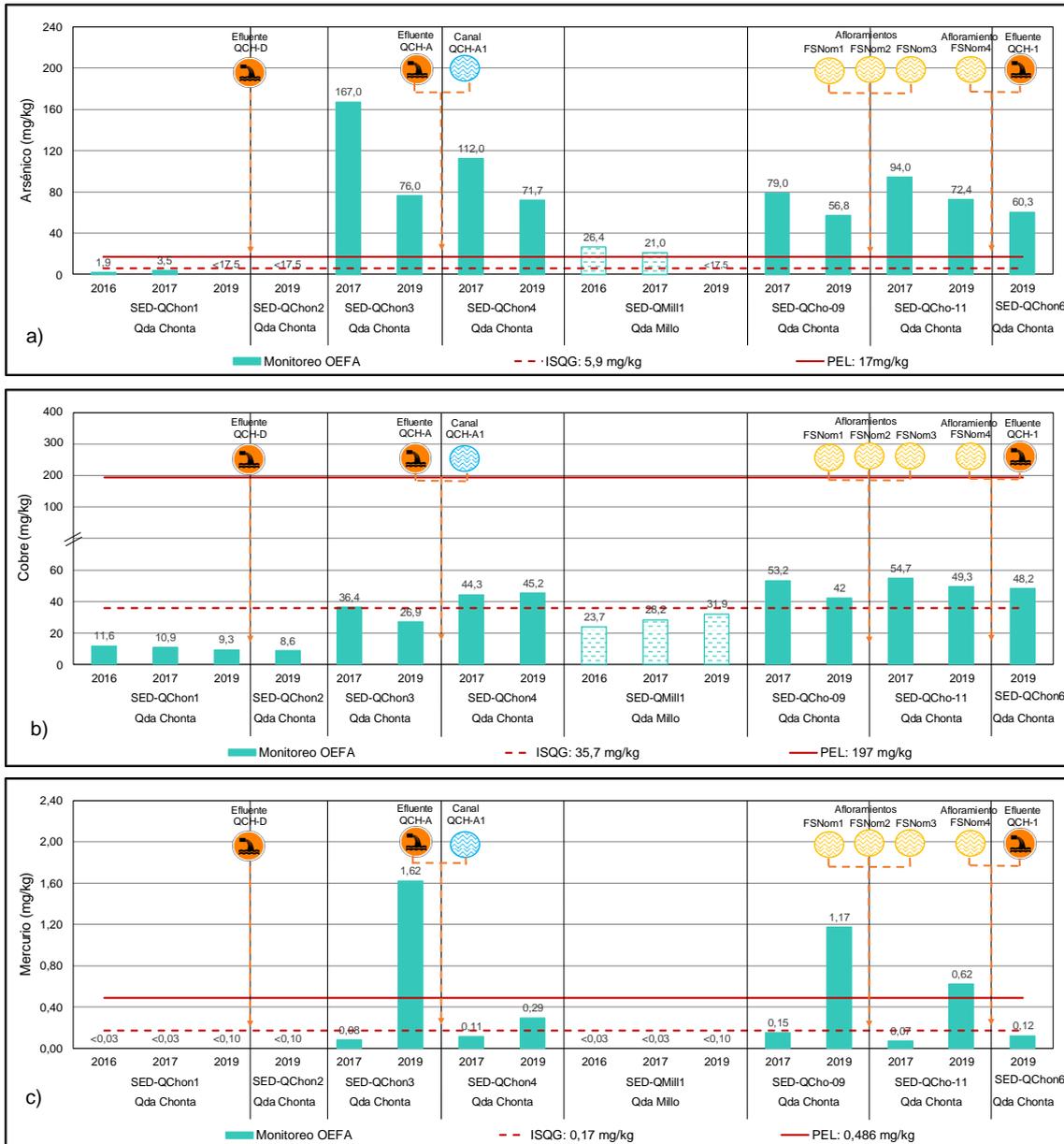


Figura 8.7. Comparación de los resultados de sedimentos, de las evaluaciones realizadas por el OEFA a) arsénico, b) cobre y c) mercurio

8.2.Zona 2: Quebrada Huisamarca

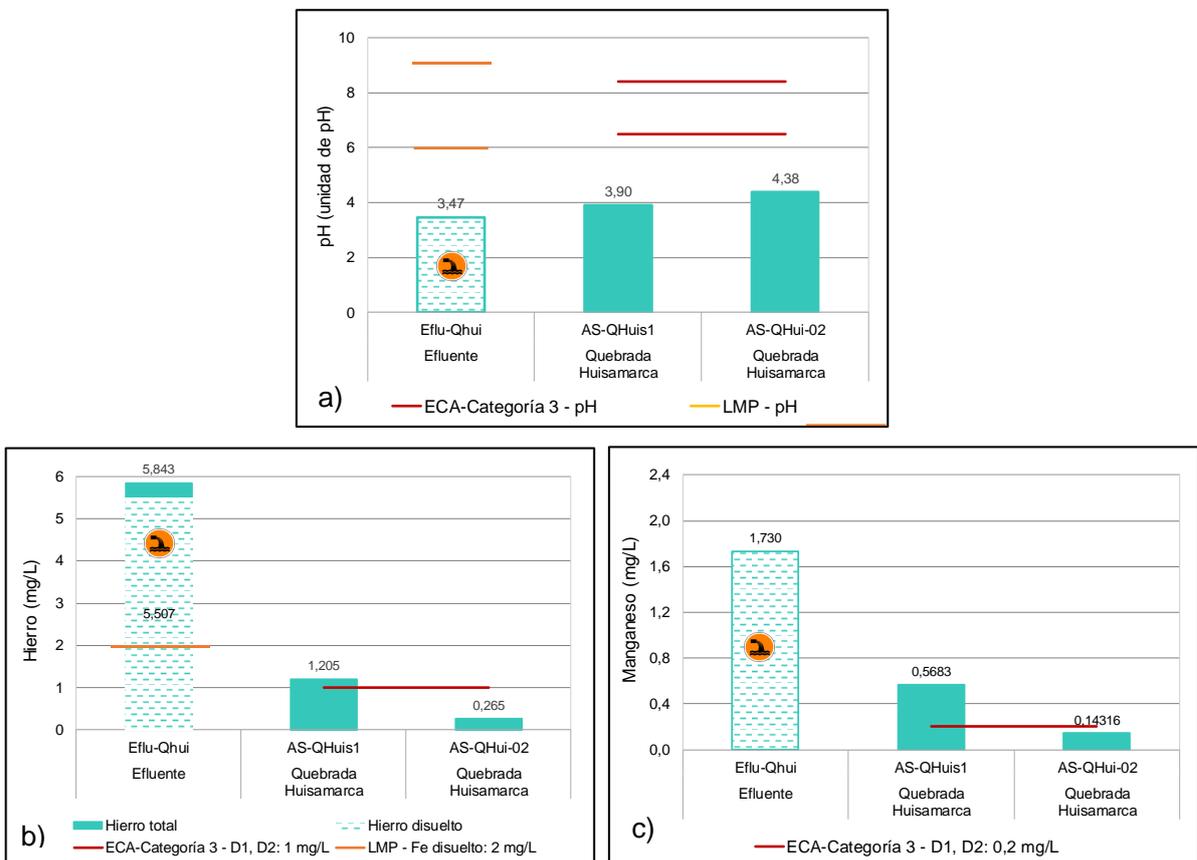
En la Figura 8.8 se presenta el comportamiento del pH, hierro (total y disuelto) y manganeso total en el efluente no autorizado Eflu-Qhui, y en los puntos de la quebrada Huisamarca (AS-QHuis1 y AS-QHui-02).

El efluente Eflu-Qhui, que proviene de la descarga de la poza que colecta las aguas del subdrenaje del depósito de desmonte y del canal de coronación de la ampliación del depósito de desmonte, el cual descarga en la naciente de la quebrada Huisamarca, presentó características ácidas y concentraciones de hierro disuelto y cobre total que incumplieron los LMP establecidos en el D.S. N° 010-2010-MINAM.

En la Figura 8.10 se observa que tanto la riqueza de macroinvertebrados bentónicos como la calidad ecológica, determinada referencialmente con el índice biótico andino (ABI),

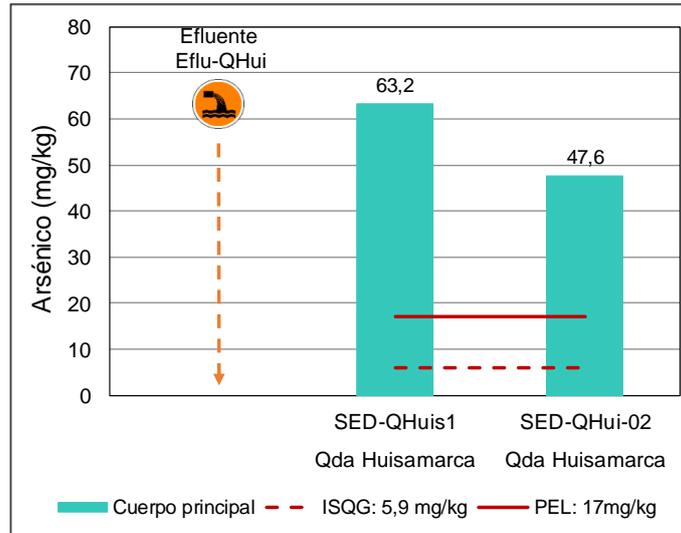
Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

presentaron bajos valores en el punto HB-QHuis1, aguas abajo del efluente no autorizado Eflu-QHui, donde se registraron 6 especies y una mala calidad ecológica, esto indica una alteración sobre la comunidad de macroinvertebrados bentónicos debido al pH ácido (3,90) con presencia de metales como aluminio (5,439 mg/l), hierro (1,205 mg/l) y manganeso (0,5683 mg/l), cuyas concentraciones incumplieron los ECA para agua Categoría 3 (2008), los mismos que disminuyeron en el punto AS-QHui-02 con respecto al punto AS-QHuis1, antes de confluir con la quebrada Yanama, llegando a cumplir el ECA, a excepción del pH. El mismo comportamiento se observó en el sedimento, donde las concentraciones de arsénico, cobre, y zinc disminuyeron desde el punto SED-QHuis1 con respecto al punto SED-QHui-02; sin embargo, tanto el arsénico como el cobre superaron los valores PEL e ISQG, respectivamente. Es importante mencionar que, se observó una recuperación en el punto HB-QHui-02, al alejarse del efluente y antes de la confluencia con la quebrada Yanama, donde se registraron 14 especies y una buena calidad ecológica; asimismo, un mayor número de especies sensibles con respecto al punto más cercano al efluente. La recuperación de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos se debió al aporte de los bofedales cercanos.

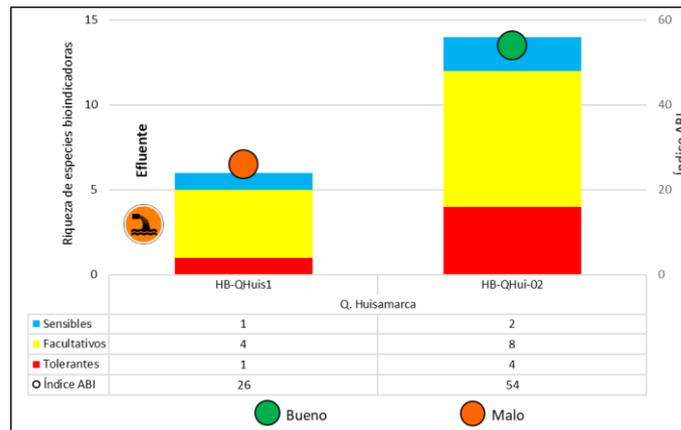


**Figura 8.8.** Resultados de a) pH, b) hierro y c) manganeso en la quebrada Huisamarca y efluente

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



**Figura 8.9.** Resultados de arsénico en los sedimentos de la quebrada Huisamarca



**Figura 8.10.** Índice biótico andino (ABI) y riqueza de especies bioindicadoras

En la Figura 8.11 se muestra la comparación de los resultados de hierro y manganeso (2019), con los resultados del OEFA (2016-2018) y la línea base reportado por Anabi S.A.C., de los puntos cuyas ubicaciones coinciden, donde se observa una disminución en sus concentraciones. El mismo comportamiento se observa en el aluminio y cobre, excepto en el arsénico y plomo que aumentaron su concentración. Además, al comparar con la línea base en el punto AS-QHui-02 se observa comportamiento similar para los parámetros mencionados.



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

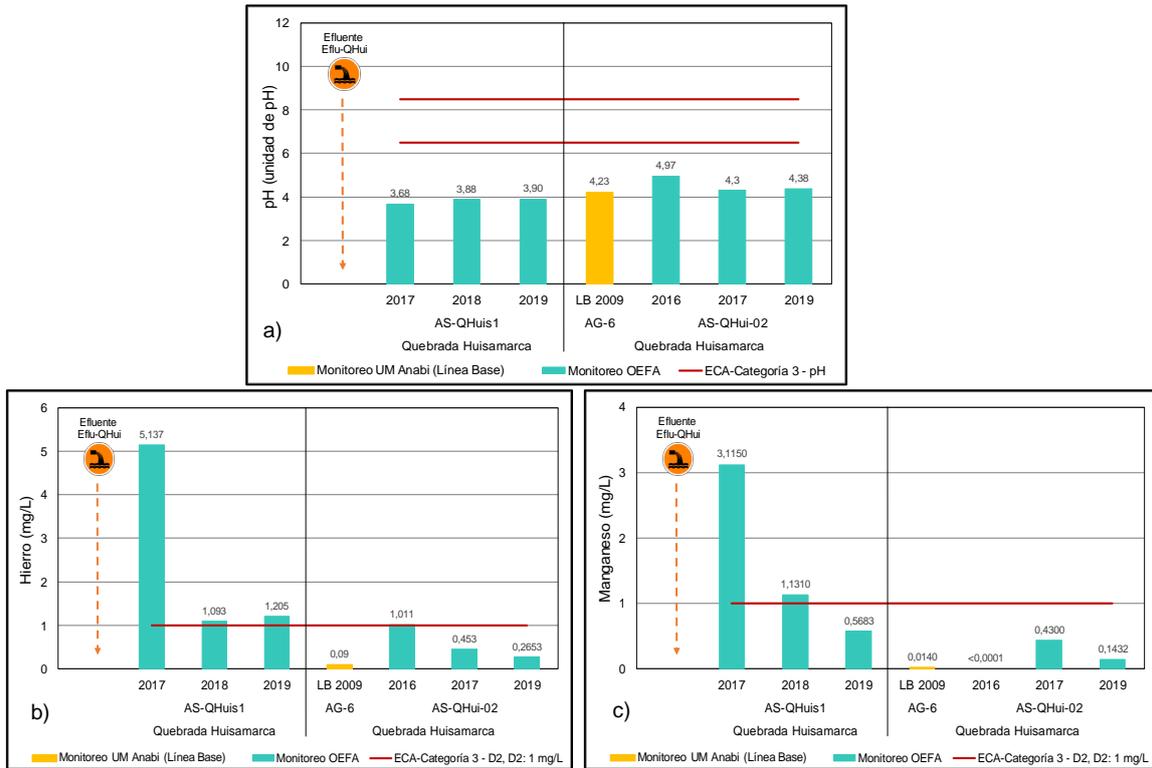
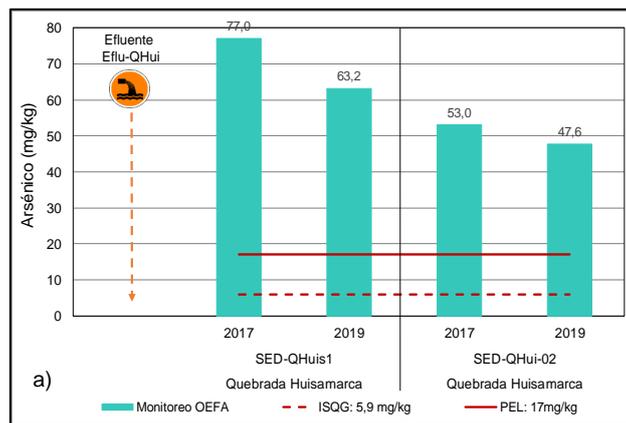
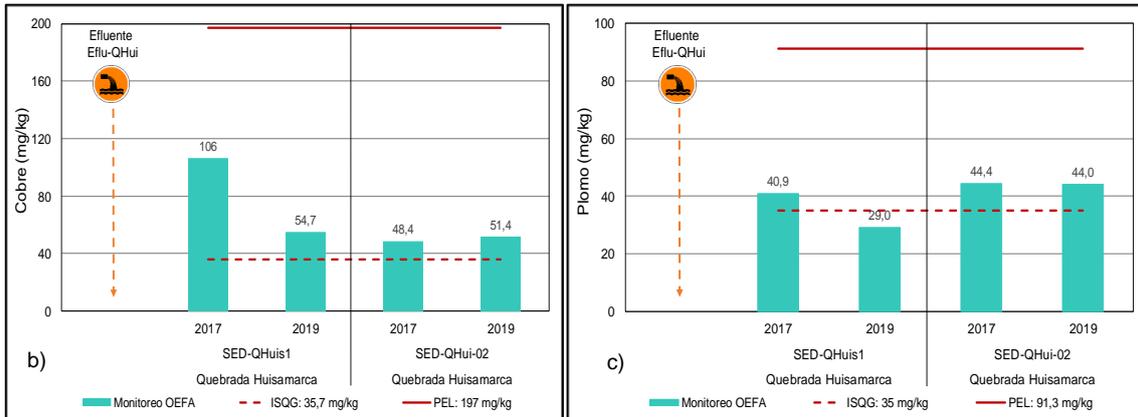


Figura 8.11. Comparación de resultados de agua, de las evaluaciones realizadas por el OEFA con el estudio de línea base a) pH, b) hierro y c) manganeso en la quebrada Huisamarca

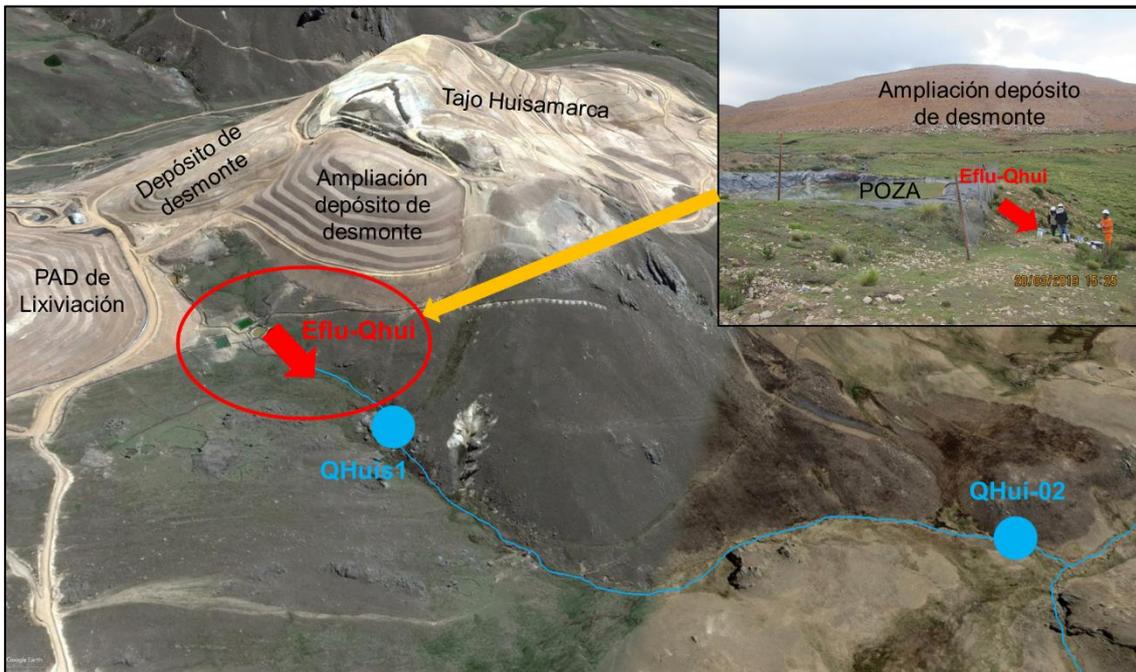
Con respecto a la comparación de las concentraciones de metales en sedimentos (2019) con la data histórica (2017), se observó que las concentraciones de arsénico, cobre, plomo y mercurio disminuyen (Figura 8.12).



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



**Figura 8.12.** Comparación de los resultados de sedimentos, de las evaluaciones realizadas por el OEFA a) arsénico, b) cobre y c) plomo



**Figura 8.13.** Esquema de la quebrada Huisamarca, puntos de monitoreo de agua superficial (celeste) y efluentes (rojo).

## 9. CONCLUSIONES

### 9.1 Zona 1: Quebradas Chonta y Millo

- **Efluente QCH-D: descarga de la poza de sedimentación que colecta las aguas provenientes de la planta de destrucción de cianuro**

El efluente QCH-D que proviene de la poza de sedimentación que colecta las aguas provenientes de la planta de destrucción de cianuro cumplió los Límites Máximos Permisibles para la Descarga de Efluentes Líquidos de Actividades Minero – Metalúrgicas.

Este efluente que descarga sobre la quebrada Chonta, entre los puntos QChon1 y QChon2, altera parcialmente su calidad, ya que tanto la riqueza de macroinvertebrados bentónicos como la calidad ecológica, determinada referencialmente a partir del índice biótico andino (ABI), presentaron bajos valores en el punto HB-QChon2, aguas abajo del efluente QCH-D,



donde se registraron 14 especies y una moderada calidad ecológica, esto indica una alteración sobre la comunidad de macroinvertebrados bentónicos debido al incremento de la conductividad eléctrica y de la concentración de sulfatos y metales como cobalto, cobre, hierro, manganeso y zinc; del punto AS-QChon1 (aguas arriba del efluente) al AS-QChon2 (aguas abajo del efluente); sin embargo, ambos puntos cumplieron con los ECA para agua categoría 3 (2008 y 2017), estos metales no superaron los valores ISQG y PEL de la norma canadiense (CEQG) para sedimentos; asimismo, la comparación histórica en agua y sedimentos de la concentración de estos metales no mostró una importante variación entre los valores de cada punto evaluado.

- **Efluente QCH-A: descarga de la poza de sedimentación que colecta las aguas provenientes del botadero de desmonte**

El efluente QCH-A que proviene de la poza de sedimentación que colecta las aguas provenientes del botadero de desmonte incumplió los Límites Máximos Permisibles para la Descarga de Efluentes Líquidos de Actividades Minero – Metalúrgicas para pH y cobre total.

Este efluente que descarga sobre la quebrada Chonta, entre los puntos QChon3 y QChon4, altera su calidad, ya que la riqueza de macroinvertebrados bentónicos como la calidad ecológica, determinada referencialmente a partir del índice biótico andino (ABI), presentaron bajos valores en el punto HB-QChon4, aguas abajo del efluente QCH-A, donde se registraron 5 especies y una mala calidad ecológica con presencia de especies tolerantes como *Cricotopus* sp. y *Haplotaxidae* sp., esto indica una alteración sobre la comunidad de macroinvertebrados bentónicos debido al incremento de la conductividad eléctrica y de la concentración de sulfatos y metales como aluminio, cadmio, cobalto, cobre, hierro, manganeso y zinc; del punto AS-QChon3 al AS-QChon4; de los cuales solo el manganeso llegó a incumplir los ECA para agua categoría 3 (2008 y 2017); mientras que, en sedimentos el arsénico, cobre y mercurio superaron por lo menos el valor ISQG de la norma canadiense (CEQG) para ambos puntos.

El comportamiento histórico de los resultados del OEFA (2016-2019) en los puntos aguas arriba y aguas abajo del efluente QCH-A, mostraron que el pH presentó una disminución aguas abajo de dicho efluente; mientras que, las concentraciones de aluminio, cobre, hierro y manganeso presentaron un incremento. El comportamiento histórico de los metales en sedimentos mostró que las concentraciones de arsénico, cobre y mercurio fueron similares en los puntos aguas arriba y aguas abajo del efluente QCH-A.

- **Afloramientos ubicados al pie del tajo Huisamarca**

Los afloramientos FSNom1, FSNom2 y FSNom3 ubicados al pie del tajo Huisamarca incumplieron referencialmente los LMP para pH y cobre (FSNom1).

Estos afloramientos que descargan sobre la quebrada Chonta, entre los puntos QChon-09 y QCho-11, alteran su calidad, ya que la riqueza de macroinvertebrados bentónicos como la calidad ecológica, determinada referencialmente a partir del índice biótico andino (ABI), presentaron bajos valores en el punto HB-QCho-11, aguas abajo de los afloramientos, donde se registraron 6 especies y una mala calidad ecológica con presencia de especies tolerantes como *Cricotopus* sp. y *Haplotaxidae* sp., esto indica una alteración sobre la comunidad de macroinvertebrados bentónicos debido al incremento de la concentración de arsénico y cobre en sedimentos desde el punto SED-QCho-09 hasta SED-QCho-11, llegando a superar los valores PEL e ISQG de la norma canadiense (CEQG), respectivamente, para ambos puntos. Por lo expuesto anteriormente, se demuestra el efecto de los afloramientos sobre las características del sedimento; los mismos que influyeron sobre la comunidad de macroinvertebrados bentónicos.



- **Efluente QCH-1: descarga de la poza de sedimentación que colecta las aguas provenientes del tajo Huisamarca**

El efluente QCH-1 que proviene de la poza de sedimentación que colecta las aguas provenientes del tajo Huisamarca incumplió los LMP para pH, cobre total y hierro disuelto.

Este efluente que descarga sobre la quebrada Chonta, entre los puntos QCho5 y QChon6, altera su calidad, ya que la riqueza de macroinvertebrados bentónicos como la calidad ecológica, determinada referencialmente a partir del índice biótico andino (ABI), presentaron bajos valores en el punto HB-QChon6, aguas abajo del efluente QCH-1, donde se registraron 4 especies y una mala calidad ecológica con presencia de especies tolerantes como *Cricotopus* sp. y *Haplotaxidae* sp., esto indica una alteración sobre la comunidad de macroinvertebrados bentónicos debido al incremento de la conductividad eléctrica y la concentración de sulfatos y metales como aluminio, cadmio, cobalto, cobre, hierro, manganeso y zinc; desde el punto AS-QChon5 hasta AS-QChon6; llegando a superar los ECA para agua categoría 3 (2008 y 2017) para hierro y manganeso. Es importante mencionar que en este tramo se encuentra el afloramiento FSNom4, ubicado al pie del tajo Huisamarca.

El comportamiento histórico de los resultados del OEFA (2016-2019) en los puntos aguas arriba y aguas abajo del efluente QCH-1, mostraron que el pH presentó una disminución aguas abajo de dicho efluente (pH ácido); mientras que, las concentraciones de aluminio, arsénico, cobre, hierro y manganeso presentaron un incremento.

## 9.2 Zona 2: Quebrada Huisamarca

El efluente no autorizado Eflu-Qhui, que proviene de la poza que colecta las aguas del subdrenaje del depósito de desmonte y del canal de coronación de la ampliación del depósito de desmonte, presentó pH ácido y concentraciones elevadas de cobre total y hierro disuelto que incumplieron los Límites Máximos Permisibles para la Descarga de Efluentes Líquidos de Actividades Minero – Metalúrgicas.

Este efluente descarga sobre la naciente de la quebrada Huisamarca alterando su calidad, ya que tanto la riqueza de macroinvertebrados bentónicos como la calidad ecológica, determinada referencialmente con el índice biótico andino (ABI), presentaron bajos valores en el punto HB-QHuis1, aguas abajo del efluente no autorizado Eflu-QHui, donde se registraron 6 especies y una mala calidad ecológica, esto indica una alteración sobre la comunidad de macroinvertebrados bentónicos debido al pH ácido (3.90) con presencia de metales como aluminio, hierro y manganeso, cuyas concentraciones incumplieron los ECA para agua Categoría 3 (2008), los mismos que disminuyeron en el punto AS-QHui-02 con respecto al punto AS-QHuis1, antes de confluir con la quebrada Yanama, llegando a cumplir el ECA, a excepción del pH.

El mismo comportamiento se observó en el sedimento, donde las concentraciones de arsénico, cobre, y zinc disminuyeron desde el punto SED-QHuis1 con respecto al punto SED-QHui-02; sin embargo, tanto el arsénico como el cobre superaron los valores PEL e ISQG, respectivamente. Es importante mencionar que, se observó una recuperación en el punto HB-QHui-02, al alejarse del efluente y antes de la confluencia con la quebrada Yanama, donde se registraron 14 especies y una buena calidad ecológica; asimismo, un mayor número de especies sensibles con respecto al punto más cercano al efluente. La recuperación de la calidad ambiental de la quebrada Huisamarca se debió al aporte de los bofedales cercanos.

El comportamiento histórico de los resultados de aluminio, cobre, hierro y manganeso de agua en la quebrada Huisamarca mostró una mayor concentración en el punto AS-QHuis1, ubicado aguas abajo del efluente Eflu-QHui, con respecto al punto AS-QHui-02, ubicado



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

antes de la confluencia con la quebrada Yanama. El mismo comportamiento se observó en los metales de sedimentos, como arsénico, cobre, plomo y mercurio cuyas concentraciones fueron mayores en el punto SED-QHuis1, aguas abajo del efluente.

## 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 Anabi.

## 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.

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 Vedral.

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. 1era Edición. Manuales y Tesis. Editado por CYTED (Programa Iberoamericano de ciencia y Tecnología para el Desarrollo). Volumen 1: 83 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°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.



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

## **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

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: 04375648"



04375648