

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

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

2019-I01-028881**INFORME N° 00219-2019-OEFA/DEAM-STE**

A : FRANCISCO GARCÍA ARAGÓN
Director de Evaluación Ambiental

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

LUIS ANGEL ANCCO PICHUILLA
Coordinador de Evaluaciones Ambientales en Minería y Energía

ASUNTO : Evaluación de la calidad del agua superficial, sedimentos y comunidades hidrobiológicas en el marco de la fiscalización ambiental en el Corredor vial Apurímac-Cusco en el ámbito de la provincia Chumbivilcas, departamento Cusco en el 2019

CUE : 2019-01-0039

CÓDIGO DE ACCIÓN : 016-6-2019-401

REFERENCIA : Acta de reunión técnica para consolidar plan de trabajo para la fiscalización ambiental del OEFA en la Provincia de Chumbivilcas, del 9 de abril de 2019

Memorando 0958-2019-OEFA/DSEM
(Registro N° 2019-I01-021383)

FECHA : Lima, 21 de setiembre de 2019

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

1. INFORMACIÓN GENERAL**Tabla 1.1.** Datos generales de la actividad realizada

a.	Zona evaluada	Cuerpos de agua aledaños al Corredor vial Apurímac-Cusco en los tramos localizados en la provincia Chumbivilcas y departamento Cusco.
b.	Actividad económica en la zona de estudio	Minería (transporte de concentrados)
c.	Problemática identificada	Posible alteración de los cuerpos de agua, generado por el transporte de concentrados por el Corredor vial Apurímac-Cusco y por la toma de agua para el riego de este corredor vial.
d.	La actividad se realizó en el marco de	Fiscalización ambiental en el Corredor vial Apurímac-Cusco ámbito de la provincia Chumbivilcas, departamento Cusco.
e.	Periodo de ejecución	Del 17 de junio al 2 de julio de 2019

Profesionales que aportaron a este documento:

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

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

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	Rossan López Tarazona	Ing. Ambiental	Gabinete/campo
4	Silvia Soledad Valenzuela Reyna	Bióloga	Gabinete/campo

2. INTRODUCCIÓN

El transporte de concentrado de minerales y el proceso de toma de agua para el riego del corredor vial Apurímac-Cusco, podría estar alterando la calidad del agua superficial, sedimentos y comunidades hidrobiológicas de los cuerpos de agua de los distritos de Livitaca, Vellile, Colquemarca, Santo Tomás y Ccapacmarca, localizados en el ámbito de la provincia de Chumbivilcas, del departamento Cusco. Por este motivo la municipalidad provincial de Chumbivilcas solicitó al Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA), realizar una evaluación ambiental en el ámbito del Corredor vial Apurímac-Cusco que atraviesa esta provincia. En atención a esta solicitud el OEFA realizó reuniones con los representantes (personal acreditado) de las comunidades campesinas, distritos y provincia involucrada, donde determinaron la realización de una fiscalización ambiental en el marco de las funciones del OEFA.

Como parte de la fiscalización ambiental el OEFA dispuso la evaluación ambiental del agua superficial, sedimentos y comunidades hidrobiológicas, para lo cual, se realizó junto con los representantes de cada municipio de los distritos Livitaca, Vellile, Capacmarca, Santo Tomas y Colquemarca de la provincia de Chumbivilcas (en adelante, los acreditados) una visita de reconocimiento a las localidades vinculadas el 26, 27 y 28 de abril 2019; donde se establecieron 20 puntos de evaluación, principalmente en los puntos de donde las cisternas toman el agua para el riego de la carretera. Para la evaluación ambiental en la zona de estudio se establecieron puntos de muestreo aguas arriba y aguas abajo de los puntos de monitoreo autorizados por la Autoridad Nacional del Agua – ANA a la Empresa Minera Las Bambas S.A, para el riego del corredor vial Apurímac-Cusco. Además, se establecieron puntos de muestreo en los lugares utilizados como bebederos del ganado vacuno y ovino dentro de la zona de estudio.

La determinación de la calidad de agua consideró 75 puntos de muestreo de agua superficial, 59 puntos de muestreo de sedimentos y 65 puntos de muestreo para la evaluación hidrobiológica de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos, todos localizados en los mismos lugares de los puntos de muestreo de calidad de agua superficial.

El 16 de mayo en el poblado de Colquemarca los especialistas del OEFA llevaron a cabo una capacitación, previo a las actividades de monitoreo, dirigida a los acreditados de las diferentes comunidades campesinas, distritos y provincia involucrado.

La ejecución del monitoreo de agua superficial, sedimentos y comunidades hidrobiológicas, se realizó del 17 de junio al 2 de julio de 2019.

Finalmente, en el presente informe se presentan los resultados obtenidos tanto en campo como los análisis de laboratorio de las muestras colectadas y su comparación con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua del Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM para el caso de calidad de agua y, de manera referencial con la *Canadian Environmental Quality Guidelines* - CEQG (Guía Canadiense) para las muestras de sedimentos. Para las muestras hidrobiológicas se realizó el análisis de riqueza y abundancia de macroinvertebrados bentónicos, adicionalmente fue realizado una evaluación de la

calidad ecológica de los ambientes acuáticos y el análisis de metales en tejidos de peces.

3. OBJETIVO

Evaluar la calidad del agua superficial, sedimentos y comunidades hidrobiológicas en los cuerpos de agua aledaños al Corredor vial Apurímac-Cusco, en el ámbito de la provincia Chumbivilcas.

4. ÁREA DE ESTUDIO

Políticamente el área de estudio comprende a los cuerpos de agua aledaños al Corredor vial Apurímac-Cusco en el ámbito de la provincia Chumbivilcas, departamento Cusco (Tabla 4.1). Hidrográficamente todos los cuerpos de agua evaluados descargan sus aguas directa o indirectamente en las subcuencas de los ríos Velille y Santo Tomás, los cuales se encuentran dentro de la Intercuenca Alto Apurímac, identificado con código 4999¹.

Para el estudio se consideró 5 zonas, las cuales fueron definidas con los representantes técnicos de las municipalidades distritales (acreditados) y autoridades de las comunidades o caseríos.

Tabla 4.1. Cuerpos de agua evaluados en el ámbito de la provincia de Chumbivilcas, departamento Cusco

Zona	Ambiente	Nombre del cuerpo de agua
Zona I: Livitaca	Léntico	Laguna Huaylla Huaylla
	Lótico	Quebrada Llacupe 01
		Quebrada Llacupe 02
		Quebrada Llacupe 03
		Quebrada Huaylla Huaylla
		Bofedal Soraccocha
		Bofedal Huaylla Huaylla
		Bofedal Huaylla Huaylla 2
		Estanque Huaylla Huaylla
Zona II: Velille*	Lótico	Río Velille
		Río Tres Vados
		Quebrada Sayarani
		Quebrada Sayarani 2
		Quebrada Cchacaylla
		Quebrada Choquilla - Caychapampa
		Quebrada Para Ccaylla
		Quebrada Caychapampa
		Quebrada sin nombre 1
		Quebrada Ccochaura
		Quebrada Capuraya
		Bofedal Pararani**
Zona III: Colquemarca*	Lótico	Río Cascamayo
		Río Chocollo
		Quebrada Pacuchanihuaycco
		Quebrada Yanqui
Zona IV: Santo Tomás*	Lótico	Quebrada Tiendachayoc 2
		Quebrada Tiendachayoc 1
		Quebrada sin nombre 2
Zona V: Ccapacmarca	Léntico	Laguna Orccococha
	Lótico	Río Sayhua
		Río Yanqui
		Quebrada Herhuayco
		Quebrada Ccochapata
		Quebrada Pinco

¹ Resolución Jefatural N.º 056-2018-ANA de la Autoridad Nacional del Agua (ANA), que aprueba Clasificación de los Cuerpos de Agua Continentales Superficiales de la Autoridad Nacional del Agua, Lima, 13 de febrero de 2018.



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Subdirección Técnica
Científica

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

Zona	Ambiente	Nombre del cuerpo de agua
		Quebrada Cotaña
		Quebrada Qochayoc (Qochacc Huayco)
		Quebrada Huascabamba

(*) No se evaluó ambientes lenticos (lagos, lagunas, etc.)

(**) En este bofedal se observó un pozo bebedero de ganado.

En el Anexo 1 se presenta el mapa de la ubicación del área de estudio y en la y Figura 4.1 y 4.2 la distribución de los puntos de muestreo en el área evaluada.

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

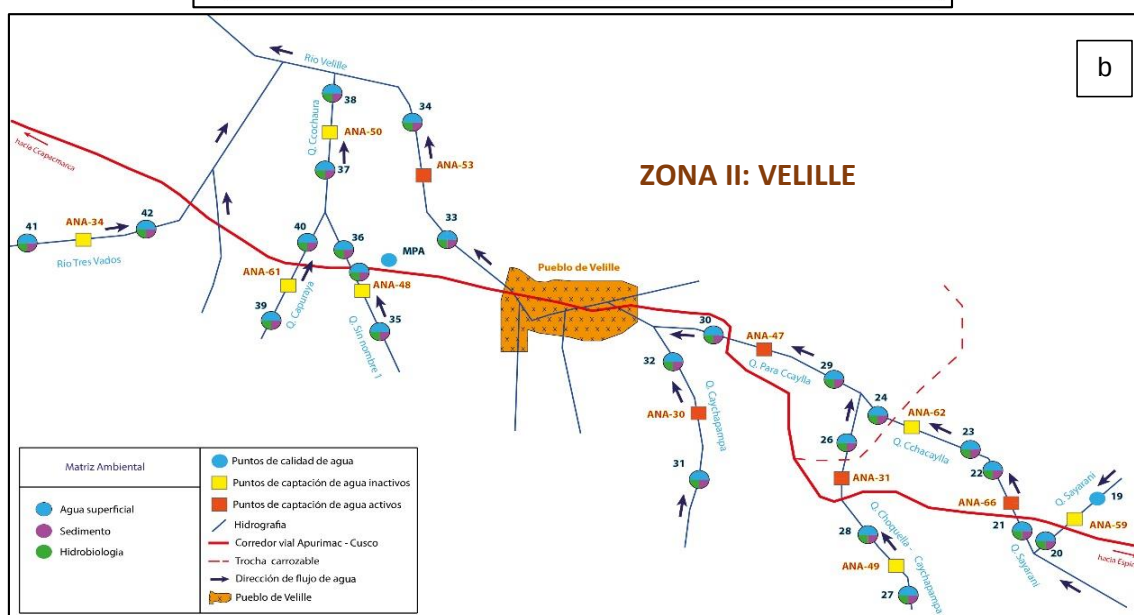
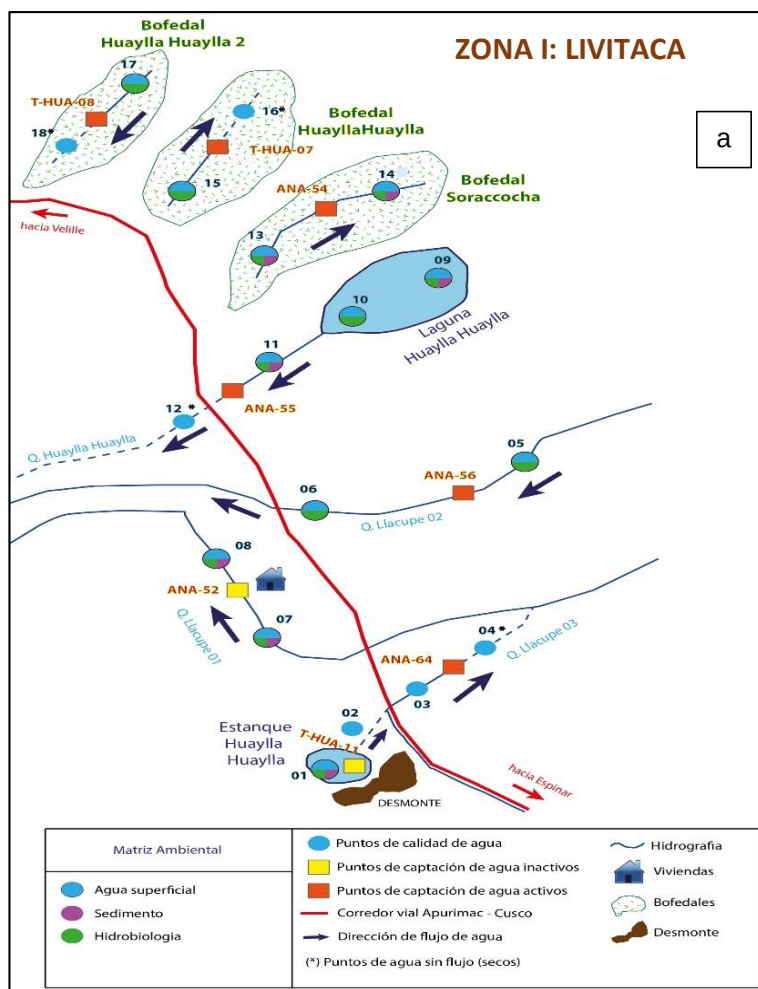


Figura 4.1 Distribución de los puntos de muestreo: a) Zona I: Livitaca y b) Zona II: Velille

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

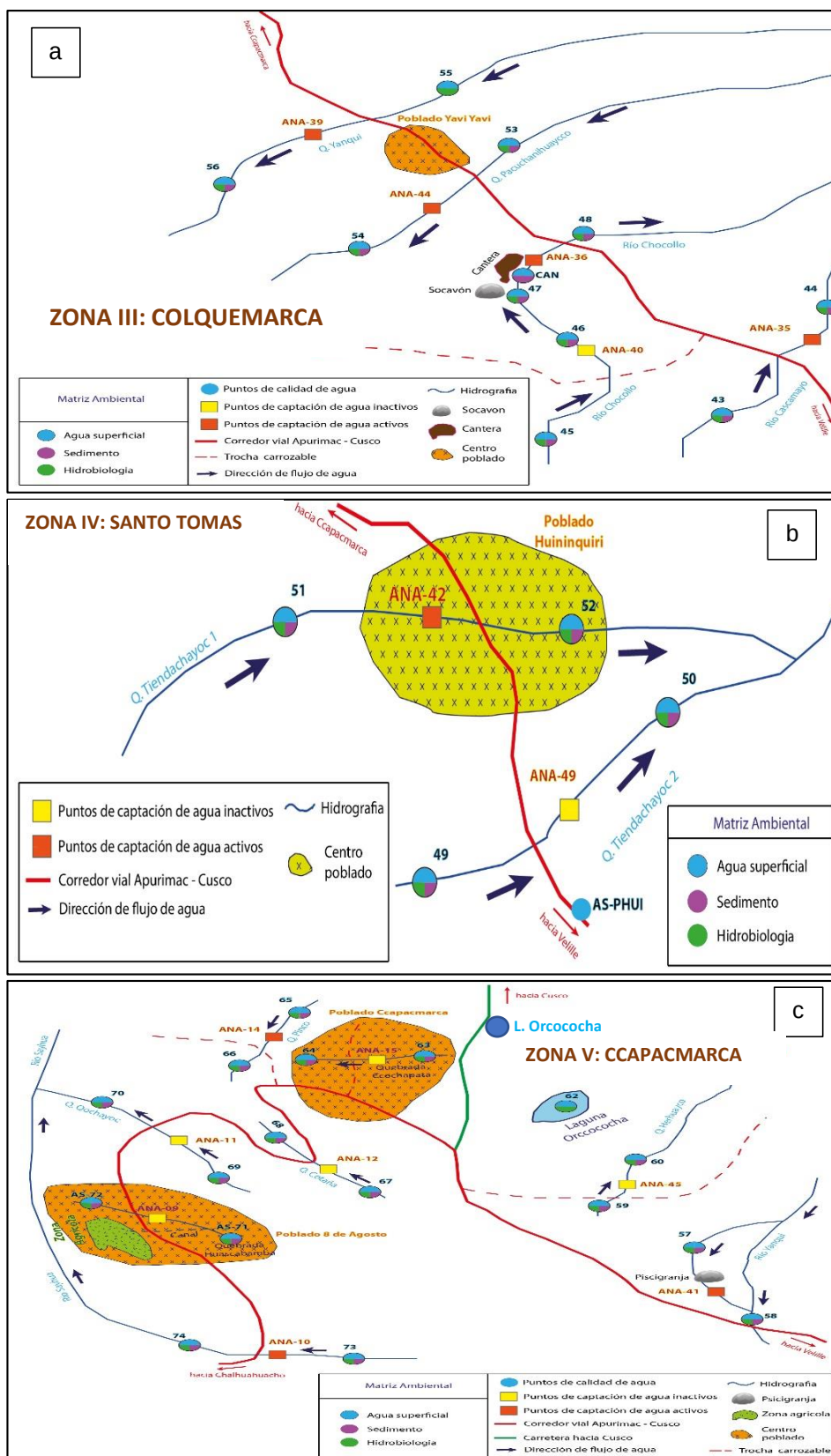


Figura 4.2 Distribución de los puntos de muestreo: a) Zona III: Colquemarka, b) Zona IV: Santo Tomas y c) Zona V: Ccapacmarca

5. METODOLOGÍA

A continuación, se detalla la metodología para el estudio de agua superficial, sedimentos y comunidades hidrobiológicas. En primer lugar, se indica el protocolo de monitoreo utilizado, se precisa la ubicación de los puntos de monitoreo; luego, se indican los parámetros evaluados y equipos utilizados; luego, se menciona los criterios de comparación.

5.1 Agua superficial

5.1.1. Protocolo de monitoreo

La metodología aplicada para el muestreo de agua superficial corresponde al Capítulo 6: Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales de la Resolución Jefatural N.º 010-2016-ANA (en adelante, protocolo de la ANA). En el mencionado capítulo se establece los criterios técnicos y lineamientos generales a aplicarse en las actividades de muestreo de la calidad del agua, así como la logística mínima necesaria, la determinación de los puntos de muestreo, la preparación de materiales, los equipos e indumentaria de protección, la seguridad en el trabajo de campo, el procedimiento para la toma de muestras, su preservación, el llenado de cadena de custodia, su almacenamiento y conservación, así como el aseguramiento de la calidad y seguridad del desarrollo del monitoreo; y finalmente el transporte de muestras al laboratorio.

La muestra de agua superficial fue de tipo simple². El procedimiento para la toma de muestra tuvo las siguientes consideraciones:

- La medición de los parámetros de campo (pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto y temperatura), en los casos de puntos accesibles y de bajo caudal, se tomaron directamente en el cuerpo de agua; en el caso contrario, se utilizó un envase limpio para la recolección del agua y la posterior medición de parámetros. En ambos casos, las mediciones se realizaron con el equipo multiparámetro.
- Para la toma de muestras de parámetros orgánicos (aceites y grasas), se utilizaron frascos de vidrio ámbar, los cuales fueron tomados en la parte superior del cuerpo de agua, mientras que los parámetros inorgánicos se utilizaron frascos de plástico, los cuales antes de la toma de muestra se enjuagaron de 2 a 3 veces con el agua a ser colectada y luego se sumergió en contra de la corriente, a 20 cm de profundidad aproximada con respecto de la superficie teniendo en cuenta la no remoción de los sedimentos. Luego de concluida la toma de muestras las mismas se preservaron, siguiendo las recomendaciones del laboratorio acreditado contratado por el OEFA, para luego ser conservadas en posición vertical y con *ice-packs* (hielo gel), para ser transportadas al laboratorio para su respectivo análisis, junto con las cadenas de custodia.

De acuerdo con lo señalado en el inciso 6.17 del protocolo de la ANA se contempló la toma de un blanco de campo, un blanco viajero y duplicados. En cuanto al último tipo de control, se consideró la toma de un duplicado para metales totales por cada 10 muestras tomadas

² También denominada muestras puntuales o discretas. Este tipo de muestras consiste en la toma de una porción de agua en un punto o lugar determinado para su análisis individual. Representan las condiciones y características de la composición original del cuerpo de agua para el lugar, tiempo y circunstancias particulares en el instante en el que se realizó su recolección

de las 75 muestras colectadas. En el caso del aseguramiento de la calidad del blanco campo y viajero se realizó únicamente para el parámetro de metales totales.

Para medir, calcular y analizar los caudales (volumen de agua por unidad de tiempo que pasa por una sección transversal de un curso de agua) se utilizaron los métodos (correntómetro, desplazamiento y volumétrico) descritos en el protocolo de la ANA.

5.1.2. Ubicación de puntos de muestreo

Los puntos de muestreo se establecieron considerando los siguientes criterios:

- Aguas arriba y aguas abajo de los puntos determinados durante la visita de reconocimiento realizada del 26 al 28 de abril de 2019 (Anexo 5) ³.
- Aguas arriba y aguas abajo de los puntos autorizados para el riego del corredor vial Apurímac-Cusco a la Empresa Minera Las Bambas S.A.
- Puntos de bebederos de animales (ganado ovino y vacuno principalmente), solicitados por los representantes acreditados por el municipio.

Es importante tener en cuenta que, varios de los puntos definidos en la visita de reconocimiento coincidieron con los puntos autorizados a la Empresa minera Las Bambas S.A., por la Autoridad Nacional del Agua (ANA) para el uso de riego de la carretera (corredor vial), tal como se muestra en la Tabla 5.1

³ Anexo 5: Acta de reunión técnica para aprobar el plan de trabajo para la fiscalización ambiental a cargo del OEFA en la provincia de Chumbivilcas.



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

Tabla 5.1. Puntos autorizados a la Empresa Minera Las Bambas S.A y puntos determinados en la visita de reconocimiento

N.º	Puntos autorizados a la Empresa Minera Las Bambas S.A. para el riego de carretera								Puntos determinados en la visita de reconocimiento				
	Código (*)	Coordenadas UTM WGS 84			Observación	Resolución Directoral	Autoridad Local del Agua	Duración	Código	Coordenadas UTM WGS 84			Observación
		Zona	Este (m)	Norte (m)						Zona	Este (m)	Norte (m)	
1	---	---	---	---	---	---	---	---	T-HUA-011	19L	204226	8377751	Altitud 4727 m s.n.m
2	ANA-64	19L	204094	8378031	Renovación Autorización de Uso de Aguas Llacupe 03 KM 232+250	N.º 1296-2018-ANA-AAA.PA	ALA Alto Apurímac Velille	24 meses	T-HUA-012	---	---	---	---
3	ANA-52	19L	204005	8378430	Renovación Autorización de Uso de Aguas Llacupe 01 KM 231+860	N.º 1295-2018-ANA-AAA.PA	ALA Alto Apurímac Velille	24 meses	---	---	---	---	---
4	ANA-56	19L	204198	8378522	Renovación Autorización de Uso de Aguas Llacupe 02 KM 231+730	N.º 1304-2018-ANA-AAA.PA	ALA Alto Apurímac Velille	24 meses	---	---	---	---	---
5	ANA-55	19L	203789	8378936	Renovación Autorización de Uso de Aguas Quebrada Huaylla Huaylla 231+960	N.º 1291-2018-ANA-AAA.PA	ALA Alto Apurímac Velille	24 meses	T-HUA-09	---	---	---	---
6	ANA-54	19L	204797	8381015	Renovación Autorización de Uso de Aguas Bofedal Soraccocha KM 288+830	N.º 1305-2018-ANA-AAA.PA	ALA Alto Apurímac Velille	24 meses	T-HUA-10	---	---	---	---
7	---	---	---	---	---	---	---	---	T-HUA-07	19L	204188	8382550	Altitud 4691 m s.n.m
8	---	---	---	---	---	---	---	---	T-HUA-08	19L	203207	8382710	Altitud 4688 m s.n.m
9	ANA-59	19L	200578	8385594	Renovación Autorización de Uso de Aguas Punto Sayarani KM 219+810	N.º 1298-2018-ANA-AAA.PA	ALA Alto Apurímac Velille	24 meses	---	---	---	---	---



Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Subdirección Técnica
Científica

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

N.º	Puntos autorizados a la Empresa Minera Las Bambas S.A. para el riego de carretera								Puntos determinados en la visita de reconocimiento				
	Código (*)	Coordenadas UTM WGS 84			Observación	Resolución Directoral	Autoridad Local del Agua	Duración	Código	Coordenadas UTM WGS 84			Observación
		Zona	Este (m)	Norte (m)						Zona	Este (m)	Norte (m)	
10	ANA-66	19L	198821	8386722	Autorización de Uso de Aguas Filtración Sayarani 2 KM 217+280	N.º 1516-2018-ANA-AAA.PA	ALA Alto Apurímac Velille	24 meses	---	---	---	---	---
11	ANA-49	19L	195162	8388884	Renovación Autorización de Uso de Aguas Quebrada Choquella B KM 212+390	N.º 1293-2018-ANA-AAA.PA	ALA Alto Apurímac Velille	24 meses	---	---	---	---	---
12	ANA-31	19L	195205	8389629	Afluente Caychapampa 210+650	N.º 0557-2017-ANA/AAA.XI-PA	ALA Alto Apurímac Velille	24 meses	T-VEL-18	---	---	---	---
13	ANA-62	19L	195505	8389583	Renovación Autorización de Uso de Aguas Quebrada Cchacaylla KM 211+730	N.º 1309-2018-ANA-AAA.PA	ALA Alto Apurímac Velille	24 meses	---	---	---	---	---
14	ANA-30	19L	193921	8391883	Quebrada Caychapampa 207+190	N.º 0559-2017-ANA/AAA.XI-PA	ALA Alto Apurímac Velille	24 meses	---	---	---	---	---
15	ANA-47	19L	193954	8391866	Renovación Autorización de Uso de Aguas Quebrada Para Ccaylla KM 207+930	N.º 1307-2018-ANA-AAA.PA	ALA Alto Apurímac Velille	24 meses	T-VEL-17	---	---	---	---
16	ANA-53	19L	188783	8395174	Renovación Autorización de Uso de Aguas Río Velille KM 200+910	N.º 1302-2018-ANA-AAA.PA	ALA Alto Apurímac Velille	24 meses	T-VEL-16	---	---	---	---
17	ANA-48	19L	185174	8396836	Renovación de Autorización de Uso de Aguas Quebrada KM 193+380	N.º 1292-2018-ANA-AAA.PA	ALA Alto Apurímac Velille	24 meses	---	---	---	---	---



Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Subdirección Técnica
Científica

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

N.º	Puntos autorizados a la Empresa Minera Las Bambas S.A. para el riego de carretera								Puntos determinados en la visita de reconocimiento				
	Código (*)	Coordenadas UTM WGS 84			Observación	Resolución Directoral	Autoridad Local del Agua	Duración	Código	Coordenadas UTM WGS 84			Observación
		Zona	Este (m)	Norte (m)						Zona	Este (m)	Norte (m)	
18	ANA-61	19L	184222	8397854	Renovación Autorización de Uso de Aguas Quebrada Capuraya KM 191+260	N.º 1290- 2018-ANA- AAA.PA	ALA Alto Apurímac Velille	24 meses	---	---	---	---	---
19	ANA-34	19L	182728	8400422	Río Tres Vados 186+900	N.º 0569- 2017- ANA/AAA.XI- PA	ALA Alto Apurímac Velille	24 meses	T-TUN-015	---	---	---	---
20	ANA-35	19L	179622	8408352	Río Cascamayo 176+350	N.º 0567- 2017- ANA/AAA.XI- PA	ALA Alto Apurímac Velille	24 meses	---	---	---	---	---
21	ANA-36	19L	180356	8412030	Río Chocollo 171+060	N.º 0565- 2017- ANA/AAA.XI- PA	ALA Alto Apurímac Velille	24 meses	---	---	---	---	---
22	ANA-42	19L	181934	8418420	Quebrada Tiendachayoc 162+450	N.º 0568- 2017- ANA/AAA.XI- PA	ALA Alto Apurímac Velille	24 meses	---	---	---	---	---
23	ANA-44	19L	181322	8425913	Quebrada Pacuchanihuaycco 150+720	N.º 0564- 2017- ANA/AAA.XI- PA	ALA Alto Apurímac Velille	24 meses	---	---	---	---	---
24	ANA-51	19L	180662	8430132	Renovación Autorización de Uso de Aguas Quebrada Pampatiana KM 145+220	N.º 1301- 2018-ANA- AAA.PA	ALA Alto Apurímac Velille	24 meses	---	---	---	---	---
25	ANA-39	19L	181933	8434544	Quebrada Yanqui 136+940	N.º 0596- 2017- ANA/AAA.XI- PA	ALA Alto Apurímac Velille	24 meses	T-CAN-04	---	---	---	---



Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Subdirección Técnica
Científica

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

N.º	Puntos autorizados a la Empresa Minera Las Bambas S.A. para el riego de carretera								Puntos determinados en la visita de reconocimiento				
	Código (*)	Coordenadas UTM WGS 84			Observación	Resolución Directoral	Autoridad Local del Agua	Duración	Código	Coordenadas UTM WGS 84			Observación
		Zona	Este (m)	Norte (m)						Zona	Este (m)	Norte (m)	
26	ANA-41	19L	180695	8437063	Río Yanqui 134+020	N.º 0595-2017-ANA/AAA.XI-PA	ALA Alto Apurímac Velille	24 meses	T-CAN-03	---	---	---	---
27	ANA-45	19L	180192	8441591	Renovación Autorización de Uso de Aguas Quebrada Herhuayco KM 124+300	N.º 1297-2018-ANA-AAA.PA	ALA Alto Apurímac Velille	24 meses	T-CAN-05	---	---	---	---
28	ANA-15	19L	176788	8449657	Autorización de Uso de Aguas Ccochapata Km- RENOVACIÓN	N.º 1102-2018-ANA/AAA.XI-PA	ALA Medio Apurímac Pachachaca	24 meses	T-COC-019	---	---	---	---
29	ANA-14	18L	822898	8449279	Autorización de Uso de Aguas Quebrada Pinco KM 99+720	N.º 019-2018-ANA-AAA.PA	ALA Medio Apurímac Pachachaca	24 meses		---	---	---	---
30	ANA-12	18L	822508	8447961	Autorización de Uso de Aguas 8 de agosto (Quebrada Cotaña) KM 99+080	N.º 020-2018-ANA-AAA.PA	ALA Medio Apurímac Pachachaca	24 meses	T-COM-06	---	---	---	---
31	ANA-11	18L	819425	8447851	Autorización de Uso de Aguas Quebrada Qochayoc (Qochacc Huayco) KM 91-760	N.º 110-2018-ANA-AAA.PA	ALA Medio Apurímac Pachachaca	24 meses	T-HUA-02	---	---	---	---
32	ANA-9	18L	818268	8446153	Autorización Uso de Agua Fuente Huascabamba – Km 89+550	N.º 048-2018-ANA-AAA.PA	ALA Medio Apurímac Pachachaca	24 meses	---	---	---	---	---
33	ANA-10	18L	816702	8442074	Autorización Uso de Agua Fuente Río Sayhua – Km 84+300	N.º 050-2018-ANA-AAA.PA	ALA Medio Apurímac Pachachaca	24 meses	T-SAY-01	---	---	---	---
34	---	---	---	---	---	---	---	---	T-LAG-20	19L	180042	8452818	Altitud 4396 m s.n.m

*Estos códigos fueron asignados con fines prácticos para el análisis

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

En ese sentido se definieron y evaluaron un total de 75 puntos de agua superficial; la ubicación y descripción de cada punto se presenta en la Tabla 5.2. El mapa con la distribución de los puntos de muestreo se presenta en el Anexo 1.

Tabla 5.2. Puntos de monitoreo de agua superficial en los cuerpos de agua en el ámbito de la provincia Chumbivilcas, departamento Cusco

N°	Zona	Cuerpo de agua	Código OEFA	Coordenadas UTM WGS 84			Altitud (m s. n. m.)	Descripción
				Este (m)	Norte (m)	Zona		
1	Zona I: Livitaca	Estanque Huaylla Huaylla *	AS-01	204189	8377708	19L	4731	Zona de recarga del estanque en la zona de Huaylla Huaylla, cerca de la capilla
2			AS-02	204176	8377793	19L	4720	Zona de descarga del estanque en Huaylla Huaylla, cerca de la capilla
3		Quebrada Llacupe 03	AS-03	204088	8378023	19L	4679	Aguas arriba del punto de captación de la quebrada Llacupe 03
4			AS-04	204134	8378071	19L	4678	Aguas abajo del punto de captación de la quebrada Llacupe 03
5		Quebrada Llacupe 02	AS-05	204212	8378541	19L	4663	Aguas arriba del punto de captación de la quebrada Llacupe 02
6			AS-06	204088	8378540	19L	4646	Aguas abajo del punto de captación de la quebrada Llacupe 02
7		Quebrada Llacupe 01	AS-07	204013	8378405	19L	4650	Aguas arriba del punto de captación de la quebrada Llacupe 01
8			AS-08	203954	8378542	19L	4634	Aguas abajo del punto de captación de la quebrada Llacupe 01
9		Laguna Huaylla Huaylla	AS-09	204242	8379400	19L	4600	Parte Este de laguna Huaylla Huaylla
10			AS-10	204042	8379218	19L	4598	Parte Norte de la laguna Huaylla Huaylla
11		Quebrada Huaylla Huaylla	AS-11	203896	8379035	19L	4599	Aguas arriba del punto de captación de la quebrada Huaylla Huaylla
12			AS-12	203672	8378871	19L	4595	Aguas abajo del punto de captación de la quebrada Huaylla Huaylla
13		Bofedal Soraccocha	AS-13	204797	8380999	19L	4637	Aguas arriba del punto de captación bofedal Soraccocha
14			AS-14	204904	8380996	19L	4588	Aguas abajo del punto de captación bofedal Soraccocha
15		Bofedal Huaylla Huaylla	AS-15	204174	8382556	19L	4699	Aguas arriba del punto de captación (T-HUA-07) bofedal Huaylla Huaylla
16			AS-16	204195	8382574	19L	4698	Aguas abajo del punto de captación (T-HUA-07) bofedal Huaylla Huaylla
17		Bofedal Huaylla Huaylla 2	AS-17	203217	8382697	19L	4693	Aguas arriba del punto de captación (T-HUA-08) bofedal Huaylla Huaylla 2
18			AS-18	203210	8382703	19L	4685	Aguas abajo del punto de captación (T-HUA-08) bofedal Huaylla Huaylla 2

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

N°	Zona	Cuerpo de agua	Código OEFA	Coordenadas UTM WGS 84			Altitud (m s. n. m.)	Descripción
				Este (m)	Norte (m)	Zona		
19	Zona II: Velille	Quebrada Sayarani	AS-19	200598	8385581	19L	4577	Aguas arriba del punto de captación de la quebrada Sayarani
20			AS-20	200542	8385573	19L	4569	Aguas abajo del punto de captación de la quebrada Sayarani
21		Quebrada Sayarani 2	AS-21	198880	8386640	19L	4353	Aguas arriba del punto de captación de la quebrada Sayarani 2
22			AS-22	198720	8386835	19L	4337	Aguas abajo del punto de captación de la quebrada Sayarani 2
23		Quebrada Cchacaylla	AS-23	195558	8389561	19L	4019	Aguas arriba del punto de captación de la quebrada Cchacaylla
24			AS-24	195319	8389667	19L	4018	Aguas abajo del punto de captación de la quebrada Cchacaylla
25		Quebrada Choquella - Caychapampa	AS-27	195163	8388844	19L	4083	Aguas arriba del punto de captación de la quebrada Choquella
26			AS-28	195200	8389119	19L	4065	Aguas abajo del punto de captación de la quebrada Choquella y aguas arriba del punto de captación de la quebrada Caychapampa
27			AS-26	195234	8389713	19L	4004	Aguas abajo del punto de captación de la quebrada Caychapampa
28		Quebrada Para Ccaylla	AS-29	193992	8391846	19L	3857	Aguas arriba del punto de captación de la quebrada Para Ccaylla
29			AS-30	193920	8391890	19L	3853	Aguas abajo del punto de captación de la quebrada Para Ccaylla
30		Quebrada Caychapampa	AS-31	193907	8391841	19L	3854	Aguas arriba del punto de captación de la quebrada Caychapampa
31			AS-32	193910	8391895	19L	3855	Aguas abajo del punto de captación de la quebrada Caychapampa
32		Río Velille	AS-33	188800	8395118	19L	3728	Aguas arriba del punto de captación del río Velille
33			AS-34	188583	8395396	19L	3729	Aguas abajo del punto de captación del río Velille
34		Quebrada sin nombre 1	AS-35	185141	8396637	19L	3836	Aguas arriba del punto de captación de la quebrada sin nombre 1 km
35			AS-36	185159	8396953	19L	3822	Aguas abajo del punto de captación de la quebrada sin nombre 1 km
36		Quebrada Ccochaura	AS-37	186494	8398792	19L	3731	Aguas arriba del punto de captación de la quebrada Ccochaura
37			AS-38	186592	8398798	19L	3733	Aguas abajo del punto de captación de la quebrada Ccochaura
38		Quebrada Capuraya	AS-39	184213	8397811	19L	3851	Aguas arriba del punto de captación de la quebrada Capuraya
39			AS-40	184239	8397901	19L	3846	Aguas abajo del punto de captación de la quebrada Capuraya

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

N°	Zona	Cuerpo de agua	Código OEFA	Coordenadas UTM WGS 84			Altitud (m s. n. m.)	Descripción
				Este (m)	Norte (m)	Zona		
40		Río Tres Vados	AS-41	182778	8400571	19L	3812	Aguas arriba del punto de captación del río Tres Vados
41			AS-42	182826	8400270	19L	3806	Aguas abajo del punto de captación del río Tres Vados
42		Bofedal Pararani	MPA	185455	8396582	19L	3888	Agua empozada (bebedero de ganado) en el bofedal Pararani - sector Pararani
43	Zona III: Colquemarka	Río Cascamayo	AS-43	179527	8408343	19L	3876	Aguas arriba del punto de captación del río Cascamayo
44			AS-44	179575	8408250	19L	3877	Aguas abajo del punto de captación del río Cascamayo
45		Río Chocollo	AS-45	177666	8410021	19L	3883	Aguas arriba del punto de captación del río Chocollo - Carretera Colquemarka
46			AS-46	177768	8410344	19L	3861	Aguas abajo del punto de captación del río Chocollo - Carretera Colquemarka
47		Río Chocollo	AS-47	180274	8411926	19L	3885	Aguas arriba de las descargas de un socavón río Chocollo
48			AS-CAN	180337	8412025	19L	3882	Aguas arriba del punto de captación del río Chocollo y aguas abajo de las descargas de un socavón
49			AS-48	180501	8412006	19L	3871	Aguas abajo del punto de captación del río Chocollo
50		Quebrada Pacuchanihuaycco	AS-53	181360	8425851	19L	4116	Aguas arriba del punto de captación de la quebrada Pacuchanihuaycco
51			AS-54	181179	8426052	19L	4089	Aguas abajo del punto de captación de la quebrada Pacuchanihuaycco
52		Quebrada Yanqui	AS-55	181975	8434519	19L	4221	Aguas arriba del punto de captación de la quebrada Yanqui
53			AS-56	181909	8434577	19L	4224	Aguas abajo del punto de captación de la quebrada Yanqui
54	Zona IV: Santo Tomas	Quebrada Tiendachayoc 2	AS-49	181655	8417392	19L	3928	Aguas arriba del punto de captación de la quebrada Tiendachayoc 2
55			AS-50	181778	8417409	19L	3932	Aguas abajo del punto de captación de la quebrada Tiendachayoc 2
56		Quebrada Tiendachayoc 1	AS-51	181888	8418462	19L	3922	Aguas arriba del punto de captación de la quebrada Tiendachayoc 1
57			AS-52	181975	8418356	19L	3918	Aguas abajo del punto de captación de la quebrada Tiendachayoc 1
58		Quebrada sin nombre 2	AS-PHUI	181730	8416705	19L	3942	Agua empozada (bebedero de ganado) en la quebrada

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

N°	Zona	Cuerpo de agua	Código OEFA	Coordenadas UTM WGS 84			Altitud (m s. n. m.)	Descripción
				Este (m)	Norte (m)	Zona		
								sin nombre 2 - sector Huinquiri
59	Zona V: Ccapacmarca	Río Yanqui	AS-57 **	180673	8437085	19L	4242	Aguas arriba del punto de captación del río Yanqui
60			AS-58 **	180729	8436927	19L	4233	Aguas abajo del punto de captación del río Yanqui
61		Quebrada Herhuayco	AS-59	180172	8441503	19L	4176	Aguas arriba del punto de captación de la quebrada Herhuayco
62			AS-60	180139	8441675	19L	4171	Aguas abajo del punto de captación de la quebrada Herhuayco
63		Laguna Orccococha	AS-62	180070	8452756	19L	4397	Laguna Orccococha
64		Quebrada Ccochapata	AS-63	176812	8449641	19L	3655	Aguas arriba del punto de captación de la quebrada Ccochapata
65			AS-64	176729	8449675	19L	3644	Aguas abajo del punto de captación de la quebrada Ccochapata
66		Quebrada Pinco	AS-65	822945	8449305	18L	3293	Aguas arriba del punto de captación de la quebrada Pinco
67			AS-66	822818	8449247	18L	3276	Aguas abajo del punto de captación de la quebrada Pinco
68		Quebrada Cotaña	AS-67	822542	8447955	18L	3308	Aguas arriba del punto de captación de la quebrada Cotaña
69			AS-68	822363	8448036	18L	3281	Aguas abajo del punto de captación de la quebrada Cotaña
70		Quebrada Qochayoc (Qochacc Huayco)	AS-69	819492	8447807	18L	2872	Aguas arriba del punto de captación de la quebrada Qochayoc (Qochacc Huayco)
71			AS-70	819372	8447837	18L	2983	Aguas abajo del punto de captación de la quebrada Qochayoc (Qochacc Huayco)
72		Quebrada Huascabamba	AS-71	818283	8446101	18L	2932	Aguas arriba del punto de captación de la quebrada Huascabamba
73			AS-72	818113	8446277	18L	2884	Aguas abajo del punto de captación de la quebrada Huascabamba
74		Río Sayhua	AS-73	816692	8442027	18L	2756	Aguas arriba del punto de captación del río Sayhua
75			AS-74	816777	8442333	18L	2690	Aguas abajo del punto de captación del río Sayhua

Nota: La precisión de la medición de las coordenadas fue de ± 3 m.

* Estanque Huaylla Huaylla: El agua proviene de un bofedal y de las lluvias fueron acumuladas formando un estanque artificial.

** El cauce del punto AS-57 evaluado en el río Yanqui fue modificado para la captación del agua y para la crianza de truchas, por ende, en este punto hubo remoción del suelo.

5.1.3. Parámetros y metodología de análisis

Los parámetros y métodos de ensayo para el análisis de agua son descritos en la Tabla 5.3.

Tabla 5.3. Parámetros evaluados y métodos de análisis

N°	Parámetro	Método de Análisis
1	Aceites y grasas	ASTM D7066-04 (Validado), 2011 - Standard Test Method for dimer/trimer of chlorotrifluoroethylene (S-316) Recoverable Oil and Grease and Nonpolar Material by Infrared Determination
2	Sólidos totales suspendidos	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 22nd Ed. 2012 - Solids: Total Suspended Solids Dried at 103-105°C
3	Metales totales (incluye mercurio)	EPA 200.8/6020 (ICP-MS)

Los sólidos totales suspendidos junto con los aceites y grasas fueron analizados por el laboratorio ALS LS PERÚ S.A.C., mientras que los metales totales (incluye mercurio) fueron analizados por el laboratorio AGQ PERÚ S.A.C., ambos laboratorios acreditados ante el Instituto Nacional de Calidad (Inacal).

5.1.4. Equipos utilizados

Los equipos utilizados para la medición en campo (temperatura, pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto y caudal) fueron previamente calibrados en un laboratorio de calibración acreditados por el Inacal⁴. Previo al muestreo y registro de los parámetros de campo se realizó el ajuste y verificación del multiparámetro marca Hach – modelo HQ40d, utilizando soluciones buffer de pH (4,0; 7,0 y 10,0 unidades de pH), de conductividad eléctrica (1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 1413 $\mu\text{S}/\text{cm}$) y agua destilada (para el ajuste del oxígeno disuelto, por vapor saturado). Los registros de ajuste y verificación de los equipos se presentan en el reporte de campo Anexo 1. Mayor detalle respecto a los equipos empleados se precisa en el reporte de campo (Anexo 1), así como los certificados de calibración.

5.1.5. Criterios de comparación

Actualmente, los cuerpos de agua evaluados aledaños al Corredor vial Apurímac-Cusco en el ámbito de la provincia Chumbivilcas, departamento Cusco no están registrados en la «Clasificación de los cuerpos de agua continentales superficiales» de la Autoridad Nacional del Agua (ANA)⁵; sin embargo, descargan sus aguas directa o indirectamente en los ríos Velille y Santo Tomas, los cuales se encuentran clasificados con la categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales. En ese sentido, los resultados de los parámetros evaluados en el agua superficial de los bofedales, quebradas y ríos del área de estudio fueron comparados con la categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales (subcategorías D1: Riego de vegetales de tallo bajo y tallo alto y D2: Bebida de animales) y, el agua de las lagunas con la categoría 4: Conservación del ambiente acuático (subcategoría E1: lagunas y lagos) de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, aprobado mediante Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM, en adelante ECA para agua.

5.2 Sedimentos

5.2.1. Protocolo de monitoreo

Debido a que actualmente no se cuenta con un protocolo nacional aprobado para la toma de muestras de sedimento se utilizó, a modo referencial, el manual técnico Métodos para colección, almacenamiento y manipulación de sedimentos para análisis químicos y toxicológicos de la Agencia para la Protección Ambiental de Estados Unidos (*Methods for collection, storage and manipulation of sediments for chemical and toxicological analyses*:

⁴ En el Anexo 2 se adjuntan los certificados de calibración de los equipos utilizados.

⁵ Resolución Jefatural N.º 056-2018-ANA de la Autoridad Nacional del Agua (ANA), que aprueba Clasificación de los Cuerpos de Agua Continentales Superficiales de la Autoridad Nacional del Agua, Lima, 13 de febrero de 2018.

technical manual, 2001). Este documento da a conocer consideraciones generales en el diseño de muestreos para sedimento, equipos/herramientas de campo y laboratorio, pautas de seguridad, procedimientos de almacenamiento y transporte de muestras, además de asuntos comunes a la manipulación de muestras para análisis químicos y toxicológicos. También, se tomaron en cuenta las recomendaciones de los laboratorios donde se analizó las muestras, para la colecta, preservación, conservación y transporte de las muestras.

5.2.2. Ubicación de puntos de muestreo

Los puntos de muestreo para sedimento fueron ubicados en los mismos puntos de agua superficial que presentaron condiciones para su colecta. En total se evaluaron 59 puntos de muestreo de sedimento, la ubicación y descripción de los puntos de muestreo se presentan en la Tabla 5.4. El mapa con la distribución de los puntos de muestreo se presenta en el Anexo 1. Para su codificación se cambió el prefijo «AS» por «SED», a la codificación de los puntos de agua.

Tabla 5.4. Ubicación de los puntos de muestreo de sedimentos en los cuerpos de agua en el ámbito de la provincia Chumbivilcas, departamento Cusco

N°	Zona	Cuerpo de agua	Código OEFA	Coordenadas UTM WGS 84			Altitud (m s. n. m.)	Descripción
				Este (m)	Norte (m)	Zona		
1	Zona I: Livitaca	Estanque Huaylla Huaylla	SED-01	204189	8377708	19L	4731	Zona de recarga del estanque en la zona de Huaylla Huaylla, cerca de la capilla
2		Quebrada Llacupe 01	SED-07	204013	8378405	19L	4650	Aguas arriba del punto de captación de la quebrada Llacupe 01
3			SED-08	203954	8378542	19L	4634	Aguas abajo del punto de captación de la quebrada Llacupe 01
4		Laguna Huaylla Huaylla	SED-09	204242	8379400	19L	4600	Parte Este de laguna Huaylla Huaylla
5		Quebrada Huaylla Huaylla	SED-11	203896	8379035	19L	4599	Aguas arriba del punto de captación de la quebrada Huaylla Huaylla
6		Bofedal Soraccocha	SED-13	204797	8380999	19L	4637	Aguas arriba del punto de captación bofedal Soraccocha
7			SED-14	204904	8380996	19L	4588	Aguas abajo del punto de captación bofedal Soraccocha
8	Zona II: Vellile	Quebrada Sayarani	SED-20	200542	8385573	19L	4569	Aguas abajo del punto de captación de la quebrada Sayarani
9		Quebrada Sayarani 2	SED-21	198880	8386640	19L	4353	Aguas arriba del punto de captación de la quebrada Sayarani 2
10			SED-22	198720	8386835	19L	4337	Aguas abajo del punto de captación de la quebrada Sayarani 2
11		Quebrada Cchacaylla	SED-23	195558	8389561	19L	4019	Aguas arriba del punto de captación de la quebrada Cchacaylla
12			SED-24	195319	8389667	19L	4018	Aguas abajo del punto de captación de la quebrada Cchacaylla
13		Quebrada Choquella - Caychapampa	SED-27	195163	8388844	19L	4083	Aguas arriba del punto de captación de la quebrada Choquella

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

N°	Zona	Cuerpo de agua	Código OEFA	Coordenadas UTM WGS 84			Altitud (m s. n. m.)	Descripción
				Este (m)	Norte (m)	Zona		
14			SED-28	195200	8389119	19L	4065	Aguas abajo del punto de captación de la quebrada Choquilla y aguas arriba del punto de captación de la quebrada Caychapampa
15			SED-26	195234	8389713	19L	4004	Aguas abajo del punto de captación de la quebrada Caychapampa
16		Quebrada Para Ccaylla	SED-29	193992	8391846	19L	3857	Aguas arriba del punto de captación de la quebrada Para Ccaylla
17			SED-30	193920	8391890	19L	3853	Aguas abajo del punto de captación de la quebrada Para Ccaylla
18		Quebrada Caychapampa	SED-31	193907	8391841	19L	3854	Aguas arriba del punto de captación de la quebrada Caychapampa
19			SED-32	193910	8391895	19L	3855	Aguas abajo del punto de captación de la quebrada Caychapampa
20		Río Velille	SED-33	188800	8395118	19L	3728	Aguas arriba del punto de captación del río Velille
21			SED-34	188583	8395396	19L	3729	Aguas abajo del punto de captación del río Velille
22		Quebrada sin nombre 1	SED-35	185141	8396637	19L	3836	Aguas arriba del punto de captación de la quebrada sin nombre 1 km
23			SED-36	185159	8396953	19L	3822	Aguas abajo del punto de captación de la quebrada sin nombre 1 km
24		Quebrada Ccochaura	SED-37	186494	8398792	19L	3731	Aguas arriba del punto de captación de la quebrada Ccochaura
25			SED-38	186592	8398798	19L	3733	Aguas abajo del punto de captación de la quebrada Ccochaura
26		Quebrada Capuraya	SED-39	184213	8397811	19L	3851	Aguas arriba del punto de captación de la quebrada Capuraya
27			SED-40	184239	8397901	19L	3846	Aguas abajo del punto de captación de la quebrada Capuraya
28		Río Tres Vados	SED-41	182778	8400571	19L	3812	Aguas arriba del punto de captación del río Tres Vados
29			SED-42	182826	8400270	19L	3806	Aguas abajo del punto de captación del río Tres Vados
30	Zona III: Colquamarca	Río Cascamayo	SED-43	179527	8408343	19L	3876	Aguas arriba del punto de captación del río Cascamayo
31			SED-44	179575	8408250	19L	3877	Aguas abajo del punto de captación del río Cascamayo
32		Río Chocollo	SED-45	177666	8410021	19L	3883	Aguas arriba del punto de captación del río Chocollo - Carretera Colquamarca
33			SED-46	177768	8410344	19L	3861	Aguas abajo del punto de captación del río Chocollo - Carretera Colquamarca
34		Río Chocollo	SED-47	180274	8411926	19L	3885	Aguas arriba de las descargas de un socavón al río Chocollo

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

N°	Zona	Cuerpo de agua	Código OEFA	Coordenadas UTM WGS 84			Altitud (m s. n. m.)	Descripción
				Este (m)	Norte (m)	Zona		
35			SED-CAN	180337	8412025	19L	3882	Aguas arriba del punto de captación del río Chocollo y aguas abajo de las descargas de un socavón
36			SED-48	180501	8412006	19L	3871	Aguas abajo del punto de captación del río Chocollo
37		Quebrada Pacuchanihuaycco	SED-53	181360	8425851	19L	4116	Aguas arriba del punto de captación de la quebrada Pacuchanihuaycco
38			SED-54	181179	8426052	19L	4089	Aguas abajo del punto de captación de la quebrada Pacuchanihuaycco
39		Quebrada Yanqui	SED-56	181909	8434577	19L	4224	Aguas abajo del punto de captación de la quebrada Yanqui
40	Zona IV: Santo Tomas	Quebrada Tiendachayoc 2	SED-49	181655	8417392	19L	3928	Aguas arriba del punto de captación de la quebrada Tiendachayoc 2
41			SED-50	181778	8417409	19L	3932	Aguas abajo del punto de captación de la quebrada Tiendachayoc 2
42		Quebrada Tiendachayoc 1	SED-51	181888	8418462	19L	3922	Aguas arriba del punto de captación de la quebrada Tiendachayoc 1
43			SED-52	181975	8418356	19L	3918	Aguas abajo del punto de captación de la quebrada Tiendachayoc 1
44	Zona V: Ccapacmarca	Río Yanqui	SED-57	180673	8437085	19L	4242	Aguas arriba del punto de captación del río Yanqui
45			SED-58	180729	8436927	19L	4233	Aguas abajo del punto de captación del río Yanqui
46		Quebrada Herhuayco	SED-59	180172	8441503	19L	4176	Aguas arriba del punto de captación de la quebrada Herhuayco
47			SED-60	180139	8441675	19L	4171	Aguas abajo del punto de captación de la quebrada Herhuayco
48		Quebrada Ccochapata	SED-63	176812	8449641	19L	3655	Aguas arriba del punto de captación de la quebrada Ccochapata
49			SED-64	176729	8449675	19L	3644	Aguas abajo del punto de captación de la quebrada Ccochapata
50		Quebrada Pinco	SED-65	822945	8449305	18L	3293	Aguas arriba del punto de captación de la quebrada Pinco
51			SED-66	822818	8449247	18L	3276	Aguas abajo del punto de captación de la quebrada Pinco
52		Quebrada Cotaña	SED-67	822542	8447955	18L	3308	Aguas arriba del punto de captación de la quebrada Cotaña
53			SED-68	822363	8448036	18L	3281	Aguas abajo del punto de captación de la quebrada Cotaña
54		Quebrada Qochayoc (Qochacc Huayco)	SED-69	819492	8447807	18L	2872	Aguas arriba del punto de captación de la quebrada Qochayoc (Qochacc Huayco)

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

N°	Zona	Cuerpo de agua	Código OEFA	Coordenadas UTM WGS 84			Altitud (m s. n. m.)	Descripción
				Este (m)	Norte (m)	Zona		
55			SED-70	819372	8447837	18L	2983	Aguas abajo del punto de captación de la quebrada Qochayoc (Qochacc Huayco)
56		Quebrada Huascabamba	SED-71	818283	8446101	18L	2932	Aguas arriba del punto de captación de la quebrada Huascabamba
57			SED-72	818113	8446277	18L	2884	Aguas abajo del punto de captación de la quebrada Huascabamba
58		Río Sayhua	SED-73	816692	8442027	18L	2756	Aguas arriba del punto de captación del río Sayhua
59			SED-74	816777	8442333	18L	2690	Aguas abajo del punto de captación del río Sayhua

Nota: La precisión de la medición de las coordenadas fue de ± 3 m.

5.2.3. Parámetros y metodología de análisis

En la Tabla 5.5 se presenta el parámetro y el método de análisis empleado por el laboratorio acreditado ante el Inacal.

Tabla 5.5. Parámetros y métodos de análisis de sedimentos

N.º	Parámetros evaluados	Método de análisis	N.º muestras
1	Metales totales	EPA 3050 B; 1996/EPA 6010 B:1996 y EPA 7471 B, Rev 2, February 2007	59

Fuente de los métodos de análisis: Informes de Ensayo N.º 42958/2019, 42957/2019, 44996/2019, 44995/2019, 44992/2019, 42319/2019, 42318/2019, 42317/2019, 46346/2019 y 46344/2019 del laboratorio ALS LS PERÚ S.A.C.

5.2.4. Equipos utilizados

Para la evaluación se utilizó equipos, herramientas y materiales que se detallan (modelo, marca y serie) en el Anexo 2, correspondiente al reporte de campo.

5.2.5. Criterios de comparación

Los resultados de los parámetros evaluados en los sedimentos fueron comparados, de manera referencial, con los valores de la Guía de Calidad Ambiental de Canadá – CEQG (*Canadian Environmental Quality Guidelines–Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life–Fresh Water*)⁶ considerados para sedimentos de agua dulce, ya que actualmente no se cuenta con una normativa nacional para sedimentos. Esta normativa ambiental de referencia establece valores ISQG (*Interim Sediment Quality Guideline*), que es la concentración por debajo de la cual no se espera efectos biológicos adversos en la comunidad de macroinvertebrados bentónicos, y valores PEL (*Probable Effect Level*), que es la concentración sobre la cual se encuentran efectos biológicos adversos con frecuencia en la comunidad de macroinvertebrados bentónicos.

⁶ *Canadian Environmental Quality Guidelines. Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life – Fresh water* (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/.

5.3 Comunidades hidrobiológicas

5.3.1. Protocolo de monitoreo

La colecta de muestras de macroinvertebrados bentónicos y peces se realizó siguiendo la metodología estandarizada según la publicación Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: perifiton, bentos (macroinvertebrados bentónicos) y neuston (peces) en aguas continentales del Perú (Minam, 2014), que establece los criterios técnicos y lineamientos generales, como la logística necesaria, establecimiento de los puntos de muestreo, preparación de materiales, equipos en indumentaria de protección, procedimiento para la toma de muestras, preservación, almacenamiento, conservación y transporte de muestras, entre otros.

Métodos de muestreo

Para la colecta de muestras de macroinvertebrados bentónicos se utilizó una red Surber de 500 μm de luz de malla y 0,09 m^2 (30 cm x 30 cm) de área. Para tal fin, se colocó el marco cuadrado de la red Surber en el fondo del ambiente a evaluar, en sentido contrario a la corriente, luego se removió con fuerza el sustrato con las manos para facilitar el desprendimiento de los organismos y queden atrapados en la red. El procedimiento anterior se realizó por triplicado obteniéndose una muestra compuesta de 0,27 m^2 . La muestra final fue vertida en potes de 1/2 L, etiquetada y preservada con etanol al 70% para su posterior análisis cualitativo y cuantitativo.

Para el muestreo de peces se utilizó un equipo portátil de pesca eléctrica (Smith Root modelo LR24). El operador de este equipo se desplazó aguas arriba a lo largo de la orilla aplicando una descarga eléctrica (120 voltios a 525 voltios y 60 Hz) en las inmediaciones de los cuerpos de agua. Debido a que la corriente eléctrica se transmite entre los 2 electrodos colocados en el agua, provocando que los peces presentes en el tramo evaluado se aturden y floten. El portador de la red de mano, que se encontraba aguas abajo, recoge los peces adormecidos con ayuda de una red de mano y los coloca en un balde con agua.

El nivel de esfuerzo fue registrado automáticamente por el equipo de pesca eléctrica como el número de segundos de pesca activa (es decir, el tiempo en el que la corriente es aplicada al agua). El esfuerzo de muestreo en cada estación tuvo en promedio una duración de 500 segundos.

Como una forma de estimar un índice de calidad ambiental de los ríos ubicados a más de 2000 m de altitud, se planteó el empleo del protocolo simplificado y guía de evaluación de la calidad ecológica de los ríos andinos (CERA-S), propuesto por Encalada *et al.* (2011), el cual se basa en observaciones del paisaje aledaño al río, el canal fluvial y la composición de organismos de macroinvertebrados bentónicos.

5.3.2. Ubicación de puntos de muestreo

Se estableció un total de 65 puntos de muestreo para la evaluación de las comunidades hidrobiológicas. Los puntos de muestreo fueron designados en relación a los puntos de muestreo de agua superficial y sedimentos; teniendo en cuenta las condiciones de accesibilidad, importancia de uso, caudal del río y disponibilidad de mesohábitats. Se colectó muestras en el cauce principal y/o en la orilla del cuerpo de agua. En la Tabla 5.6 se presentan los puntos de muestreo de comunidades hidrobiológicas, el mapa de ubicación de estos puntos, se encuentra en el Anexo 1. Es preciso indicar que para la codificación se cambió el prefijo «AS» por «HB», a la codificación de los puntos de agua.

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

Tabla 5.6. Ubicación de los puntos de muestreo de comunidades hidrobiológicas en los cuerpos de agua en el ámbito de la provincia Chumbivilcas, departamento Cusco

N°	Zona	Cuerpo de agua	Código OEFA	Coordenadas UTM WGS 84			Altitud (m s. n. m.)	Descripción
				Este (m)	Norte (m)	Zona		
1	Zona I: Livitaca	Estanque Huaylla Huaylla	HB-01	204189	8377708	19L	4731	Zona de recarga del estanque en la zona de Huaylla Huaylla, cerca de la capilla
2		Quebrada Llacupe 02	HB-05	204212	8378541	19L	4663	Aguas arriba del punto de captación de la quebrada Llacupe 02
3			HB-06	204088	8378540	19L	4646	Aguas abajo del punto de captación de la quebrada Llacupe 02
4		Quebrada Llacupe 01	HB-07	204013	8378405	19L	4650	Aguas arriba del punto de captación de la quebrada Llacupe 01
5			HB-08	203954	8378542	19L	4634	Aguas abajo del punto de captación de la quebrada Llacupe 01
6		Laguna Huaylla Huaylla	HB-09	204242	8379400	19L	4600	Parte Este de laguna Huaylla Huaylla
7			HB-10*	204042	8379218	19L	4598	Parte Norte de la laguna Huaylla Huaylla
8		Quebrada Huaylla Huaylla	HB-11	203896	8379035	19L	4599	Aguas arriba del punto de captación de la quebrada Huaylla Huaylla
9		Bofedal Soraccocha	HB-13	204797	8380999	19L	4637	Aguas arriba del punto de captación bofedal Soraccocha
10			HB-14	204904	8380996	19L	4588	Aguas abajo del punto de captación bofedal Soraccocha
11		Bofedal Huaylla Huaylla	HB-15	204174	8382556	19L	4699	Aguas arriba del punto de captación (T-HUA-07) bofedal Huaylla Huaylla
12		Bofedal Huaylla Huaylla 2	HB-17	203217	8382697	19L	4693	Aguas arriba del punto de captación (T-HUA-08) bofedal Huaylla Huaylla 2
13	Zona II: Velille	Quebrada Sayarani	HB-20	200542	8385573	19L	4569	Aguas abajo del punto de captación de la quebrada Sayarani
14		Quebrada Sayarani 2	HB-21*	198880	8386640	19L	4353	Aguas arriba del punto de captación de la quebrada Sayarani 2
15			HB-22*	198720	8386835	19L	4337	Aguas abajo del punto de captación de la quebrada Sayarani 2
16		Quebrada Cchacaylla	HB-23*	195558	8389561	19L	4019	Aguas arriba del punto de captación de la quebrada Cchacaylla
17			HB-24*	195319	8389667	19L	4018	Aguas abajo del punto de captación de la quebrada Cchacaylla
18		Quebrada Choquella - Caychapampa	HB-27*	195163	8388844	19L	4083	Aguas arriba del punto de captación de la quebrada Choquella
19			HB-28*	195200	8389119	19L	4065	Aguas abajo del punto de captación de la quebrada Choquella y aguas arriba del punto de captación de la quebrada Caychapampa
20			HB-26*	195234	8389713	19L	4004	Aguas abajo del punto de captación de la quebrada Caychapampa
21		Quebrada Para Ccaylla	HB-29	193992	8391846	19L	3857	Aguas arriba del punto de captación de la quebrada Para Ccaylla

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

N°	Zona	Cuerpo de agua	Código OEFA	Coordenadas UTM WGS 84			Altitud (m s. n. m.)	Descripción
				Este (m)	Norte (m)	Zona		
22		Quebrada Caychapampa	HB-30*	193920	8391890	19L	3853	Aguas abajo del punto de captación de la quebrada Para Ccaylla
23			HB-31	193907	8391841	19L	3854	Aguas arriba del punto de captación de la quebrada Caychapampa
24			HB-32	193910	8391895	19L	3855	Aguas abajo del punto de captación de la quebrada Caychapampa
25		Río Velille	HB-33	188800	8395118	19L	3728	Aguas arriba del punto de captación del río Velille
26			HB-34*	188583	8395396	19L	3729	Aguas abajo del punto de captación del río Velille
27		Quebrada sin nombre 1	HB-35	185141	8396637	19L	3836	Aguas arriba del punto de captación de la quebrada sin nombre 1 km
28			HB-36	185159	8396953	19L	3822	Aguas abajo del punto de captación de la quebrada sin nombre 1 km
29		Quebrada Ccochaura	HB-37	186494	8398792	19L	3731	Aguas arriba del punto de captación de la quebrada Ccochaura
30			HB-38	186592	8398798	19L	3733	Aguas abajo del punto de captación de la quebrada Ccochaura
31		Quebrada Capuraya	HB-39	184213	8397811	19L	3851	Aguas arriba del punto de captación de la quebrada Capuraya
32			HB-40	184239	8397901	19L	3846	Aguas abajo del punto de captación de la quebrada Capuraya
33		Río Tres Vados	HB-41	182778	8400571	19L	3812	Aguas arriba del punto de captación del río Tres Vados
34			HB-42	182826	8400270	19L	3806	Aguas abajo del punto de captación del río Tres Vados
35	Zona III: Colquamarca	Río Cascamayo	HB-43	179527	8408343	19L	3876	Aguas arriba del punto de captación del río Cascamayo
36			HB-44	179575	8408250	19L	3877	Aguas abajo del punto de captación del río Cascamayo
37		Río Chocollo	HB-45	177666	8410021	19L	3883	Aguas arriba del punto de captación del río Chocollo - Carretera Colquamarca
38			HB-46	177768	8410344	19L	3861	Aguas abajo del punto de captación del río Chocollo - Carretera Colquamarca
39		Río Chocollo	HB-47	180274	8411926	19L	3885	Aguas arriba de las descargas de un socavón río Chocollo
40			HB-48	180501	8412006	19L	3871	Aguas abajo del punto de captación del río Chocollo
41		Quebrada Pacuchanihuaycco	HB-53	181360	8425851	19L	4116	Aguas arriba del punto de captación de la quebrada Pacuchanihuaycco
42			HB-54	181179	8426052	19L	4089	Aguas abajo del punto de captación de la quebrada Pacuchanihuaycco
43		Quebrada Yanqui	HB-55	181975	8434519	19L	4221	Aguas arriba del punto de captación de la quebrada Yanqui
44			HB-56	181909	8434577	19L	4224	Aguas abajo del punto de captación de la quebrada Yanqui
45	Zona IV: Santo Domingo	Quebrada Tiendachayoc 2	HB-49	181655	8417392	19L	3928	Aguas arriba del punto de captación de la quebrada Tiendachayoc 2

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

N°	Zona	Cuerpo de agua	Código OEFA	Coordenadas UTM WGS 84			Altitud (m s. n. m.)	Descripción
				Este (m)	Norte (m)	Zona		
46		Quebrada Tiendachayoc 1	HB-50	181778	8417409	19L	3932	Aguas abajo del punto de captación de la quebrada Tiendachayoc 2
47			HB-51*	181888	8418462	19L	3922	Aguas arriba del punto de captación de la quebrada Tiendachayoc 1
48			HB-52*	181975	8418356	19L	3918	Aguas abajo del punto de captación de la quebrada Tiendachayoc 1
49	Zona V: Ccapacmarca	Río Yanqui	HB-57	180673	8437085	19L	4242	Aguas arriba del punto de captación del río Yanqui
50			HB-58	180729	8436927	19L	4233	Aguas abajo del punto de captación del río Yanqui
51		Quebrada Herhuayco	HB-59	180172	8441503	19L	4176	Aguas arriba del punto de captación de la quebrada Herhuayco
52			HB-60	180139	8441675	19L	4171	Aguas abajo del punto de captación de la quebrada Herhuayco
53		Laguna Orcococha	HB-62	180070	8452756	19L	4397	Laguna Orcococha
54		Quebrada Ccochapata	HB-63	176812	8449641	19L	3655	Aguas arriba del punto de captación de la quebrada Ccochapata
55			HB-64	176729	8449675	19L	3644	Aguas abajo del punto de captación de la quebrada Ccochapata
56		Quebrada Pinco	HB-65	822945	8449305	18L	3293	Aguas arriba del punto de captación de la quebrada Pinco
57			HB-66	822818	8449247	18L	3276	Aguas abajo del punto de captación de la quebrada Pinco
58		Quebrada Cotaña	HB-67	822542	8447955	18L	3308	Aguas arriba del punto de captación de la quebrada Cotaña
59			HB-68	822363	8448036	18L	3281	Aguas abajo del punto de captación de la quebrada Cotaña
60		Quebrada Qochayoc (Qochacc Huayco)	HB-69	819492	8447807	18L	2872	Aguas arriba del punto de captación de la quebrada Qochayoc (Qochacc Huayco)
61			HB-70	819372	8447837	18L	2983	Aguas abajo del punto de captación de la quebrada Qochayoc (Qochacc Huayco)
62		Quebrada Huascabamba	HB-71	818283	8446101	18L	2932	Aguas arriba del punto de captación de la quebrada Huascabamba
63			HB-72	818113	8446277	18L	2884	Aguas abajo del punto de captación de la quebrada Huascabamba
64		Río Sayhua	HB-73*	816692	8442027	18L	2756	Aguas arriba del punto de captación del río Sayhua
65			HB-74*	816777	8442333	18L	2690	Aguas abajo del punto de captación del río Sayhua

Nota: La precisión de la medición de las coordenadas fue de ± 3 m.

*. Puntos donde se realizó pesca.

5.3.3. Parámetros y metodología de análisis

En la Tabla 5.7 se detallan las comunidades hidrobiológicas evaluadas, los métodos de análisis y técnicas empleadas.

Tabla 5.7. Parámetros y metodologías de análisis para las comunidades hidrobiológicas

N.º	Parámetros	Método de análisis de referencia	Laboratorio
1	Macroinvertebrados bentónicos	SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part 10500 C. 1, 2. 23rd. Ed. 2017	NSF ENVIROLAB SAC- NSF INASSA SAC.
2	Metales en tejido muscular de peces	PC-230. Espectrofotometría ICP-OES	ALS LS PERU S.A.C.
3	Peces	SMEWW 10600 D, Items 1. Identificación y conteo	*

*: Realizado por especialistas en peces de OEFA.

5.3.4. Equipos utilizados

Para la evaluación se utilizó equipos y herramientas que se detallan en el Anexo 2: Reporte de campo.

5.3.5. Criterios de comparación

Los resultados de los análisis de metales en tejido muscular de peces fueron comparados con los valores de los Indicadores sanitarios y de Inocuidad para los Productos Pesqueros y Acuícolas para el mercado nacional y de exportación⁷. En la Tabla 5.8 se referencia a los metales tóxicos de interés para alimentos en la salud humana como cadmio.

Tabla 5.8. Contenidos máximos para metales totales en tejido muscular de peces

Parámetro	Contenidos máximos (CM) mg/kg	Referencia
Cadmio	0,05	Sanipes (2016)
Mercurio	0,50	
Plomo	0,30	

5.3.6. Procesamiento de datos

Para el análisis de los resultados obtenidos de la evaluación hidrobiológica se procedió a caracterizar las comunidades de macroinvertebrados bentónicos y peces, teniendo en cuenta lo siguiente:

Composición, riqueza, densidad y diversidad de las comunidades hidrobiológicas (macroinvertebrados bentónicos y peces) y la calidad ecológica según el protocolo CERA-S

Para el análisis de los resultados obtenidos se caracterizó las comunidades hidrobiológicas (macroinvertebrados bentónicos y peces). Se evaluó la riqueza y la densidad de la comunidad hidrobiológica basado en sus categorías taxonómicas y la diversidad de especies (diversidad alfa) utilizando los índices de diversidad verdadera (Números de Hill-N1) (Jost, 2006), el índice de dominancia de Simpson y el índice de equidad de Pielou (J') (Pielou, 1975; Peet, 1974). Los cálculos de todos los análisis se realizaron con el software de código abierto Paleontological Data Analysis Past versión 3.15 (Hammer *et al.*, 2001).

⁷ Organismo Nacional de Sanidad Pesquera (Sanipes). (2016). Indicadores o Criterios de Seguridad Alimentaria e Higiene para Alimentos y Piensos de Origen Pesquero y Acuicola (Resolución de Dirección Ejecutiva N.º 057-2016-SANIPES-DE). Lima: Ministerio de la Producción

a. Composición, riqueza y densidad

Se representó la clasificación taxonómica (phylum, clase, orden, familia y especie) de los macroinvertebrados bentónicos y peces.

La evaluación de la riqueza y la densidad de macroinvertebrados bentónicos y peces se desarrollaron sobre la base de la categoría taxonómica «orden» y «especie» respectivamente. Es necesario indicar, que los resultados de la densidad de macroinvertebrados bentónicos se analizaron con base en la densidad total, representándose los resultados en individuos/0,27 m², cabe indicar que se colectaron en un muestreo compuesto de 3 submuestras de los hábitats más dominantes. Para esto, se utilizó el programa Excel en donde se sistematizó los nombres y números de cada especie por cada punto de muestreo, posteriormente se realizó las representaciones mediante gráficas acumuladas.

b. Diversidad alfa

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

El índice de dominancia de Simpson es uno de los parámetros que nos permiten medir la diversidad de organismos. Este índice es inverso al concepto de equidad de la comunidad, ya que toma en cuenta las especies con mayor importancia sin considerar al resto de especies, siendo menos sensible con la riqueza de especies (Krebs, 1978; Magurran, 1991; Feinsinger, 2003). El índice de Simpson representa la probabilidad de que 2 individuos, dentro de un hábitat, seleccionados al azar pertenezcan a la misma especie.

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).

c. Calidad ecológica de ríos altoandinos según el protocolo CERA-S

El protocolo CERA-S da como resultado el estado ecológico de los ríos mediante la combinación de la calidad hidromorfológica y la calidad biológica (macroinvertebrados bentónicos). La base del protocolo es la valoración de la calidad biológica del río y las características de su entorno y su representación mediante una combinación sencilla de colores que permite, a quien no tiene una formación científica especializada, observar rápidamente cual es el estado de salud de los sistemas lóticos (Encalada *et al.*, 2011). Es importante mencionar que se hizo una modificación al protocolo CERA-S, donde la calidad biológica que se trabajó fue con el índice biótico andino (ABI).

d. Calidad hidromorfológica

La calidad hidromorfológica se estimó a partir de la observación de 8 características hidromorfológicas, las cuales son listadas a continuación:

- Estructura y naturalidad de la vegetación de ribera
- Continuidad de la ribera

- Conectividad de la vegetación de ribera con otros elementos del paisaje
- Presencia de basuras y escombros
- Naturalidad del canal fluvial
- Composición del sustrato
- Regímenes de velocidad y profundidad del río
- Elementos de heterogeneidad.

El criterio de elección del puntaje para cada característica se detalla en los datos de campo (Anexo 2). Una vez obtenidas las puntuaciones para cada característica hidromorfológica se obtiene una sumatoria de todas ellas, con la finalidad de tener un solo valor por punto de muestreo. Finalmente, para obtener la calidad hidromorfológica, dicho valor es comparado con la escala presentada en Tabla 5.9.

Tabla 5.9. Valoración de la calidad hidromorfológica

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

Fuente: Encalada *et al.*, 2011

e. Calidad biológica - Índice biótico andino (ABI)

A partir de la identificación de las muestras de macroinvertebrados bentónicos se determinó la calidad biológica utilizando el ABI (Índice biótico andino, del inglés *Andean Biotic Index*). Este índice fue desarrollado para ríos altoandinos (sobre los 2000 m s. n. m.) y se obtiene sumando los valores de sensibilidad de cada familia de macroinvertebrados bentónicos presente en cada punto de muestreo. En la Tabla 5.10 se presenta los puntajes de sensibilidad asignadas a las familias de macroinvertebrados bentónicos para la obtención del índice ABI.

Tabla 5.10. Puntajes de sensibilidad asignadas a las familias de macroinvertebrados bentónicos

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

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

Orden / Clase	Familia	Puntaje	Orden / Clase	Familia	Puntaje
	Oligoneuridae	10		Ptilodactylidae	5
	Leptohyphidae	7		Scirtidae(helodidae)	5
	Baetidae	4		Gyrinidae	3
Odonata	Polythoridae	10		Dytiscidae	3
	Calopterygidae	8		Hydrophilidae	3
	Gomphidae	8		Staphylinidae	3
	Aeshnidae	6	Diptera	Blepharoceridae	10
	Coenagrionidae	6		Athericidae	10
	Libellulidae	6		Simuliidae	5
Plecoptera	Perlidae	10		Tipulidae	5
	Gripopterygidae	10		Ceratopogonidae	4
Heteroptera	Corixidae	5		Dixidae	4
	Gerridae	5		Dolichopodidae	4
	Naucoridae	5		Empididae	4
	Notonectidae	5		Limoniidae	4
	Veliidae	5		Stratiomyidae	4
	Belostomatidae	4		Tabanidae	4
Trichoptera	Anomalopsychidae	10		Psychodidae	3
	Calamoceratidae	10		Chironomidae	2
	Helicopsychidae	10		Culicidae	2
	Odontoceridae	10		Ephydriidae	2
	Hydrobiosidae	8		Muscidae	2
	Leptoceridae	8		Syrphidae	1
	Philopotamidae	8		*	

*La categoría taxonómica familia no presenta puntuación, por ende, la categoría taxonómica superior (Orden / Clase) es la que otorga la puntuación.

Fuente: Acosta *et al.* (2009)

Para obtener el respectivo valor de calidad hidromorfológica, los valores fueron comparados con la escala presentada en la Tabla 5.11.

Tabla 5.11. Valoración de la calidad biológica con el índice ABI

Puntuación	Calidad hidromorfológica	
>74	Excelente	
45 – 74	Buena	
27 – 44	Moderada	
11 – 26	Mala	
<11	Pésima	

Fuente: Acosta *et al.* (2009)

La calidad ecológica se obtuvo combinando las valoraciones de calidad hidromorfológica y calidad biológica. Por ejemplo: si el resultado de combinar las 2 evaluaciones es azul, entonces la calidad ecológica del río es excelente; si es verde, es buena; si es amarilla, es moderada; si es naranja, es mala; y por último si es roja, es pésima. En la Tabla 5.12 se presenta la escala de calidad ecológica de un río.

Tabla 5.12. Escala de calidad ecológica de un río

		Calidad Biológica				
		Excelente	Buena	Moderada	Mala	Pésima
Calidad hidromorfológica	Excelente	Excelente	Buena	Moderada	Mala	Pésima
	Buena	Buena	Buena	Moderada	Mala	Pésima
	Moderada	Buena	Moderada	Moderada	Mala	Pésima
	Mala	Moderada	Moderada	Moderada	Mala	Pésima
	Pésima	Moderada	Mala	Mala	Pésima	Pésima

Fuente: Encalada *et al.*, 2011.

6. RESULTADOS

Todos los resultados de los parámetros evaluados en agua superficial, sedimentos y comunidades hidrobiológicas se muestran en el Anexo 3: Reporte de resultados.

A continuación, se presenta los principales resultados obtenidos en agua superficial, sedimento y comunidades hidrobiológicas. Además, en agua superficial son mencionados los parámetros que incumplieron por lo menos en un punto de muestreo los ECA para agua Categoría 3 o Categoría 4 (D.S. N.º 004-2017-MINAM), de igual manera las concentraciones de metales en los sedimentos que superaron de manera referencial los valores de la guía de calidad ambiental para sedimento en cuerpos de agua dulce de Canadá (*Canadian Environmental Quality Guidelines - Sediment Quality Guidelines for Protection of Aquatic Life - Fresh water*), en adelante guía canadiense.

Mientras que para las comunidades hidrobiológicas, son presentadas la riqueza y abundancia de los taxones encontrados, el estado ecológico de los ambientes acuáticos evaluados atribuidos según el protocolo CERA-S y adicionalmente los resultados del análisis de metales en tejido de peces, los cuales son comparados con los contenidos máximos de metales pesados requeridos por el Organismo Nacional de Sanidad Pesquera (Sanipes) según el manual Indicadores sanitarios y de inocuidad para los productos pesqueros y acuícolas para mercado nacional y de exportación.

Con la finalidad de mejorar la interpretación y el análisis de los resultados, estos se presentan por zonas y por tipo de cuerpo de agua (ambiente léntico y ambiente lótico).

6.1 Agua superficial

6.1.1. Zona I: Livitaca

- Ambientes lénticos**

En la Tabla 6.1 se presenta las características fisicoquímicas del agua de la laguna Huaylla Huaylla, donde se observa que, aunque hay presencia de arsénico, cobre y zinc, todos valores cumplieron con los ECA para agua (2017) Cat.4 - E1.

Tabla 6.1. Resultados fisicoquímicos de la laguna Huaylla Huaylla

Cuerpo de agua		Laguna Huaylla Huaylla		Estándares de Calidad Ambiental para Agua Decreto supremo N.º 004-2017-MINAM
				Categoría 4: Conservación del ambiente acuático
Código		AS-09	AS-10	E1: Lagunas y lagos
pH	Unid. de pH	7,54	7,59	6,5 -9,0
Oxígeno disuelto	mg/L	7,29	6,92	≥ 5
Conductividad eléctrica	µS/cm	54,4	56,5	1000

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

Cuerpo de agua		Laguna Huaylla Huaylla		Estándares de Calidad Ambiental para Agua Decreto supremo N.° 004-2017-MINAM
Código		AS-09	AS-10	Categoría 4: Conservación del ambiente acuático
				E1: Lagunas y lagos
Aceites y Grasas (IR)	mg/L	< 0,100	< 0,100	5
Sólidos Totales Suspendidos	mg/L	10	3	≤ 25
Metales				
Antimonio Total	mg/L	0,00158	0,00045	0,64
Arsénico Total	mg/L	0,0015	0,00137	0,15
Bario Total	mg/L	0,0225	0,01	0,7
Cobre Total	mg/L	0,0011	0,0013	0,1
Mercurio Total	mg/L	< 0,00007	< 0,00007	0,0001
Níquel Total	mg/L	0,0011	0,0013	0,052
Plomo Total	mg/L	< 0,00006	< 0,00006	0,0025
Selenio Total	mg/L	0,00197	0,0015	0,005
Talio Total	mg/L	< 0,00001	< 0,00001	0,0008
Zinc Total	mg/L	< 0,002	0,007	0,12

Nota: Datos extraídos de los informes de ensayo N.° SAA-19100482 AGQ Perú y N.° 41901/2019 ALS LS Perú.

• Ambientes lóticos

○ pH

En la Figura 6.1 se representa gráficamente los valores de potencial de hidrógeno (pH) en los cuerpos de agua lóticos evaluados en la zona I, donde se puede apreciar que, en el estanque Huaylla Huaylla (AS-01) y en las quebradas Llacupe 03 (AS-03), Llacupe 02 (AS-06) y Llacupe 01 (AS-07), el pH fue ligeramente ácido e incumplió con el rango de los ECA para agua (2017) Cat. 3 - D1 (6,5 – 8,5 unidad de pH) y D2 (6,5 – 8,4 unidad de pH). El pH en los otros cuerpos de agua evaluados se encontró dentro del rango establecido en los ECA antes mencionados.

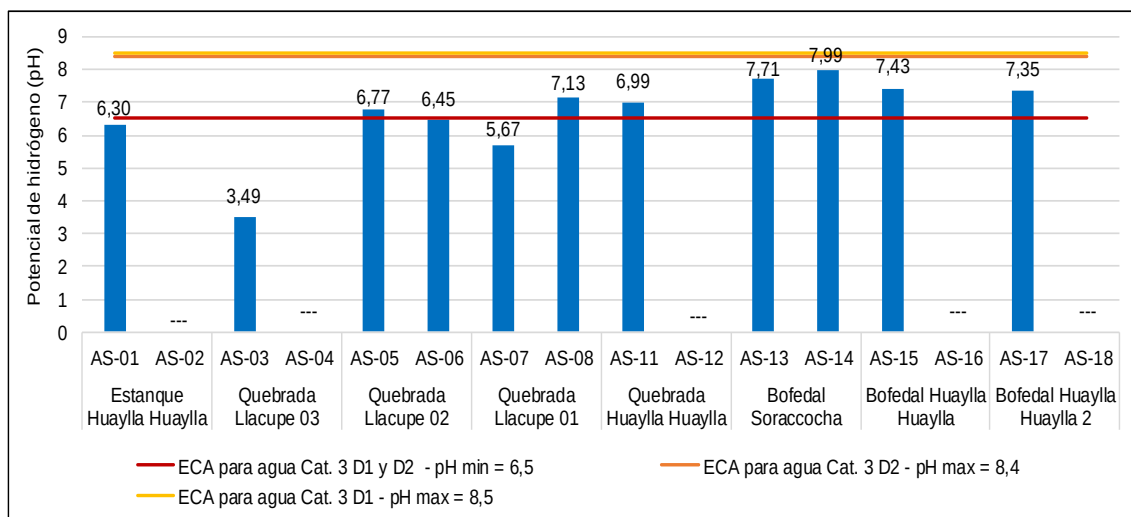


Figura 6.1. Potencial de hidrógeno (pH) evaluados en los cuerpos de agua lóticos

○ Cobalto total

En la Figura 6.2 se presenta las concentraciones de cobalto en los cuerpos de agua lóticos evaluados en la zona I, donde se puede observar que en la quebrada Llacupe 03 (AS-03) excedió los ECA para agua (2017) Cat. 3 - D1 (0,05 mg/L) para este parámetro, mientras que en los demás puntos de muestreo las concentraciones cumplieron con los ECA antes mencionados.

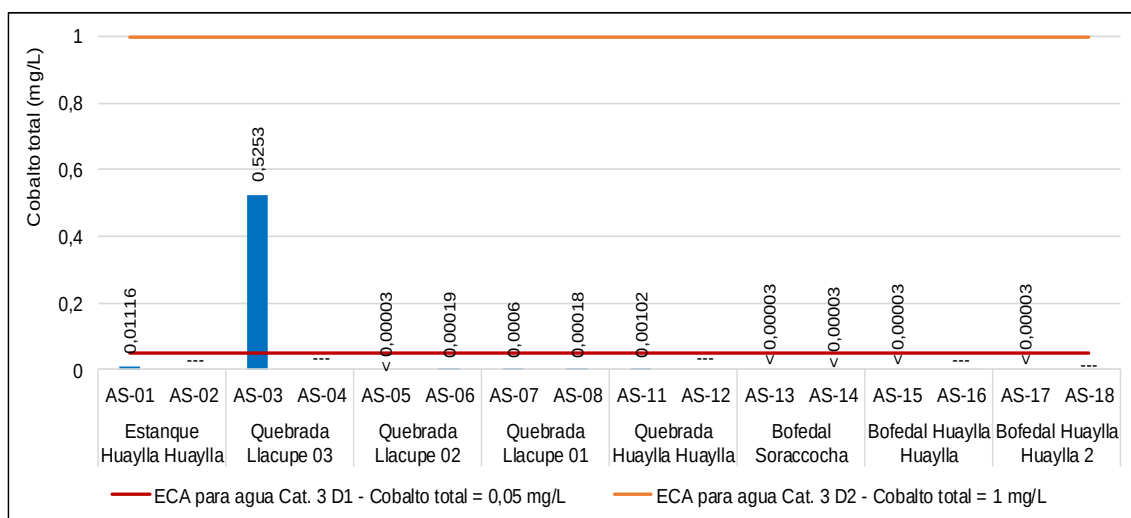


Figura 6.2. Concentraciones de cobalto total en cuerpos de agua lóticos evaluados en la zona I

○ Manganeso total

En la Figura 6.3 se presenta las concentraciones de manganeso en los cuerpos de agua lóticos evaluados en la zona I, donde se puede observar que el estanque Huaylla Huaylla (AS-01) y la quebrada Llacupe 03 (AS-03) excedieron los ECA para agua (2017) Cat. 3 - D1 y D2 (0,2 mg/L) para este parámetro, mientras que en los demás puntos de muestreo cumplieron con los ECA antes mencionados.

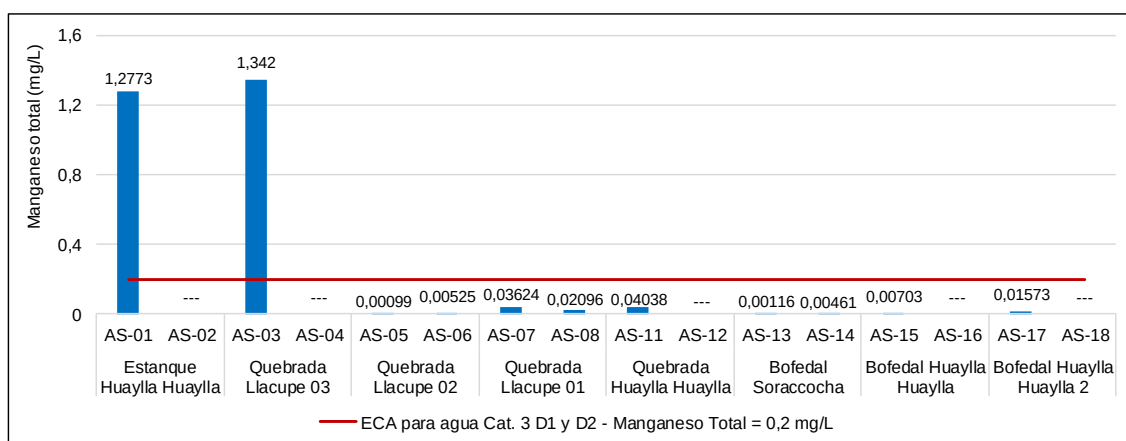


Figura 6.3. Concentraciones de manganeso total en los cuerpos de agua lóticos evaluados en la zona I

○ Caudales

En la Tabla 6.2 se presenta los caudales de los cuerpos de agua evaluados en la zona I, donde se tuvo condiciones para su medición. Cabe mencionar que, los puntos fueron ubicados aguas arriba y abajo de los puntos de captación para riego del corredor vial Apurímac-Cusco.

Tabla 6.2. Caudales de los puntos de muestreo de la zona I

Cuerpo de agua	Punto de toma de agua para riego de carretera	Código OEFA	Caudal (L/s)	Observación
Quebrada Llacupe 03	---	AS-03	0,04	Aguas arriba de ANA-64
	ANA-64	---	---	Punto activo durante el monitoreo
	---	AS-04	Seco	Aguas abajo de ANA-64
Quebrada Llacupe 02	---	AS-05	0,11	Aguas arriba de ANA-56
	ANA-56	---	---	Punto activo durante el monitoreo
	---	AS-06	0,04	Aguas abajo de ANA-56
Quebrada Llacupe 01	---	AS-07	0,21	Aguas arriba de ANA-52
	ANA-52	---	---	Punto inactivo durante el monitoreo
	---	AS-08	0,27	Aguas abajo de ANA-52
Quebrada Huaylla Huaylla	---	AS-11	66,14	Aguas arriba de ANA-55
	ANA-55	---	---	Punto activo durante el monitoreo
	---	AS-12	Seco	Aguas abajo de ANA-55
Bofedal Soraccocha	---	AS-13	2,49	Aguas arriba de ANA-54
	ANA-54	---	---	Punto activo durante el monitoreo
	---	AS-14	2,46	Aguas abajo de ANA-54
Bofedal Huaylla Huaylla	---	AS-15	0,06	Aguas arriba de T-HUA-07
	T-HUA-07	---	---	Punto activo durante el monitoreo
	---	AS-16	Seco	Aguas abajo de T-HUA-07
Bofedal Huaylla Huaylla 2	---	AS-17	0,22	Aguas arriba de T-HUA-08
	T-HUA-08	---	---	Punto activo durante el monitoreo
	---	AS-18	Seco	Aguas abajo de T-HUA-08

Activo: Punto de toma de agua para el riego del corredor vial Apurímac-Cusco en actividad.

Inactivo: Durante el monitoreo no tomaban agua para el riego del corredor vial Apurímac-Cusco de este punto

6.1.2. Zona II: Velille

• Ambientes lóticos

○ pH

En la Figura 6.4 se representa gráficamente los valores de potencial de hidrógeno (pH) de los cuerpos de agua lóticos evaluados en la zona II, donde se puede apreciar que en la quebrada Caychapampa (AS-31 y AS-32) y en el río Velille (AS-33 y AS-34) el pH fue ligeramente alcalino e incumplió con el rango establecido en los ECA para agua (2017) Cat. 3 - D1 (6,5 – 8,5 unidad de pH) y D2 (6,5 – 8,4 unidad de pH). Es importante mencionar que, el pH en los otros cuerpos de agua evaluados se encontró dentro del rango establecido en los ECA para agua antes mencionado.

○ Boro total

En la Figura 6.5 se presenta las concentraciones de boro total en los cuerpos de agua lóticos evaluados en la zona II, donde se puede observar que en el río Velille en los puntos evaluados (AS-33 y AS-34) excedieron los ECA para agua (2017) Cat. 3 - D1 (1 mg/L), mientras que los demás puntos cumplieron con los ECA antes mencionados.

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

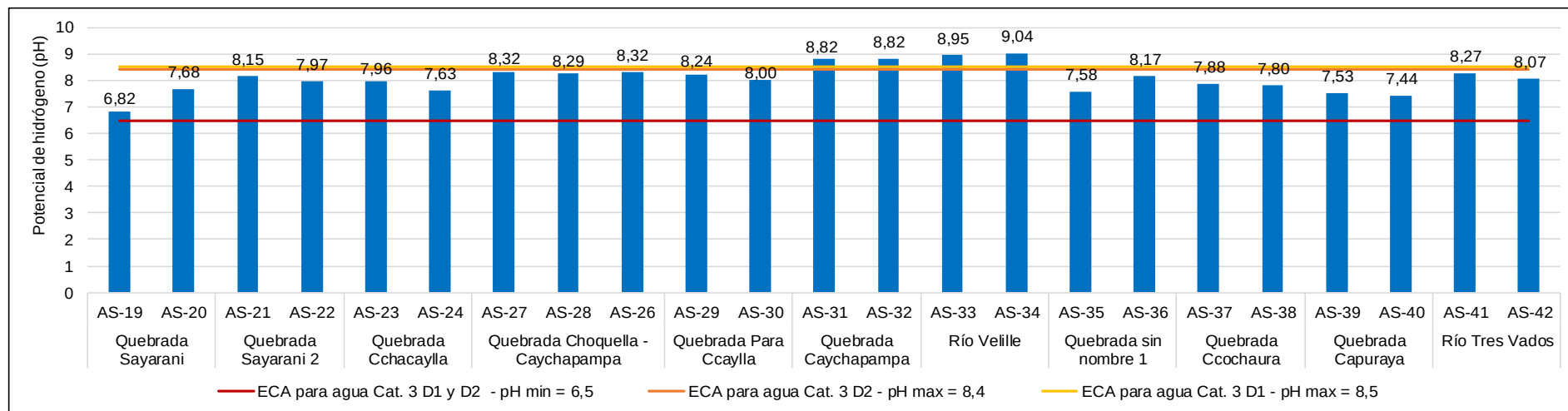


Figura 6.4. Potencial de hidrógeno (pH) en los cuerpos de agua lóticos evaluados en la zona II

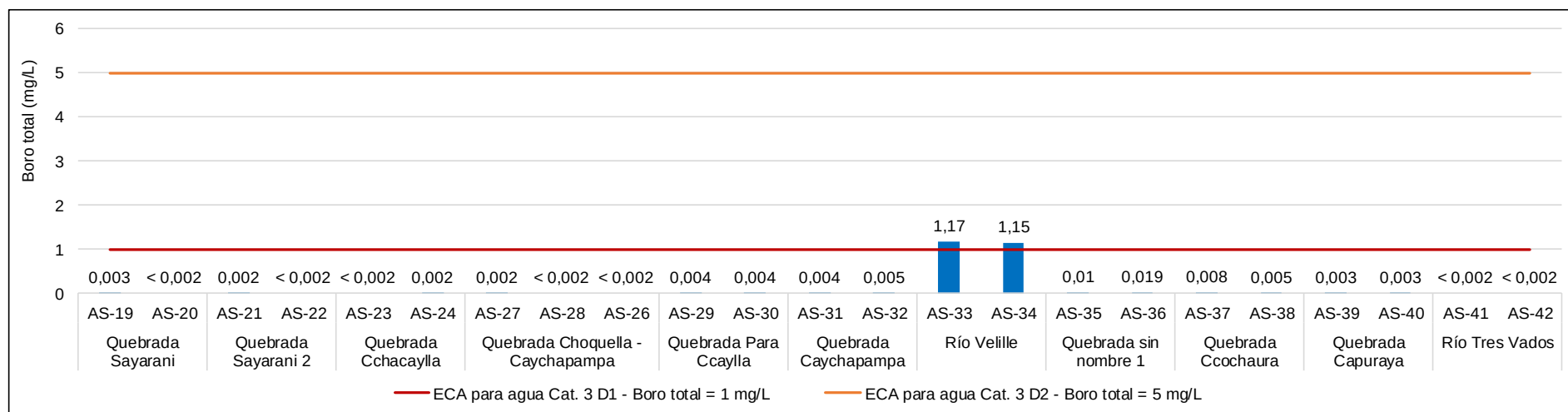


Figura 6.5. Concentraciones de boro total en los cuerpos de agua lóticos evaluados en la zona II

- **Bofedal Pararani (bebedero de ganado)**

En las Figuras 6.6, 6.7 y 6.8 se presentan las concentraciones de oxígeno disuelto, hierro total y manganeso total, que incumplieron los ECA para agua (2017) Cat. 3, en el bofedal Pararani (bebedero de ganado). Es importante mencionar que, los demás parámetros evaluados cumplieron con los ECA antes mencionados.

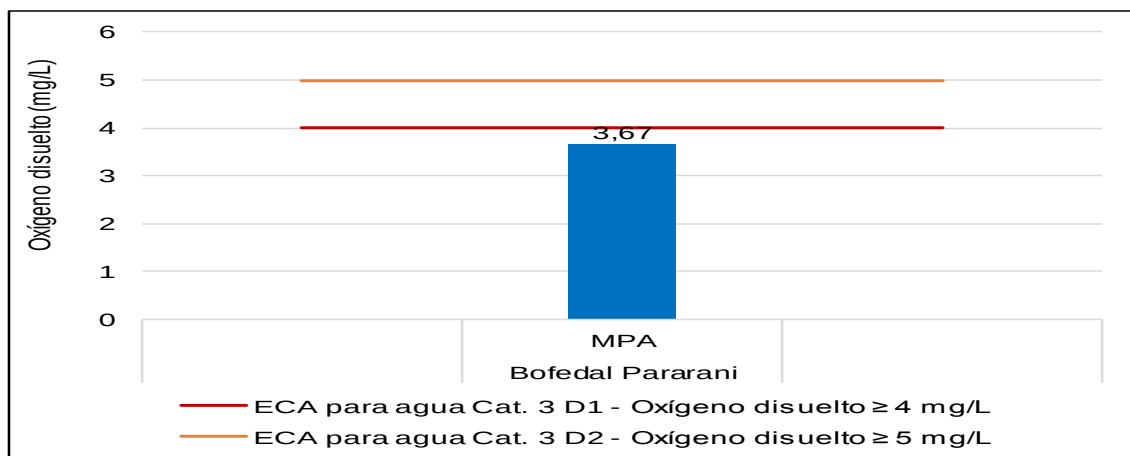


Figura 6.6. Concentración de oxígeno disuelto del bofedal Pararani (bebedero de ganado)

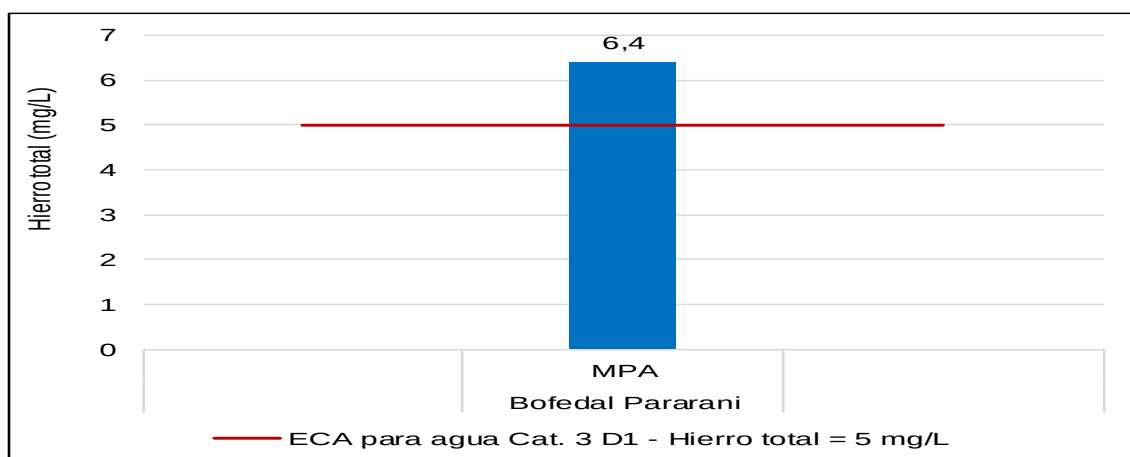


Figura 6.7. Concentración de hierro total en el bofedal Pararani (bebedero de ganado)

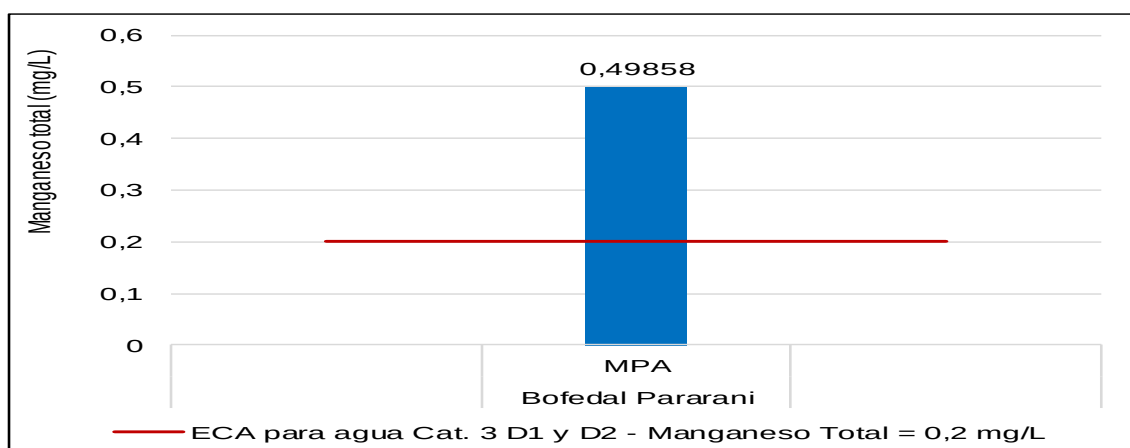


Figura 6.8. Concentración de manganeso total en el bofedal Pararani (bebedero de ganado)

○ **Caudales**

En la Tabla 6.3 se presenta los caudales de los cuerpos de agua evaluados en la zona II, donde se tuvo condiciones para su medición.

Tabla 6.3. Caudales de los puntos de muestreo de la zona II

Cuerpo de agua	Punto de toma de agua para riego	Código OEFA	Caudal (L/s)	Observación
Quebrada Sayarani	---	AS-19	1,54	Aguas arriba de ANA-59
	ANA-59	---	---	Punto inactivo durante el monitoreo
	---	AS-20	1,55	Aguas abajo de ANA-59
Quebrada Sayarani 2	---	AS-21	2,7	Aguas arriba de ANA-66
	ANA-66	---	---	Punto activo durante el monitoreo
	---	AS-22	0,23	Aguas abajo de ANA-66
Quebrada Cchacaylla	---	AS-23	15	Aguas arriba de ANA-62
	ANA-62	---	---	Punto inactivo durante el monitoreo
	---	AS-24	14,3	Aguas abajo de ANA-62
Quebrada Choquella -Caychapampa	---	AS-27	4,48	Aguas arriba de ANA-49
	ANA-49	---	---	Punto inactivo durante el monitoreo
	---	AS-28	4,07	Aguas abajo de ANA-49 y arriba de ANA-31
	ANA-31	---	---	Punto activo durante el monitoreo
	---	AS-26	2,93	Aguas abajo de ANA-31
Quebrada Para Ccaylla	---	AS-29	23,48	Aguas arriba de ANA-47
	ANA-47	---	---	Punto activo durante el monitoreo
	---	AS-30	23,84	Aguas abajo de ANA-47
Quebrada Caychapampa*	---	AS-31	---	Aguas arriba de ANA-30
	ANA-30	---	---	Punto activo durante el monitoreo
	---	AS-32	---	Aguas abajo de ANA-47
Río Velille*	---	AS-33	--	Aguas arriba de ANA-53
	ANA-53	---	---	Punto activo durante el monitoreo
	---	AS-34	--	Aguas abajo de ANA-53
Quebrada sin nombre 1	---	AS-35	4,94	Aguas arriba de ANA-48
	ANA-48	---	---	Punto inactivo durante el monitoreo
	---	AS-36	5,21	Aguas abajo de ANA-48
Quebrada Ccochaura	---	AS-37	33,53	Aguas arriba de ANA-50
	ANA-50	---	---	Punto inactivo durante el monitoreo
	---	AS-38	34,34	Aguas abajo de ANA-50
Quebrada Capuraya	---	AS-39	10,29	Aguas arriba de ANA-61
	ANA-61	---	---	Punto inactivo durante el monitoreo
	---	AS-40	9,58	Aguas abajo de ANA-61
Río Tres Vados	---	AS-41	135,86	Aguas arriba de ANA-34
	ANA-34	---	---	Punto activo durante el monitoreo
	---	AS-42	123,69	Aguas abajo de ANA-34

Activo: Punto de toma de agua para el riego del corredor vial Apurímac-Cusco en actividad.

Inactivo: Durante el monitoreo no tomaban agua para el riego del corredor vial Apurímac-Cusco de este punto.

*No se realizó la medición de caudal.

6.1.3. Zona III: Colquemarca

- Ambientes lóticos**

- pH**

En la Figura 6.9 se representa gráficamente los valores de potencial de hidrógeno (pH) de los cuerpos de agua lóticos evaluados en la zona III, donde se puede apreciar que en los ríos Cascamayo (AS-43 y AS-44) y Chocollo (AS-47), y en la quebrada Pacuchanihuaycco (AS-53) el pH fue ligeramente alcalino e incumplió con el rango establecido en los ECA para agua Cat. 3 - D1 (6,5 – 8,5 unidad de pH) y D2 (6,5 – 8,4 unidades de pH). Es importante mencionar que el pH en los otros cuerpos de agua evaluados se encontró dentro del rango antes mencionado.

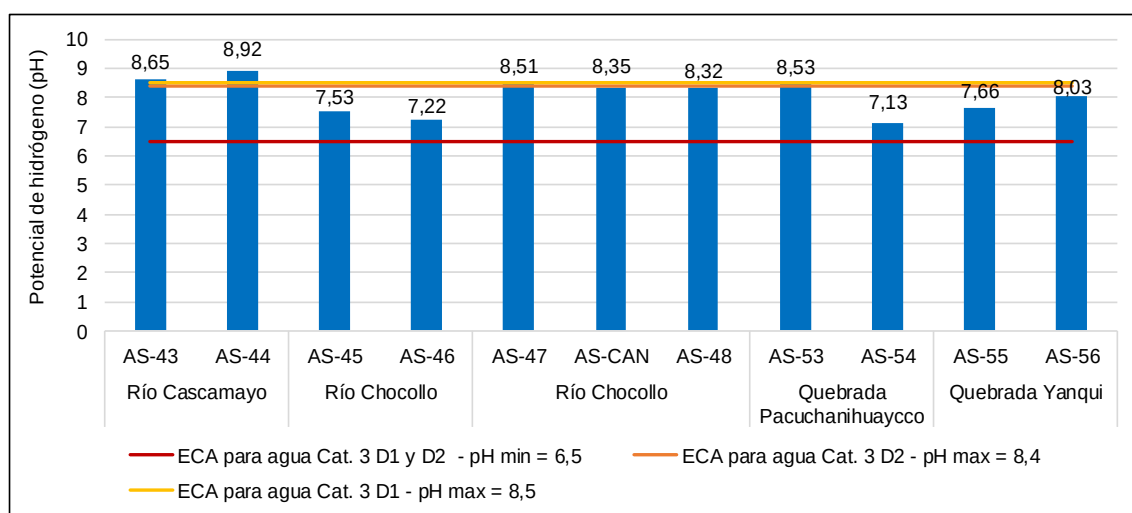


Figura 6.9. Potencial de hidrógeno (pH) en los cuerpos de agua lóticos evaluados en la zona III

Oxígeno disuelto

En la Figura 6.10 se presenta las concentraciones de oxígeno disuelto en los cuerpos de agua loticos evaluados en la zona III, donde se puede se observar que la concentración de oxígeno disuelto en el río Chocollo (AS-46) se encontró por debajo de los ECA para agua Cat. 3 – D2 (5 mg/L); mientras que, en los demás puntos cumplieron con los ECA para agua Cat. 3 – D1 y D2.

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

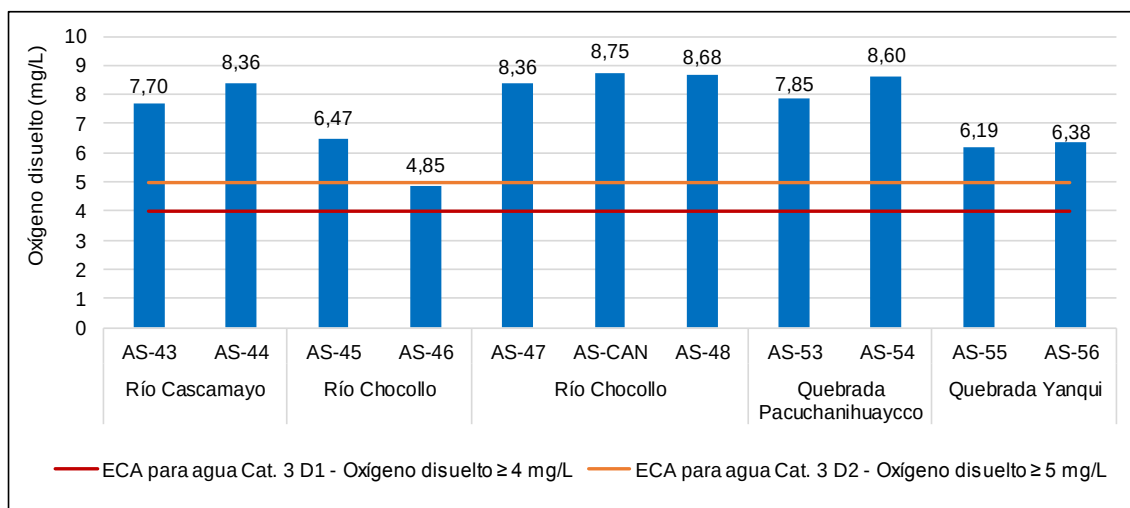


Figura 6.10. Concentración de oxígeno disuelto en los cuerpos de agua lóticos evaluados en la zona III

○ **Caudales**

En la Tabla 6.4 se presenta los caudales de los cuerpos de agua evaluados en la zona III, donde se tuvo condiciones para su medición. Cabe mencionar que, los puntos fueron ubicados principalmente aguas arriba y abajo de los puntos de captación para riego del corredor vial Apurímac-Cusco.

Tabla 6.4. Caudales de los puntos de muestreo de la zona III

Cuerpo de agua	Punto de toma de agua para riego	Código OEFA	Caudal (L/s)	Observación
Río Cascamayo	---	AS-43	38,77	Aguas arriba de ANA-35
	ANA-35	---	---	Punto activo durante el monitoreo
	---	AS-44	39,55	Aguas abajo de ANA-35
Río Chocollo	---	AS-45	31,81	Aguas arriba de ANA-40
	ANA-40	---	---	Punto inactivo durante el monitoreo
	---	AS-46	31,05	Aguas abajo de ANA-40
Río Chocollo	---	AS-47	33,78	Aguas arriba de un socavón
	Socavón*	---	---	---
	---	AS-CAN	---	Aguas abajo de un socavón y arriba de ANA-36
	ANA-36	---	---	Punto activo durante el monitoreo
	---	AS-48	26,11	Aguas abajo de ANA-36
Quebrada Pacuchanihuaycco	---	AS-53	22,68	Aguas arriba de ANA-44
	ANA-44	---	---	Punto activo durante el monitoreo
	---	AS-54	23,78	Aguas abajo de ANA-44
Quebrada Yanqui	---	AS-55	6,15	Aguas arriba de ANA-39
	ANA-39	---	---	Punto activo durante el monitoreo
	---	AS-56	5,27	Aguas abajo de ANA-39

Activo: Punto de toma de agua para el riego del corredor vial Apurímac-Cusco en actividad.

Inactivo: Durante el monitoreo no tomaban agua para el riego del corredor vial Apurímac-Cusco de este punto.

*No se realizó la medición de caudal.

6.1.4. Zona IV: Santo Tomás

• Ambientes lóticos

En la Tabla 6.5 se presenta las características fisicoquímicas de los cuerpos de agua lóticos evaluados en la zona IV, donde se observa que, aunque hay presencia de aluminio, arsénico, cobre y zinc todos valores cumplieron con los ECA para agua Cat.3 - D1 y D2.

Tabla 6.5. Resultados fisicoquímicos de los cuerpos de agua lóticos evaluados en la zona IV

Cuerpo de agua		Quebrada Tiendachayoc 2		Quebrada Tiendachayoc 1		Quebrada sin nombre 2	Estándares de Calidad Ambiental para Agua Decreto supremo N.º 004-2017-MINAM Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales	
Códigos		AS-49	AS-50	AS-51	AS-52	AS-PHUI	D1: Riego de vegetales	D2: Bebida de animales
							Agua para riego no restringido	Bebida de animales
pH	Unid de pH	7,28	7,89	8,17	7,97	7,87	6,5 -8,5	6,5 – 8,4
Oxígeno disuelto	mg/L	7,01	6,77	6,74	6,36	8,37	≥ 4	≥ 5
Conductividad eléctrica	µS/cm	70,4	70,1	115,4	124,3	125	2 500	5 000
Aceites y Grasas	mg/L	< 0,100	< 0,100	0,466	< 0,100	< 0,100	5	10
Sólidos Totales Suspendidos	mg/L	< 2	< 2	< 2	< 2	5	---	---
Metales								
Aluminio Total	mg/L	0,006	0,045	0,1	0,098	0,104	5	5
Arsénico Total	mg/L	0,00091	0,00111	0,00124	0,00114	0,00119	0,1	0,2
Bario Total	mg/L	0,0107	0,0105	0,0018	0,0149	0,02	0,7	**
Berilio Total	mg/L	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	0,1	0,1
Boro Total	mg/L	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	1	5
Cadmio Total	mg/L	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	0,01	0,05
Cobalto Total	mg/L	< 0,00003	< 0,00003	< 0,00003	< 0,00003	0,00039	0,05	1
Cobre Total	mg/L	< 0,0003	< 0,0003	0,0005	0,0006	0,0136	0,2	0,5
Cromo Total	mg/L	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,1	1
Hierro Total	mg/L	0,33	0,34	0,12	0,14	0,58	5	**
Litio Total	mg/L	0,0003	0,0003	< 0,0001	< 0,0001	0,0003	2,5	2,5
Magnesio Total	mg/L	1,1	1,22	2,62	2,5	1,54	**	250
Manganeso Total	mg/L	0,00889	0,00785	0,00794	0,01489	0,18899	0,2	0,2
Mercurio Total	mg/L	< 0,00007	< 0,00007	< 0,00007	< 0,00007	< 0,00007	0,001	0,01
Níquel Total	mg/L	< 0,0009	< 0,0009	< 0,0009	< 0,0009	< 0,0009	0,2	1
Plomo Total	mg/L	< 0,00006	< 0,00006	< 0,00006	< 0,00006	0,00011	0,05	0,05
Selenio Total	mg/L	< 0,00004	< 0,00004	< 0,00004	< 0,00004	< 0,00004	0,02	0,05
Zinc Total	mg/L	< 0,002	0,007	0,002	0,017	0,04	2	24

Nota: Datos extraídos de los informes de ensayo N.º SAA-19/00486 y SAA-19/00489 AGQ Perú y N.º 42959/2019 y 44101/2019 - ALS LS Perú.

○ Caudales

En la Tabla 6.6 se presenta los caudales de los cuerpos de agua evaluados en la zona IV, donde se tuvo condiciones para su medición. Cabe mencionar que, los puntos de muestreo fueron ubicados aguas arriba y aguas abajo de los puntos de captación para riego del corredor vial Apurímac-Cusco.

Tabla 6.6. Caudales de los puntos de muestreo de la zona IV

Cuerpo de agua	Punto de toma de agua para riego	Código OEFA	Caudal (L/s)	Observación
Quebrada Tiendachayoc 2	---	AS-49	3,95	Aguas arriba de ANA-63
	ANA-63	---	---	Punto inactivo durante el monitoreo
	---	AS-50	4,63	Aguas abajo de ANA-35
Quebrada Tiendachayoc 1	---	AS-51	9,14	Aguas arriba de ANA-63
	ANA-42	---	---	Punto activo durante el monitoreo
	---	AS-52	8,74	Aguas abajo de ANA-35
Quebrada sin nombre 2*	---	AS-PHUI	---	---

Activo: Punto de toma de agua para el riego del corredor vial Apurímac-Cusco en actividad.

Inactivo: Durante el monitoreo no tomaban agua para el riego del corredor vial Apurímac-Cusco de este punto.

*No se realizó la medición de caudal

6.1.5. Zona V: Ccapacmarca

• Ambientes lénticos

En la Tabla 6.7 se presenta los resultados del agua de la laguna Orccococha, comparados con los ECA para agua Cat.4 - E1, donde se puede apreciar que el pH excede el rango establecido en la normativa referida; mientras que los demás parámetros evaluados cumplieron con la normativa mencionada.

Tabla 6.7. Características fisicoquímicas de la laguna Orccococha

Cuerpo de agua		Laguna Orccococha	Estándares de Calidad Ambiental para Agua Decreto supremo N° 004-2017-MINAM
Código		AS-62	Categoría 4: Conservación del ambiente acuático
E1: Lagunas y lagos			
pH	Unid. de pH	10,19	6,5 -9,0
Oxígeno disuelto	mg/L	7,49	≥ 5
Conductividad eléctrica	μS/cm	51,4	1000
Aceites y Grasas (IR)	mg/L	< 0,100	5
Sólidos Totales Suspendidos	mg/L	4	≤ 25
Metales			
Antimonio Total	mg/L	0,00071	0,64
Arsénico Total	mg/L	0,00109	0,15
Bario Total	mg/L	0,0017	0,7
Cobre Total	mg/L	0,0007	0,1
Mercurio Total	mg/L	< 0,00007	0,0001
Níquel Total	mg/L	< 0,0009	0,052
Plomo Total	mg/L	< 0,00006	0,0025
Selenio Total	mg/L	< 0,00004	0,005
Talio Total	mg/L	< 0,00001	0,0008
Zinc Total	mg/L	0,008	0,12

Nota: Datos extraídos de los informes de ensayo N.° SAA-19/00488 AGQ Perú y N.° 44975/2019 ALS LS Perú.

• Ambientes lóticos

○ pH

En la Figura 6.11 se representa gráficamente los valores de potencial de hidrógeno (pH) de los cuerpos de agua lóticos evaluados en la zona V, donde se puede apreciar que en las quebradas Ccochapata (AS-64), Pinco (AS-65) y Cotaña (AS-68) el pH fue ligeramente alcalino e incumplió con el rango establecido en los ECA para agua (2017) Cat. 3 - D1 (6,5 – 8,5 unidad de pH) y D2 (6,5 – 8,4 unidad de pH). Es importante mencionar que, el pH en los otros cuerpos de agua evaluados se encontró dentro del rango establecido en la normativa antes mencionada.

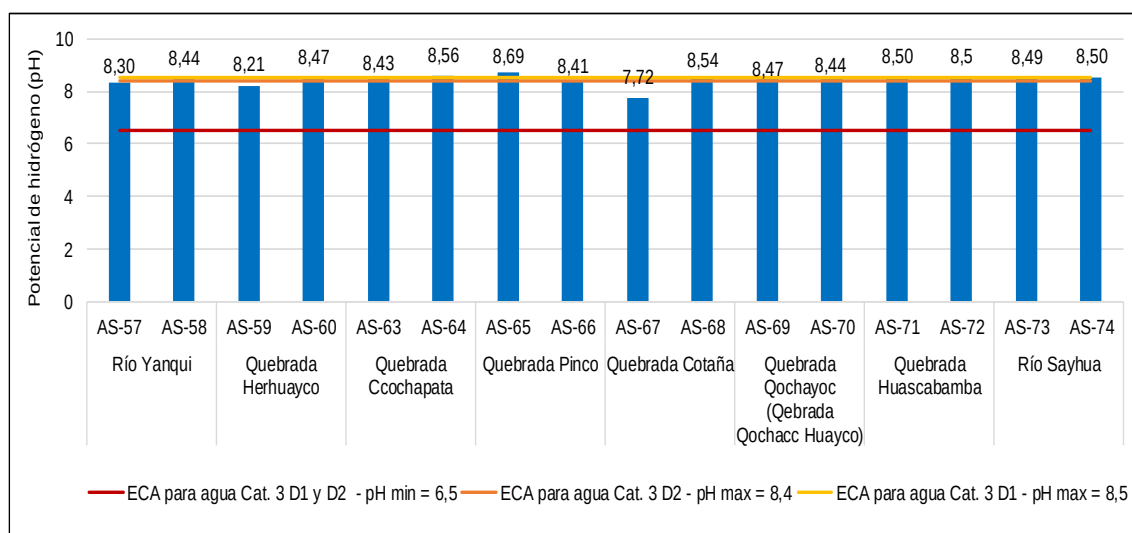


Figura 6.11. Potencial de hidrogeno (pH) en los cuerpos de agua lóticos evaluados en la zona V

○ Caudales

En la Tabla 6.8 se presenta los caudales de los cuerpos de agua evaluados en la zona V, donde se tuvo condiciones para su medición. Cabe mencionar que, los puntos fueron ubicados aguas arriba y abajo de los puntos de captación para riego del corredor vial Apurímac-Cusco.

Tabla 6.8. Caudales de los puntos de muestreo de la zona V

Cuerpo de agua	Punto de toma de agua para riego	Código OEFA	Caudal (L/s)	Observación
Río Yanqui	---	AS-57*	---	Aguas arriba de ANA-41, no se realizó la medición del caudal porque el cuerpo de agua es derivado en dos cauces.
	ANA-41	---	---	Punto activo durante el monitoreo
	---	AS-58	56,85	Aguas abajo de ANA-41
Quebrada Herhuayco	---	AS-59	26,86	Aguas arriba de ANA-45
	ANA-45	---	---	Punto inactivo durante el monitoreo
	---	AS-60	20,28	Aguas abajo de ANA-45
Quebrada Ccochapata	---	AS-63	4,65	Aguas arriba de ANA-15
	ANA-15	---	---	Punto inactivo durante el monitoreo

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

Cuerpo de agua	Punto de toma de agua para riego	Código OEFA	Caudal (L/s)	Observación
	---	AS-64	3,4	Aguas abajo de ANA-15
Quebrada Pinco	---	AS-65	62,69	Aguas arriba de ANA-14
	ANA-14	---	---	Punto activo durante el monitoreo
	---	AS-66	63,83	Aguas abajo de ANA-14
Quebrada Cotaña	---	AS-67	0,25	Aguas arriba de ANA-12
	ANA-12	---	---	Punto inactivo durante el monitoreo
	---	AS-68	1,13	Aguas abajo de ANA-12
Quebrada Qochayoc (Qochacc Huayco)	---	AS-69	35,97	Aguas arriba de ANA-11
	ANA-11	---	---	Punto inactivo durante el monitoreo
	---	AS-70	34,64	Aguas abajo de ANA-11
Quebrada Huascabamba	---	AS-71	21,45	Aguas arriba de ANA-9
	ANA-9	---	---	Punto inactivo durante el monitoreo
	---	AS-72	2,95	Aguas abajo de ANA-9
Río Sayhua*	---	AS-73	--	Aguas arriba de ANA-10
	ANA-10	---	---	Punto activo durante el monitoreo
	---	AS-74	--	Aguas abajo de ANA-10

Activo: Punto de toma de agua para el riego del corredor vial Apurímac-Cusco en actividad.

Inactivo: Durante el monitoreo no tomaban agua para el riego del corredor vial Apurímac-Cusco de este punto.

*No se realizó la medición de caudal.

6.2 Sedimento

6.2.1. Zona I: Livitaca

• Ambientes lénticos

En la Tabla 6.9 se presenta las concentraciones de metales en el sedimento de laguna Huaylla Huaylla, comparado referencialmente con los valores de la guía de calidad ambiental de Canadá - CEQG, donde se observa que, aunque existe presencia de cobre (10,9 mg/kg), cromo (23,1 mg/kg) y zinc (41,5 mg/kg), ninguna concentración superó los valores la guía antes mencionada.

Tabla 6.9. Concentración de metales en sedimento de la laguna Huaylla Huaylla

Cuerpo de agua		Laguna Huaylla Huaylla	Guía Canadiense	
Metales	Unidad	SED-09	ISQG	PEL
Arsénico	mg/kg	< 17,5	5,9	17
Cadmio	mg/kg	< 1,0	0,6	3,5
Cobre	mg/kg	10,9	35,7	197
Cromo	mg/kg	23,1	37,3	90
Mercurio	mg/kg	< 0,10	0,17	0,486
Plomo	mg/kg	< 10	35	91,3
Zinc	mg/kg	41,5	123	315

Nota: Datos extraídos del informe de ensayo N.º 42317/2019 ALS LS Perú.

• Ambientes lóticos

Las concentraciones de metales en los sedimentos de los ambientes lóticos de la zona I, comparados referencialmente con los estándares ISQG y PEL establecidos en la guía de calidad ambiental de Canadá - CEQG, se presentan en la Tabla 6.10; donde se observa que, aunque hay presencia de los metales cobre, cromo y zinc, en todos los puntos de muestreo de sedimento, ninguno de los valores superó la guía mencionada.

Tabla 6.10. Concentración de metales en sedimento en ambientes lóticos de la zona I

Cuerpo de agua		Estanque Huaylla Huaylla	Quebrada Llacupe 01		Quebrada Huaylla Huaylla	Bofedal Soraccocha		Guía Canadiense	
Código		SED-01	SED-07	SED-08	SED-11	SED-13	SED-14	ISQG	PEL
Arsénico	mg/kg	< 17,5	< 17,5	< 17,5	< 17,5	< 17,5	< 17,5	5,9	17
Cadmio	mg/kg	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	0,6	3,5
Cobre	mg/kg	24,6	21,5	19,4	9,1	7,9	19,4	35,7	197
Cromo	mg/kg	34,3	19,4	9,1	13,8	7,3	18,4	37,3	90
Mercurio	mg/kg	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,17	0,486
Plomo	mg/kg	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	35	91,3
Zinc	mg/kg	62,6	40,7	58,8	29,2	13,7	48,4	123	315

Fuente: Informe de ensayo N. ° 43217/2019 ALS LS Perú.

6.2.2. Zona II: Velille

• Ambientes lóticos

○ Arsénico

En la Figura 6.12 se presenta las concentraciones de arsénico en los sedimentos de los ambientes loticos en la zona II, donde se puede observar que en los puntos de muestreo SED-33 (31,5 mg/kg) y SED-34 (20,0 mg/kg) ubicados en el río Velille, excedieron los valores ISQG (5,9 mg/kg) y PEL (17 mg/kg) establecidos en la guía de calidad ambiental de Canadá - CEQG, mientras que las concentraciones de los demás puntos estuvieron por debajo del límite de detección (<17,5 mg/kg).

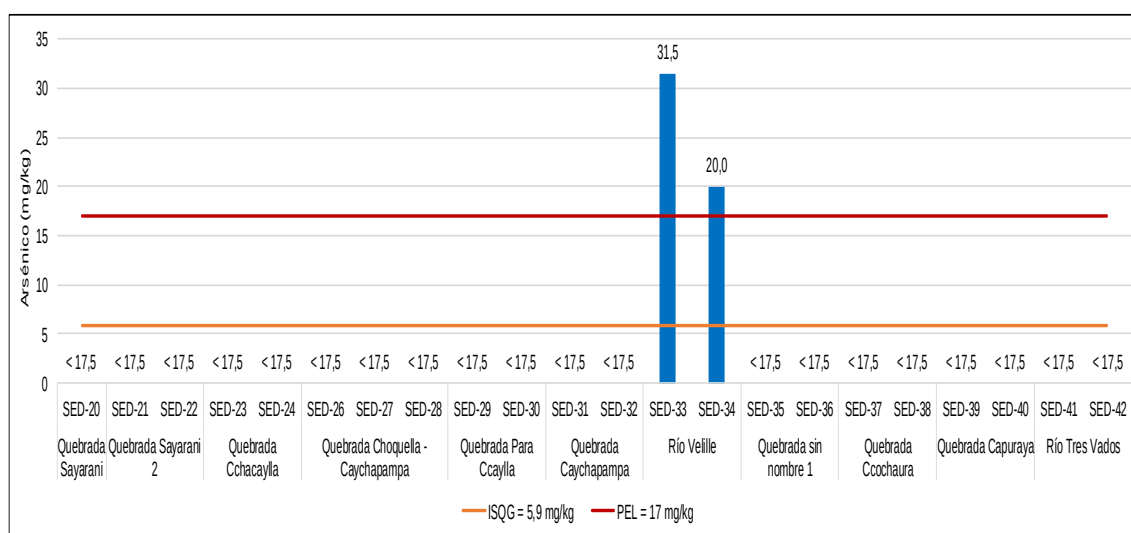


Figura 6.12. Concentraciones de arsénico en los sedimentos de los cuerpos de agua lóticos evaluados en la zona II

○ Cobre

En la Figura 6.13 se aprecia que las concentraciones de cobre en los sedimentos de los puntos de muestreo SED-24 (42,7 mg/kg) ubicado en la quebrada Cchacaylla, SED-30 (44,8 mg/kg) ubicado en la quebrada Para Ccaylla y SED-39 (62,6 mg/kg) ubicado en la quebrada Capuraya excedieron el valor ISQG (35,7 mg/kg), de la guía de calidad ambiental de Canadá - CEQG, mientras que los demás puntos de muestreo presentaron concentraciones que no superaron los valores ISQG y PEL.

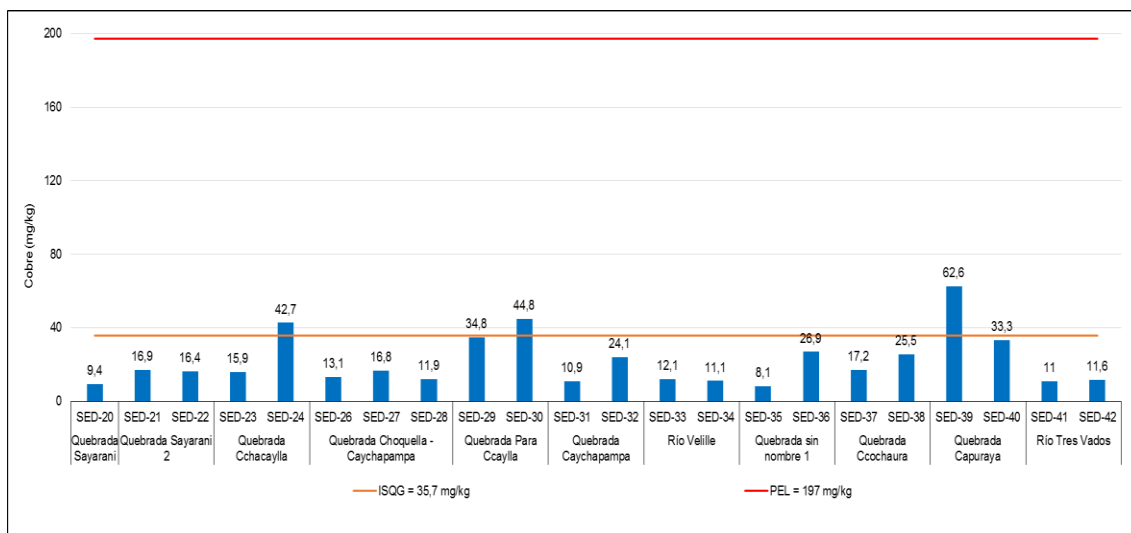


Figura 6.13. Concentraciones de cobre en sedimentos de los cuerpos de agua lóticos evaluados en la zona II

6.2.3. Zona III: Colquemarca

• Ambientes lóticos

○ Cobre

En la Figura 6.14 se aprecia las concentraciones de cobre en los sedimentos de los ambientes lóticos evaluados en la zona III, donde se puede observar que en el punto de muestreo SED-44 (40 mg/kg) ubicado en el río Cascamayo, excedió el valor ISQG (35,7 mg/kg), de la guía de calidad ambiental de Canadá – CEQG. En los demás puntos de muestreo las concentraciones registradas cumplieron con los valores ISQG y PEL.

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

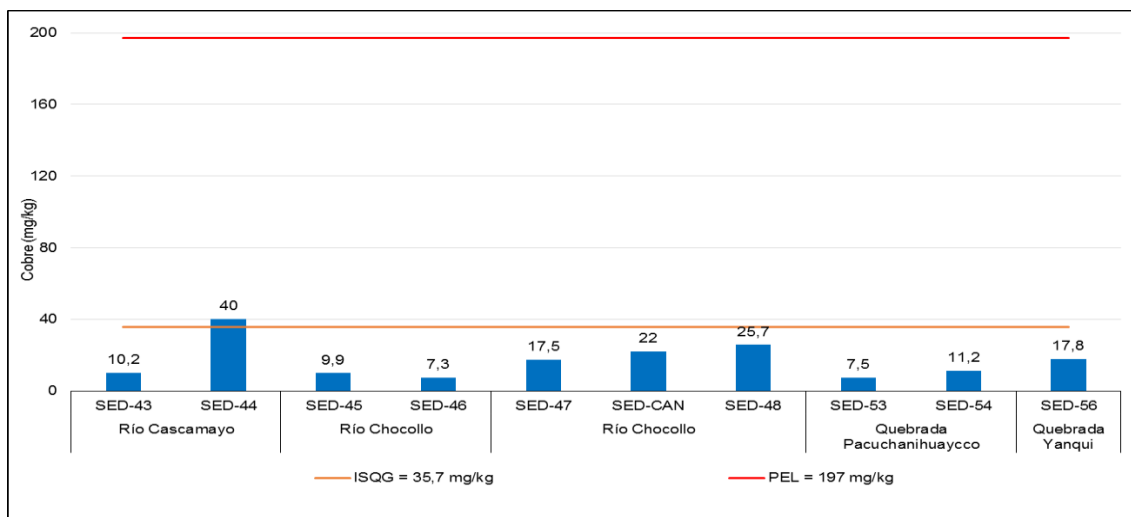


Figura 6.14. Concentraciones de cobre en los sedimentos de los cuerpos de agua lóticos evaluados en la zona III

6.2.4. Zona IV: Santo Tomás

- Ambientes lóticos

- Cobre

En la Figura 6.15 se presenta las concentraciones de cobre en los sedimentos de los cuerpos evaluados en la zona IV, donde se puede apreciar que en el punto de muestreo SED-52 (37,4 mg/kg) ubicado en la quebrada Tiendachayoc 1, excedió ligeramente el valor ISQG (35,7 mg/kg), de la guía de calidad ambiental de Canadá – CEQG; mientras que los demás puntos de muestreo presentaron concentraciones que no superaron los valores ISQG y PEL.

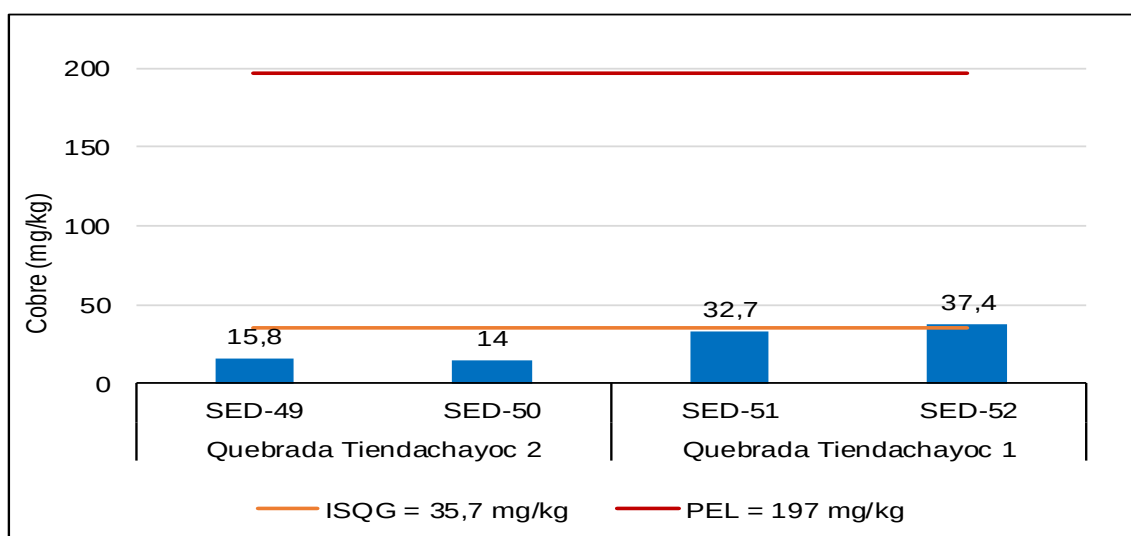


Figura 6.15. Concentraciones de cobre en los sedimentos de los cuerpos de agua lóticos evaluados en la zona IV

6.2.5. Zona V: Ccapacmarca

• Ambientes lóticos

○ Arsénico

En la Figura 6.16 se presenta las concentraciones de arsénico en los sedimentos de los cuerpos de agua lóticos evaluados en la zona V, donde se puede observar en el punto de muestreo SED-57 (37,5 mg/kg) ubicado en el río Yanqui, excedió los valores ISQG (5,9 mg/kg) y PEL (17 mg/kg) establecidos en la guía de calidad ambiental de Canadá – CEQG; mientras que en los demás puntos de muestreo las concentraciones estuvieron por debajo del límite de detección (<17,5 mg/kg).

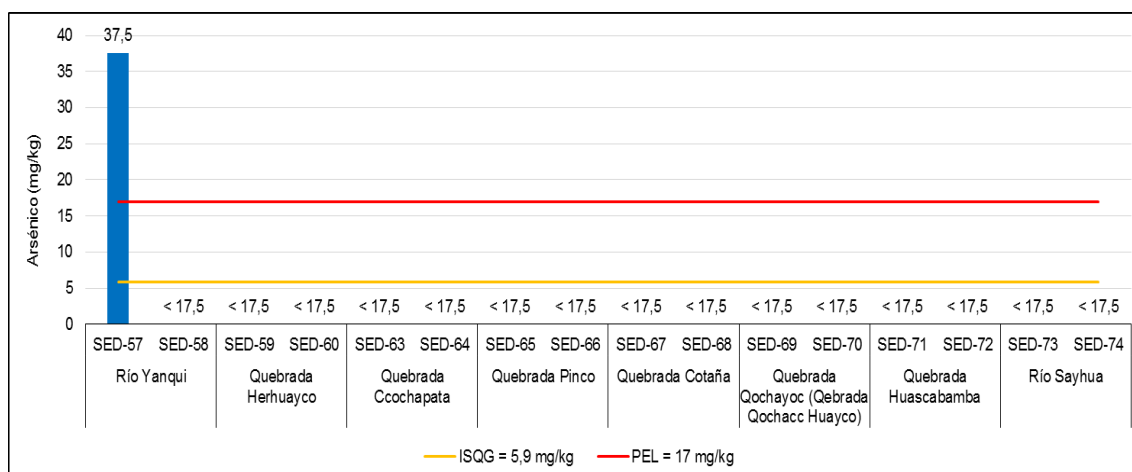


Figura 6.16. Arsénico en los sedimentos de los cuerpos de agua lóticos evaluados en la zona V

○ Cadmio

En la Figura 6.17 se presenta las concentraciones de cadmio en los sedimentos de los cuerpos de agua lóticos evaluados en la zona V, donde se puede apreciar que la concentración de cadmio en el punto de muestreo SED-57 (2,8 mg/kg) ubicado en el río Yanqui, excedió el valor ISQG (0,6 mg/kg) de la guía de calidad ambiental de Canadá - CEQG. En los demás puntos de muestreo las concentraciones de cadmio registradas estuvieron por debajo del límite de detección (<1,0 mg/kg).

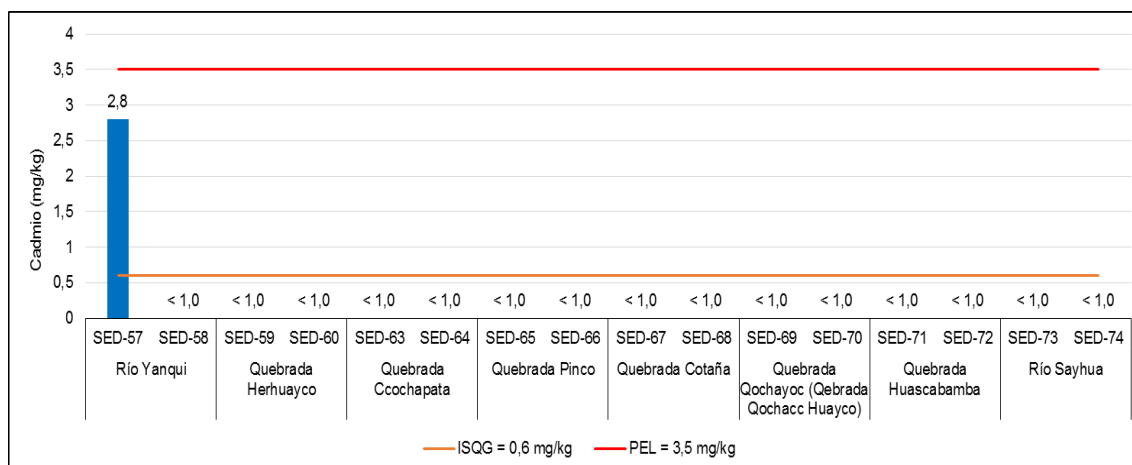


Figura 6.17. Concentraciones de cadmio en los sedimentos de los cuerpos de agua lóticos evaluados en la zona V

○ Cobre

En la Figura 6.18 se presenta las concentraciones de cobre en los sedimentos de los cuerpos de agua lóticos evaluados en la zona V, donde se observa que en los puntos de muestreo SED-57 (76,1 mg/kg) y SED-58 (50,6 mg/kg) ubicados en el río Yanqui, SED-60 (45,6 mg/kg) ubicado en la quebrada Herhuayco, SED-64 (43,4 mg/kg) ubicado en la quebrada Ccochapata, SED-68 (176 mg/kg) ubicado en la quebrada Cotaña y SED-70 (83 mg/kg) ubicado en la quebrada Qochacc Huayco, excedieron el valor ISQG (35,7 mg/kg) establecido en la guía de calidad ambiental de Canadá – CEQG. Los demás puntos de muestreo presentaron concentraciones que no superaron los valores ISQG y PEL.

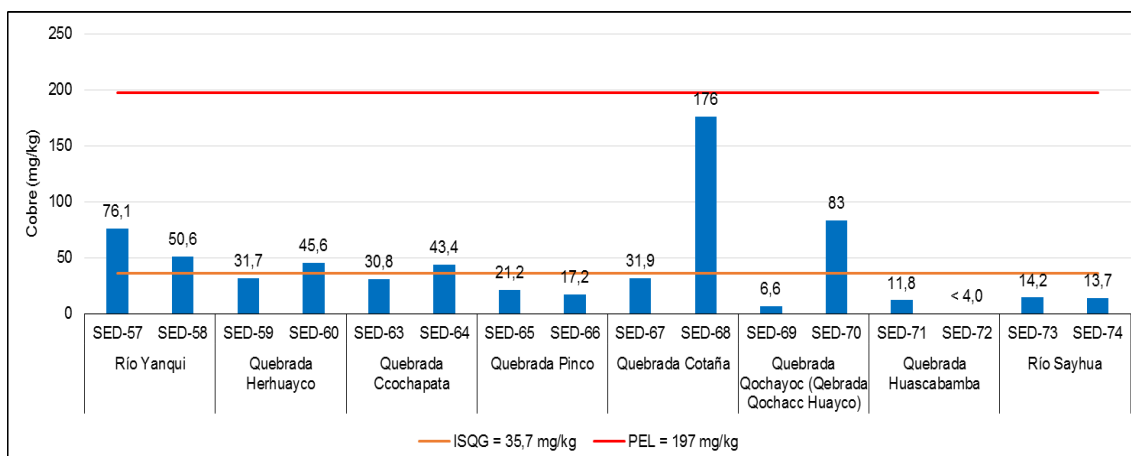


Figura 6.18. Concentraciones de cobre en los sedimentos de los cuerpos de agua lóticos evaluados en la zona V

○ Mercurio

En la Figura 6.19 se aprecia que las concentraciones de mercurio en los sedimentos encontrada en los ambientes lóticos evaluados en la zona V, donde se puede observar que en el punto de muestreo SED-67 (0,38 mg/kg) ubicado en la quebrada Cotaña, excedió el valor ISQG (0,17 mg/kg) de la guía de calidad ambiental de Canadá – CEQG, además en el punto de muestreo SED-68 (0,12 mg/kg), también ubicado en la quebrada Cotaña, presentó presencia de mercurio, pero no superó los valores ISQG y PEL. En los demás puntos de muestreo las concentraciones de mercurio estuvieron por debajo del límite de detección (<0,1 mg/kg)

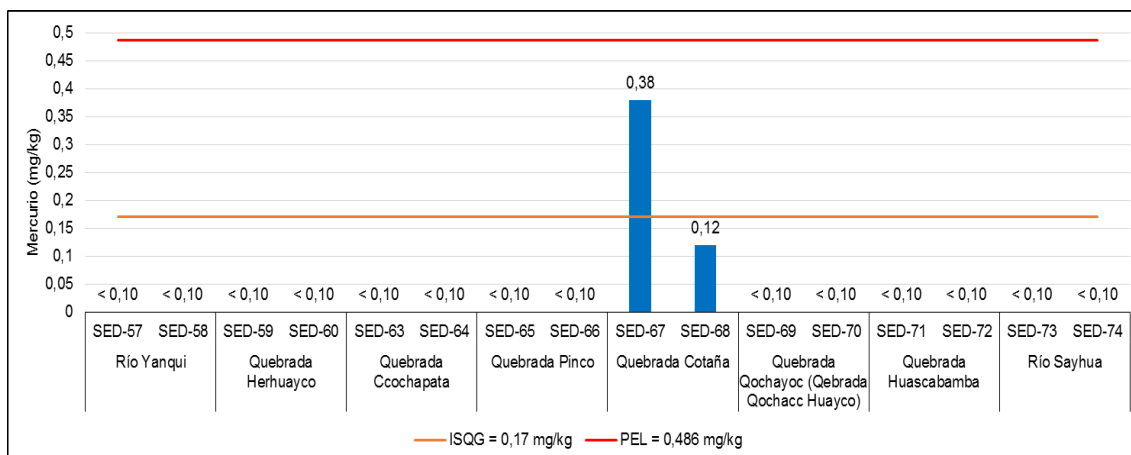


Figura 6.19. Concentraciones de mercurio en los sedimentos de los cuerpos de agua lóticos evaluados en la zona V

○ Plomo

En la Figura 6.20 se aprecia que las concentraciones de plomo en los sedimentos encontrados en los cuerpos de agua lóticos evaluados en la zona V, donde se puede observar que en los puntos de muestreo SED-57 (509 mg/kg) y SED-58 (219 mg/kg), ubicados en el río Yanqui, excedieron los valores ISQG (35 mg/kg) y PEL (91,3 mg/kg) de la guía de calidad ambiental de Canadá - CEQG, mientras que en los demás puntos de muestreo las concentraciones registradas cumplieron con los valores ISQG y PEL.

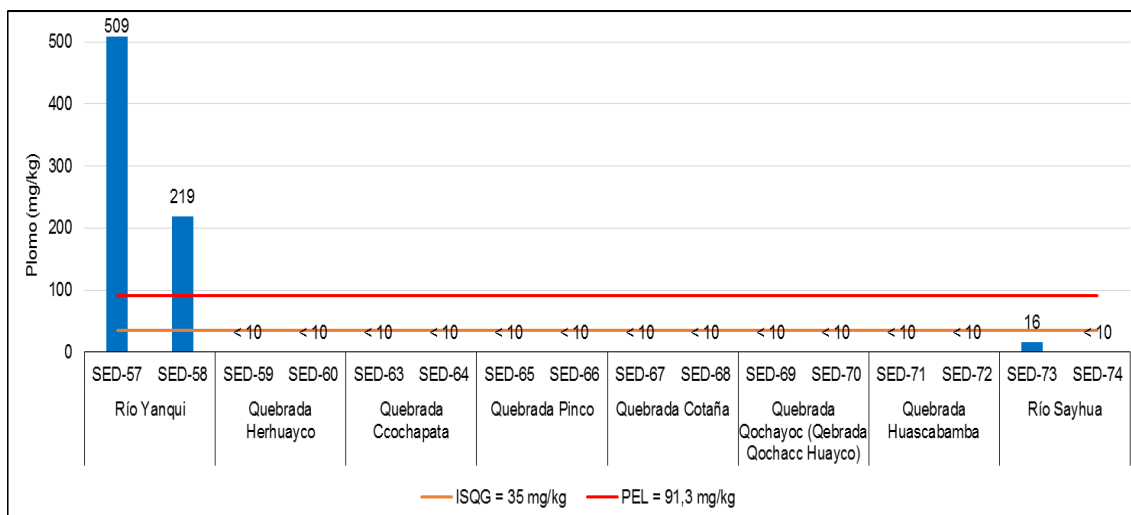


Figura 6.20. Concentraciones de plomo en los sedimentos de los cuerpos de agua lóticos evaluados en la zona V

○ Zinc

En la Figura 6.21, se presenta las concentraciones de zinc encontrados en los sedimentos de los cuerpos de agua lóticos evaluados en la zona V, donde se puede observar que en el río Yanqui la concentración de zinc en el punto de muestreo SED-57 (342,4 mg/kg) excedió los valores ISQG (123 mg/kg) y PEL (315 mg/kg), mientras que el punto SED-58 (187,4 mg/kg) solo excedió el valor ISQG, establecidos en la guía de calidad ambiental de Canadá – CEQG. El resto de puntos de muestreo presentaron concentraciones de zinc que no superaron los valores de la guía mencionada.

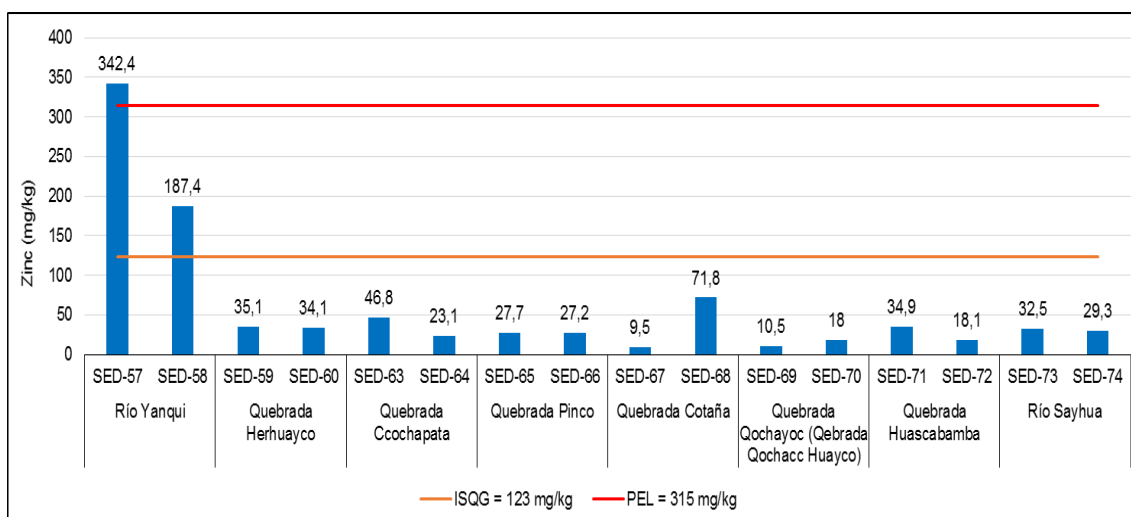


Figura 6.21. Zinc en los sedimentos de los cuerpos de agua lóticos evaluados en la zona V

6.3 Comunidades hidrobiológicas

A continuación, se presentan los resultados obtenidos del análisis de las comunidades hidrobiológicas en el ámbito del Corredor vial Apurímac-Cusco que atraviesa la provincia de Chumbivilcas, evaluada en el mes de julio de 2019.

Para un mejor entendimiento, las gráficas están diseñadas de acuerdo al recorrido altitudinal de cada cuerpo de agua (ríos, quebradas y lagunas), los cuales están influenciados por las captaciones de agua para uso de riego.

6.3.1. Zona I: Livitaca

• Ambientes lénticos

El cuerpo de agua léntico evaluado en la zona I: Livitaca fue la laguna Huaylla Huaylla, la cual fue estudiada en 2 puntos de muestreo HB-9 y HB-10.

○ Macroinvertebrados bentónicos

– Composición, riqueza, densidad y diversidad alfa

La comunidad de macroinvertebrados bentónicos en cuerpos de agua lénticos de la zona I: Livitaca estuvo representada por 6 especies, agrupadas en 5 familias, 2 órdenes y 2 clases, pertenecientes a 2 phyla (Anexo 3).

En las Figuras 6.22, 6.23 y 6.24 se observa el comportamiento y distribución de la riqueza, densidad y diversidad alfa respectivamente de los grupos de especies macroinvertebrados bentónicos registradas la laguna Huaylla Huaylla, donde se registró lo siguiente:

En la laguna Huaylla Huaylla en el punto de muestreo HB-10 se registró la mayor densidad con 5 organismos/0,27m² y la mayor riqueza con 40 especies con respecto al punto de muestreo HB-09; siendo más frecuentes los órdenes Rhynchobdellida, Hemiptera y Amphipoda con el dominio de las especies *Helobdella* sp., *Ectemnostega* sp. y *Hyalrella* sp. El punto de muestreo HB-10 a su vez presentó los mayores valores de diversidad, siendo la dominancia de Simpson baja, reflejando una comunidad de macroinvertebrados homogénea. Los organismos de la clase Clitellata presentaron una abundancia alta en la laguna, siendo la especie más frecuente la especie *Helobdella* sp.

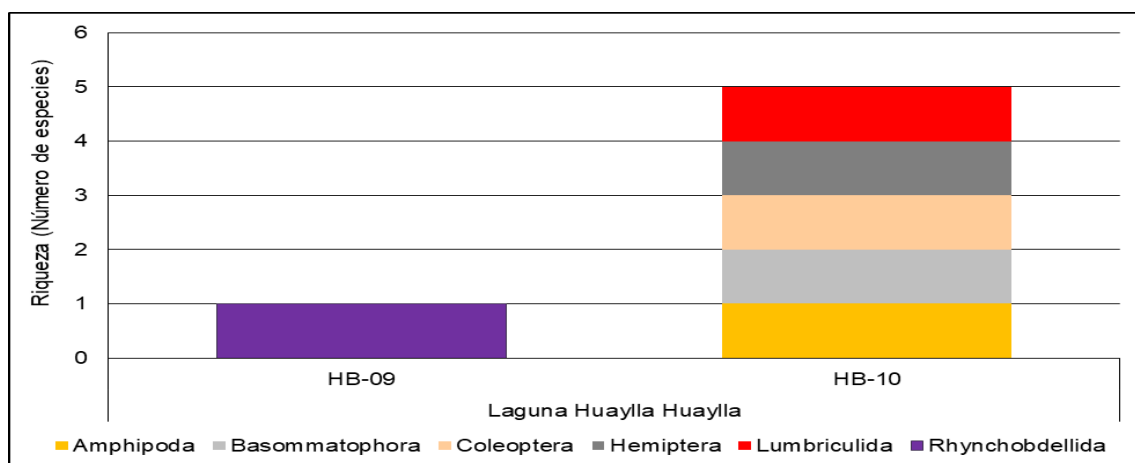


Figura 6.22. Riqueza (número de especies) de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en la zona I

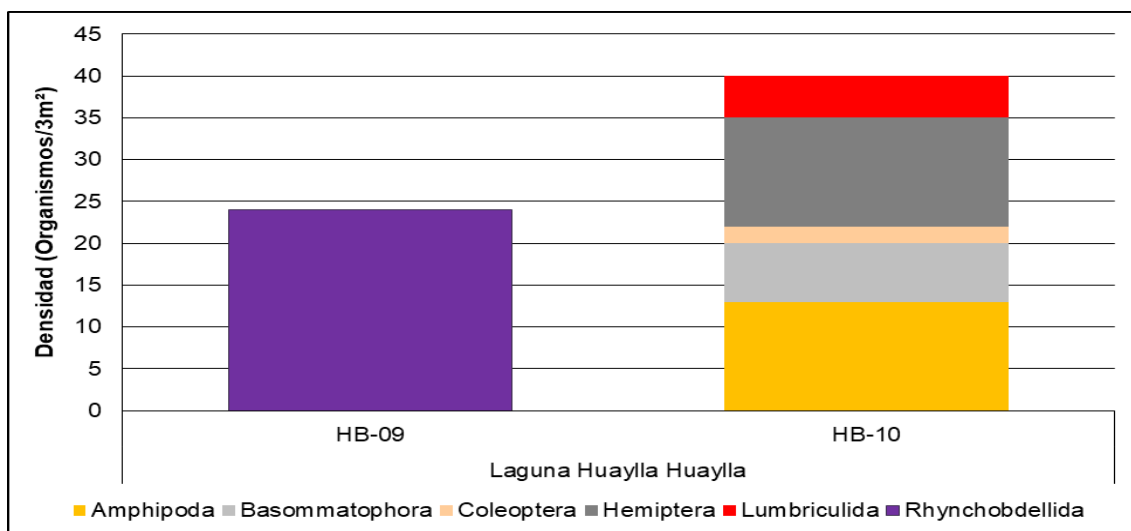


Figura 6.23. Densidad (abundancia) de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en la zona I

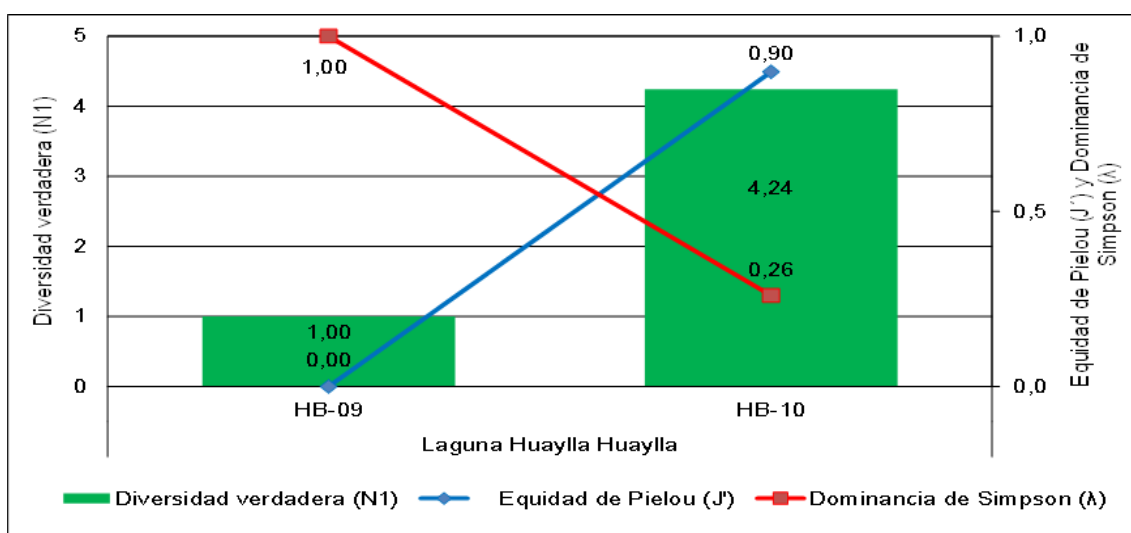


Figura 6.24. Diversidad alfa de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en la zona I

○ Peces

La colecta de peces en la zona I fue realizada en la laguna Huaylla- Huaylla en el punto de evaluación (HB-10).

– Composición, riqueza, densidad

Fue registrada sólo una especie de pez *Orestias mundus*, perteneciente al orden Cyprinodontiformes (Figura 6.25), esta especie se caracteriza por ser endémica de la región altoandina (Chocano, 2005).



Figura 6.25. *Orestias mundus*

En total se registraron 32 individuos, los cuales fueron capturados mediante pesca eléctrica, con un esfuerzo de pesca de 1070 segundos. Se registraron peces adultos y juveniles cuyas tallas promedio se encuentran entre 95 mm (adultos) y 50 mm (juveniles).

- **Ambientes lóticos**
 - **Macroinvertebrados bentónicos**
 - **Composición, riqueza, densidad y diversidad alfa**

La comunidad de macroinvertebrados bentónicos de ambientes lóticos de la zona I estuvo conformada por 20 especies, agrupados en 17 familias, 12 órdenes y 6 clases pertenecientes a 4 phyla (Anexo 3).

En la Figuras 6.26, 6.27 y 6.28 se observa el comportamiento y distribución de la riqueza, densidad y diversidad alfa respectivamente de los grupos de especies macroinvertebrados bentónicos registradas en los cuerpos de agua, donde se registró lo siguiente:

En la zona de recarga del estanque (HB-01), se registró la densidad de 19 organismos/0,27m² y una riqueza de 5 especies; siendo representado principalmente por los órdenes Díptera y Haptotaxida con el dominio de las taxas Orthocladinae ND y Naididae ND. La diversidad verdadera fue 3,10 (N1), se reportó un alto valor de equidad de Pielou de 0,70 y un moderado valor de dominancia de Simpson de 0,41, lo que indica una distribución homogénea y una baja dominancia del grupo de especies. Cabe mencionar que este punto de muestreo corresponde a una zona de recarga de un bofedal, el cual fue modificado para formar un estanque artificial de almacenamiento de agua.

En la quebrada Llacupe 02 en el punto de muestreo HB-06 ubicado aguas abajo se registró una mayor densidad con 454 organismos/0,27m² y una riqueza de 6 especies, con respecto al punto de muestreo HB-05 que se ubica aguas arriba (5 especies y 330 organismos); este punto de muestreo se encuentra representado principalmente por los órdenes Díptera y Haptotaxida con el dominio de la especie *Cricotopus* sp. y el taxa Naididae ND. La diversidad verdadera fue mayor en el punto de muestreo HB-06 (N1=2,19) con respecto al punto de muestreo HB-05 (N1=1,81), de similar forma se registró un bajo valor de equidad de Pielou de 0,44 a 0,30 y un alto valor de dominancia de Simpson de 0,64 a 0,73, lo que indica una menor distribución homogénea explicada por la dominancia de la especie *Cricotopus* sp. y una lombriz de la clase Clitellata no identificada.

En la quebrada Llacupe 01 en el punto de muestreo HB-08 ubicado aguas abajo del punto de captación para riego de carretera se registró mayor riqueza con 4 especies y una menor densidad con 125 organismos/0,27m² con respecto al punto de muestreo HB-07 (3 especies y 269 organismos), ubicado aguas arriba; siendo representado por los órdenes Díptera y Haplotaxida con el dominio de la especie *Cricotopus* sp. y el taxa Naididae ND. Sin embargo, se registró un mayor valor de diversidad verdadera de 2,29 (N1) en el punto de muestreo HB-07 con respecto al punto de muestreo HB-08, lo que se refleja en el descenso de valor de equidad de Pielou de 0,75 a 0,47 y un aumento de valor de dominancia de Simpson de 0,47 a 0,60, lo que indica una mayor distribución homogénea en el punto de muestreo HB-07 y baja dominancia del grupo de especies con respecto al punto de muestreo HB-08.

En la quebrada Huaylla Huaylla (HB-11), ubicado aguas arriba del punto de captación para riego de carretera, se registró la mayor densidad con 28 organismos/0,27m² y una riqueza de 6 especies; siendo el orden más abundante Trombidiformes. La diversidad verdadera fue 3,76 (N1), presentó también un alto valor de equidad de Pielou de 0,74 y un bajo valor de dominancia de Simpson de 0,35, lo que indica una mayor distribución homogénea y una baja dominancia del grupo de especies. Es importante mencionar que el punto de muestreo ubicado aguas abajo (HB-12) del punto de captación se encontraba seco.

En el Bofedal Sorococha, se observa que la mayor riqueza y abundancia fue obtenida en el punto de muestreo HB-14, ubicado aguas abajo del punto de captación para riego de carretera ANA-54, donde se registró una mayor riqueza con 7 especies y una densidad de 660 organismos/0,27m², con respecto al punto HB-13; siendo los órdenes más frecuentes Díptera y Amphipoda con el dominio de las especies *Cricotopus* sp. y *Hyaella* sp. El mayor valor de diversidad verdadera fue registrado en el punto HB-13 (4,13), en este punto también se registró el mayor valor de equidad de Pielou de (0,88), lo que indica una mayor distribución homogénea de especies en el punto de muestreo HB-13 y baja dominancia del grupo de especies con respecto al punto de muestreo HB-14.

En el bofedal Huaylla-Huaylla (HB-15), registró una densidad de 45 organismos/0,27m² y una riqueza de 3 especies; siendo el orden más frecuente Rhynchobdellida. Los valores de diversidad indicaron una comunidad medianamente desarrollada con dominancia de algunas especies, como *Helobdella* sp.

En el bofedal Huaylla-Huaylla 2 (HB-17) registró la densidad de 1457 organismos/0,27m² y riqueza de 8 especies; siendo los órdenes más abundantes Amphipoda y Ephemeroptera con el dominio de las especies *Hyaella* sp. y *Cloeodes* sp. Este punto de evaluación registró la mayor riqueza y abundancia en la zona de Livitaca.

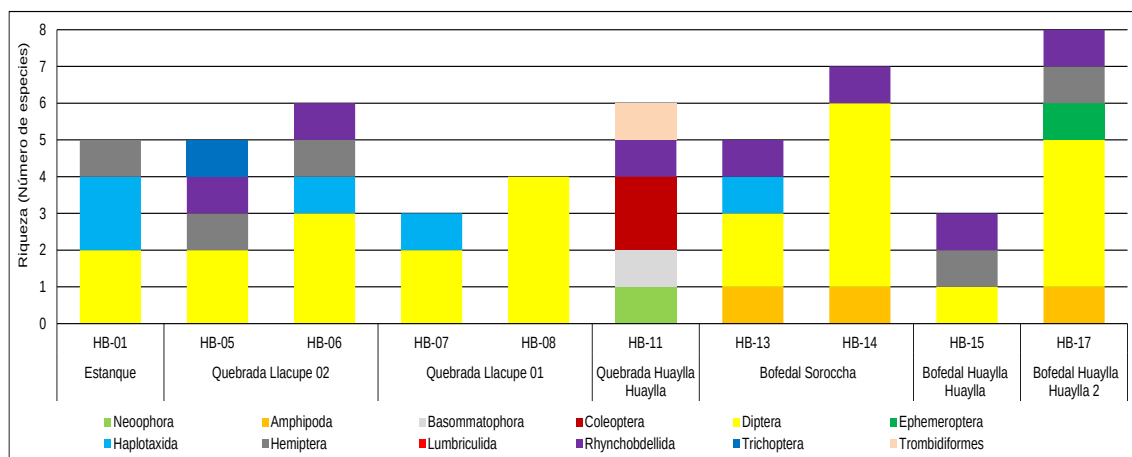


Figura 6.26. Riqueza (número de especies) de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en la zona I

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

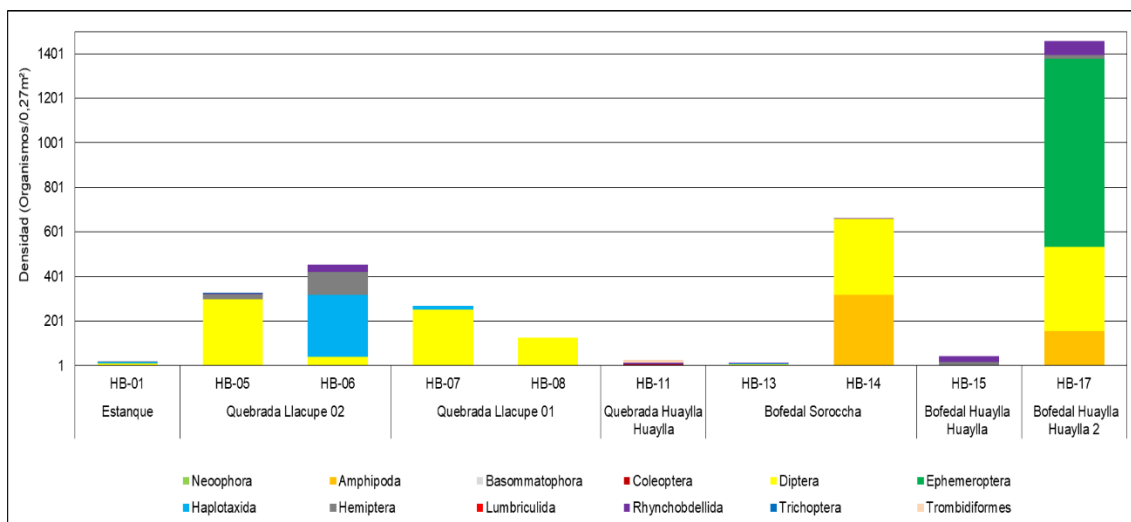


Figura 6.27. Densidad (abundancia) de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en la zona I

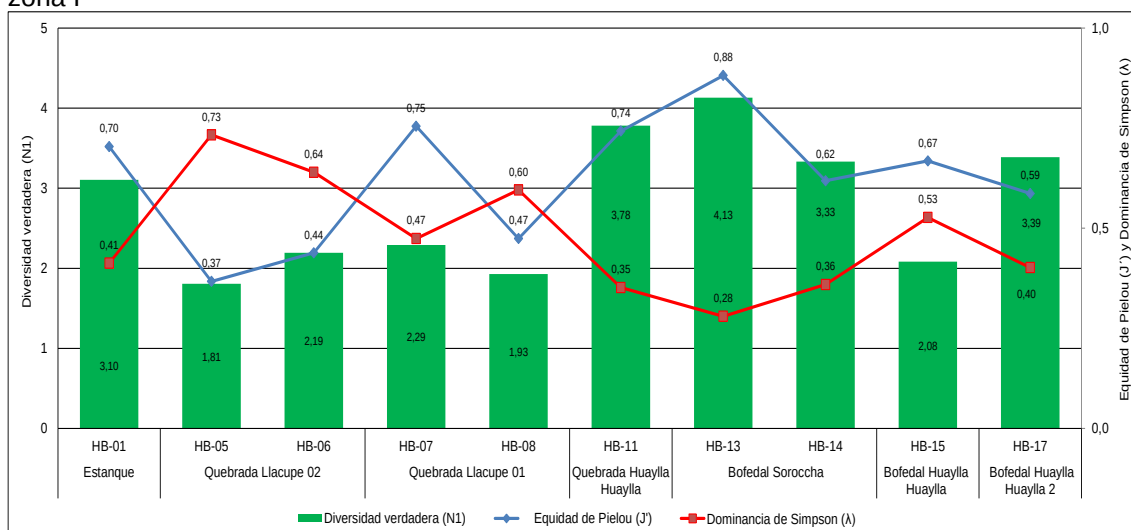


Figura 6.28. Diversidad alfa de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en la zona I

– Resultados del protocolo CERA-S modificado

En la Tabla 6.11 se observa los resultados obtenidos del análisis de la calidad ecológica según el protocolo CERA-S.

Para la calidad hidromorfológica en los puntos de muestreo, se obtuvo mala calidad en el 11,12 %, moderada calidad en el 55,55 % y buena calidad en el 33,33 % del total de puntos evaluados. Esta evaluación es importante porque nos permite medir el grado de degradación del canal fluvial y de la vegetación de ribera adyacente. Se determinó que el punto de muestreo HB-08, presentó una calidad hidromorfológica mala, los demás puntos presentaron un estado ecológico entre moderado y bueno.

Para la calidad biológica (ABI) en los puntos de muestreo se obtuvo mala calidad en el 60 % y pésima calidad en el 40 % del total de puntos evaluados. Esta evaluación nos permite medir el grado de impacto en el cuerpo de agua a través de la tolerancia o sensibilidad de especies macroinvertebrados. Se pudo verificar que los puntos de evaluación HB-07 y HB-08 presentaron una calidad biológica pésima, mientras los demás puntos de muestreo presentaron una calidad biológica mala.

Finalmente, la calidad ecológica se obtuvo a través de una combinación de la calidad hidromorfológica y la calidad biológica registrando una mala calidad en el 60 % y pésima calidad en el 40 % de los puntos de muestreo evaluados. Los puntos evaluados en la quebrada Llacupe 01 (HB-07 y HB-08) presentaron una calidad ecológica pésima. Esta evaluación es importante porque nos permite hacer una medición integral del estado en el que se encuentra el ecosistema e incluye la evaluación tanto de los alrededores del río como del ambiente acuático.

Tabla 6.11. Resultados de la calidad ecológica según el protocolo CERA-S modificado.

Cuerpo de agua	Puntos de muestreo	CERA-S		
		Calidad hidromorfológica	Calidad Biológica (ABI)	Calidad ecológica
Estanque*	HB-01	-	-	-
Quebrada Llacupe 02	HB-05	Moderada (27)	Mala (17)	Mala
	HB-06	Moderada (26)	Mala (11)	Mala
Quebrada Llacupe 01	HB-07	Moderada (23)	Pésima (5)	Pésima
	HB-08	Mala (20)	Pésima (8)	Pésima
Quebrada Huaylla Huaylla	HB-11	Moderada (24)	Mala (20)	Mala
Bofedal Soroccha*	HB-13	Moderada (25)	-	-
	HB-14	Bueno (30)	-	-
Bofedal Huaylla Huaylla*	HB-15	Bueno (31)	-	-
Bofedal Huaylla Huaylla 2*	HB-17	Bueno (28)	-	-

*: Calidad ecológica no aplica para cuerpos de agua lénticos, ni canales.

6.3.2. Zona II: Velille

- **Ambientes lóticos**
- **Macroinvertebrados bentónicos**
- **Composición, riqueza, densidad y diversidad alfa**

La comunidad de macroinvertebrados bentónicos de ambientes lóticos en la zona II estuvo representada por 40 especies, agrupados en 23 familias, 10 órdenes y 4 clases pertenecientes a 3 phyla (Anexo 3).

En la Figuras 6.29, 6.30 y 6.31 se observa el comportamiento y distribución de la riqueza, densidad y diversidad alfa respectivamente de los grupos de especies macroinvertebrados bentónicos registradas en los cuerpos de agua, donde se registró lo siguiente:

En la quebrada Sayarani (HB-20), ubicado aguas abajo del punto de captación para riego de carretera ANA-59, se registró una densidad de 328 organismos/0,27m² y una riqueza de 6 especies; siendo más frecuentes los órdenes Díptera y Plecóptera con el dominio de las especies *Cricotopus* sp. y *Claudioperla* sp. El índice de diversidad verdadera ($N1=4,25$) indica una comunidad moderadamente desarrollada, mientras que el alto valor de equidad de Pielou de 0,81 y un moderado valor de dominancia de Simpson de 0,27, indican una distribución homogénea de la comunidad y una baja dominancia del grupo de especies. Cabe mencionar que el punto ubicado aguas arriba de la quebrada presenta características de un bofedal, con varios canales naturales que discurren entre la vegetación, llegando a confluir y formar una única quebrada aguas abajo.

En la quebrada Sayarani 2 en el punto HB-21, ubicado aguas arriba del punto de captación para riego de carretera ANA-66, registró una mayor densidad con 1778 organismos/0,27m², y mayor riqueza con 15 especies con respecto al punto HB-22 (10 especies y 966 individuos), ubicado aguas abajo del punto de captación; siendo representado por los órdenes Díptera y Ephemeroptera con el dominio de la taxa Orthocladiinae ND. y la especie

Austrelmis sp. La diversidad verdadera fue mayor en el punto de muestreo HB-21 ($N1=6,26$) con respecto al punto de muestreo HB-22 ($N1=4,59$), asimismo se registró un ligero descenso de los valores de equidad de Pielou de 0,68 a 0,66 y un bajo valor de dominancia de Simpson de 0,21 a 0,25, lo que indica una moderada distribución homogénea y baja dominancia del grupo de especies.

En la quebrada Cchacaylla en el punto de muestreo HB-23, ubicado aguas arriba de la quebrada, se registró la mayor densidad con 2170 organismos/0,27m² y mayor riqueza con 18 especies con respecto al punto de muestreo HB-24; siendo los principales órdenes Díptera, Ephemeroptera y Coleoptera con el dominio del taxa Orthocladinae ND. y las especies *Meridialaris* sp., *Austrelmis* sp. La diversidad verdadera fue mayor en el punto de muestreo HB-23 ($N1=6,74$) con respecto al punto HB-24 ($N1=5,47$), asimismo se registró un ligero aumento de los valores de equidad de Pielou de 0,66 a 0,71 y un bajo valor de dominancia de Simpson de 0,20 a 0,25, lo que indica una alta distribución homogénea y baja dominancia del grupo de especies.

En la quebrada Choquilla-Caychapampa en el punto de muestreo HB-27, ubicado aguas arriba del punto de captación para riego de carretera ANA-31, se registró menor densidad de 517 organismos/0,27m², pero mayor riqueza de 17 especies con respecto a los puntos HB-28 y HB-26; siendo más frecuentes los órdenes Díptera, Ephemeroptera y Coleoptera con el dominio de las especies *Cricotopus* sp., *Meridialaris* sp. y *Austrelmis* sp. La diversidad verdadera fue mayor en el punto HB-27 ($N1=6,36$) con respecto a los puntos HB-28 ($N1=3,76$) y HB-26 ($N1=4,72$), asimismo se registró un ligero descenso y aumento de los valores de equidad de Pielou de 0,66 a 0,48 y 0,59, y bajos valores de dominancia de Simpson de 0,23 a 0,33, lo que indica una distribución homogénea de la comunidad de insectos acuáticos.

En la quebrada Para Cchaylla en el punto de muestreo HB-30, ubicado aguas abajo del punto de captación para riego de carretera ANA-47, se registró mayor densidad con 1274 organismos/0,27m² y una riqueza de 12 especies con respecto al punto HB-29; siendo los órdenes más frecuentes Díptera y Ephemeroptera con el dominio de las especies *Cricotopus* sp. y *Andesiops* sp. La diversidad verdadera fue mayor en el punto HB-30 ($N1=5,30$) con respecto al punto HB-29 ($N1=4,80$), asimismo se registró un ligero descenso de los valores de equidad de Pielou de 0,71 a 0,67 y bajos valores de dominancia de Simpson de 0,23 a 0,26, lo que indica una alta distribución homogénea y baja dominancia del grupo de especies.

En la quebrada Caychapampa en el punto de muestreo HB-31 ubicado aguas arriba, se registró una mayor densidad con 723 organismos/0,27m² y la menor riqueza con 6 especies con respecto al punto de muestreo HB-32; siendo más frecuentes los órdenes Díptera y Coleoptera, siendo las especies más dominantes *Cricotopus* sp. y *Austrelmis* sp. La diversidad verdadera fue mayor en el punto HB-32 ($N1=6,52$) con respecto al punto HB-31 ($N1=3,25$), por otro lado, se registró un aumento de los valores de equidad de Pielou de 0,66 a 0,81 y bajos valores de dominancia de Simpson de 0,18 a 0,36, indicando una comunidad de macroinvertebrados homogénea.

En el río Velille en el punto de muestreo HB-33, ubicado aguas arriba, se registró una mayor densidad con 5712 organismos/0,27m² y una menor riqueza con 9 especies con respecto al punto de muestreo HB-34, ubicado agua abajo; siendo principalmente representado por los órdenes Díptera y Ephemeroptera con el dominio de las especies *Cricotopus* sp. y *Andesiops* sp. La diversidad verdadera fue mayor en el punto de muestreo HB-33 ($N1=6,13$) con respecto al punto de muestreo HB-34 ($N1=4,13$), asimismo se registró el descenso de los valores de equidad de Pielou de 0,83 a 0,62 y bajos valores de dominancia de Simpson de 0,19 a 0,36, lo que indica una alta distribución homogénea y baja dominancia del grupo de especies.

En la quebrada sin nombre 1, evaluada en el punto de muestreo HB-36, ubicado aguas abajo, se registró la mayor densidad con 269 organismos/0,27m² y mayor riqueza con 9 especies con respecto al punto de muestreo HB-35 que se ubica aguas arriba; siendo representado principalmente por los órdenes Díptera y Coleóptera con el dominio de las especies *Larsia* sp. y *Austrelmis* sp. La diversidad verdadera fue mayor en el punto HB-36 (N1=3,56) con respecto al punto HB-35 (N1=2,02), asimismo se registró un aumento de los valores de equidad de Pielou de 0,44 a 0,58 y la dominancia de Simpson en el punto de muestreo HB-35 fue mayor (0,69), lo que indica una dominancia de un grupo de especies.

En la quebrada Ccochaura en el punto de muestreo HB-38 se registró mayor densidad con 604 organismos/0,27m² y una riqueza de 11 especies con respecto al punto de muestreo HB-37; siendo los órdenes más frecuentes Díptera y Coleóptera con el dominio de las especies *Cricotopus* sp. y *Austrelmis* sp. La diversidad verdadera fue mayor en el punto HB-38 (N1=5,40) con respecto al punto HB-37 (N1=4,90), asimismo se registró un ligero aumento de los valores de equidad de Pielou de 0,69 a 0,70 y bajo valor de dominancia de Simpson de 0,27.

En la quebrada Capuraya en el punto de muestreo HB-40 se registró mayor densidad con 749 organismos/0,27m² y menor riqueza con 9 especies con respecto al punto de muestreo HB-39; siendo los órdenes más frecuentes Díptera y Coleóptera con el dominio de las especies *Cricotopus* sp. y *Austrelmis* sp. Además, se registró mayor valor de especie efectiva de 0,79 (N1) en el punto de muestreo HB-39 con respecto al punto de muestreo HB-40, asimismo se registró un descenso de los valores de equidad de Pielou de 0,79 a 0,57 y bajos valores de dominancia de Simpson de 0,24 a 0,41.

En el río Tres Vados en el punto de muestreo HB-41 se registró mayor densidad con 693 organismos /0,27m² con respecto al punto de muestreo HB-42, sin embargo, presentaron una riqueza similar de especies; siendo principalmente representado por los órdenes Díptera y Coleóptera con el dominio de las especies *Cricotopus* sp. y *Austrelmis* sp. La diversidad verdadera fue mayor en el punto de muestreo HB-41 (N1=5,79) con respecto al punto de muestreo HB-42 (N1=3,93), asimismo se registró el descenso de los valores de equidad de Pielou de 0,73 a 0,55 y bajos valores de dominancia de Simpson de 0,21 a 0,36.

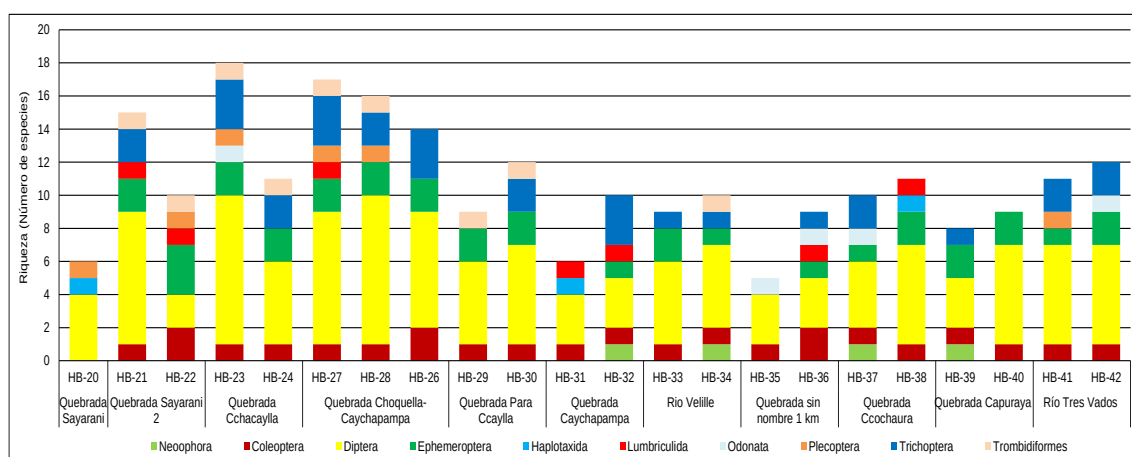


Figura 6.29. Riqueza (Número de especies) de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en la zona II

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

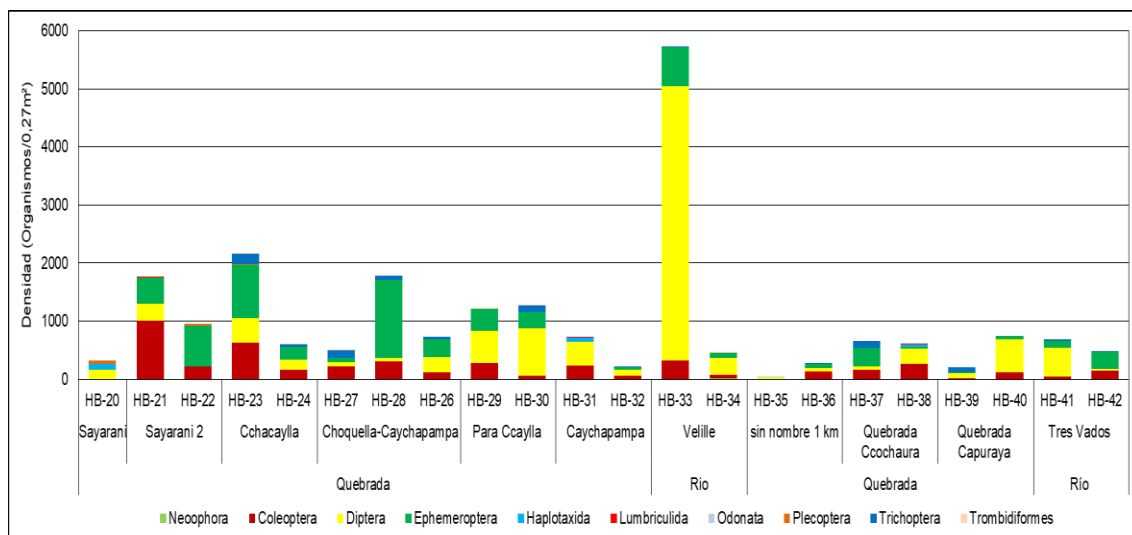


Figura 6.30. Densidad (Abundancia) de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en la zona II

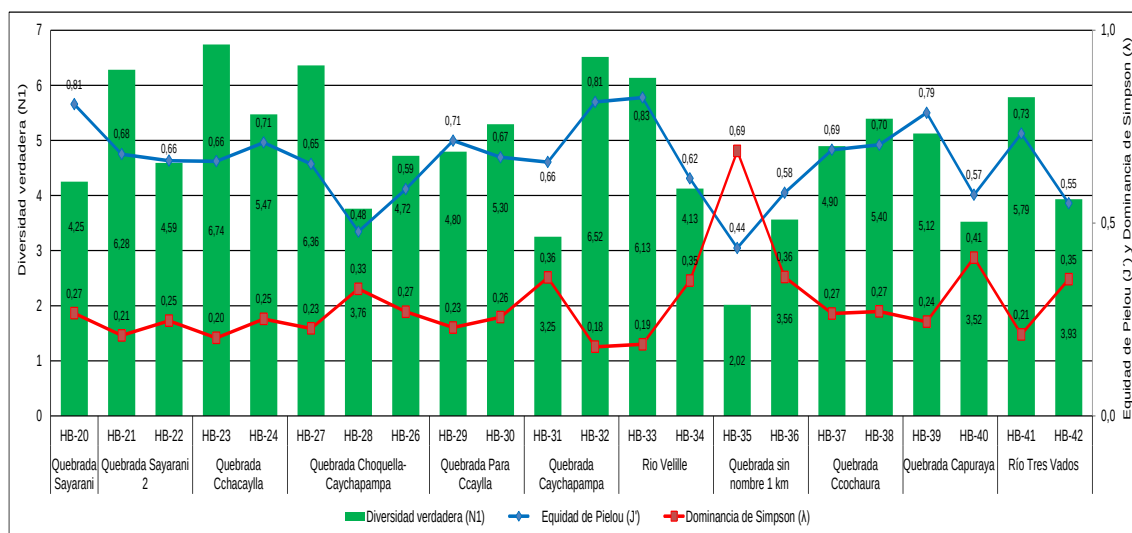


Figura 6.31. Diversidad alfa de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en la zona II

– **Resultados del protocolo CERA-S modificado**

En la Tabla 6.12 se observa los resultados obtenidos del análisis de la calidad ecológica según el protocolo CERA-S.

Para la calidad hidromorfológica en los puntos de muestreo, se obtuvo una moderada calidad en el 27,27% y buena calidad en el 72,73% del total de puntos evaluados. Todos los ambientes estudiados en la zona II presentaron una calidad hidromorfológica entre moderada y buena.

Para la calidad biológica (ABI) en los puntos de muestreo se obtuvo mala calidad en el 22,72 %, moderada calidad en el 54,54% y buena calidad en el 22,18 % del total de puntos evaluados. Según la calidad biológica los puntos HB-20, HB-31, HB-33, HB-35 y HB-40 presentaron un estado biológico malo.

Finalmente, la calidad ecológica se obtuvo a través de una combinación de la calidad hidromorfológica y la calidad biológica registrando una mala calidad en el 22,72 %, moderada calidad en el 59 % y buena calidad en el 18,28 % de los puntos muestreados. Según este análisis los puntos de muestreo HB-20, HB-31, HB-35 y HB-40 presentaron una calidad ecológica mala.

Tabla 6.12. Resultados de la calidad ecológica según el protocolo CERA-S modificado

Cuerpo de agua	Puntos de muestreo	CERA-S		
		Calidad hidromorfológica	Calidad Biológica (ABI)	Calidad ecológica
Quebrada Sayarani	HB-20	Moderada (23)	Mala (13)	Mala
Quebrada Sayarani 2	HB-21	Bueno (32)	Moderada (43)	Moderada
	HB-22	Bueno (31)	Moderada (38)	Moderada
Quebrada Cchacaylla	HB-23	Bueno (31)	Bueno (61)	Bueno
	HB-24	Bueno (29)	Moderada (37)	Moderada
Quebrada Choquella-Caychapampa	HB-27	Bueno (31)	Bueno (60)	Bueno
	HB-28	Bueno (31)	Bueno (60)	Bueno
	HB-26	Bueno (29)	Bueno (53)	Bueno
Quebrada Para Ccaylla	HB-29	Moderada (25)	Moderada (32)	Moderada
	HB-30	Moderada (27)	Bueno (49)	Moderada
Quebrada Caychapampa	HB-31	Bueno (28)	Mala (12)	Mala
	HB-32	Moderada (24)	Moderada (40)	Moderada
Río Velille	HB-33	Moderada (27)	Moderada (28)	Mala
	HB-34	Moderada (26)	Moderada (30)	Moderada
Quebrada sin nombre 1 km	HB-35	Bueno (29)	Mala (12)	Mala
	HB-36	Bueno (30)	Moderada (30)	Moderada
Quebrada Ccochaura	HB-37	Bueno (31)	Moderada (35)	Moderada
	HB-38	Bueno (32)	Moderada (35)	Moderada
Quebrada Capuraya	HB-39	Bueno (30)	Moderada (28)	Moderada
	HB-40	Bueno (31)	Mala (17)	Mala
Río Tres Vados	HB-41	Bueno (32)	Moderada (39)	Moderada
	HB-42	Bueno (32)	Moderada (41)	Moderada

○ **Peces**

– **Composición, riqueza, densidad**

Se registraron 2 órdenes de peces: Siluriformes y Salmoniformes, colectándose un total de 2 especies (*Trichomycterus* cf. *rivulatus* y *Oncorhynchus mykiss*), capturadas con pesca eléctrica (Figura 6.32). Las 2 especies fueron capturadas en los puntos de muestreo HB-23, HB-24 (quebrada Cchacaylla) y HB-30 (quebrada Para Ccaylla), mientras que en la quebrada Sayarani 2 (HB-21 y HB-22) solo se registró una especie *Trichomycterus* cf. *rivulatus*.

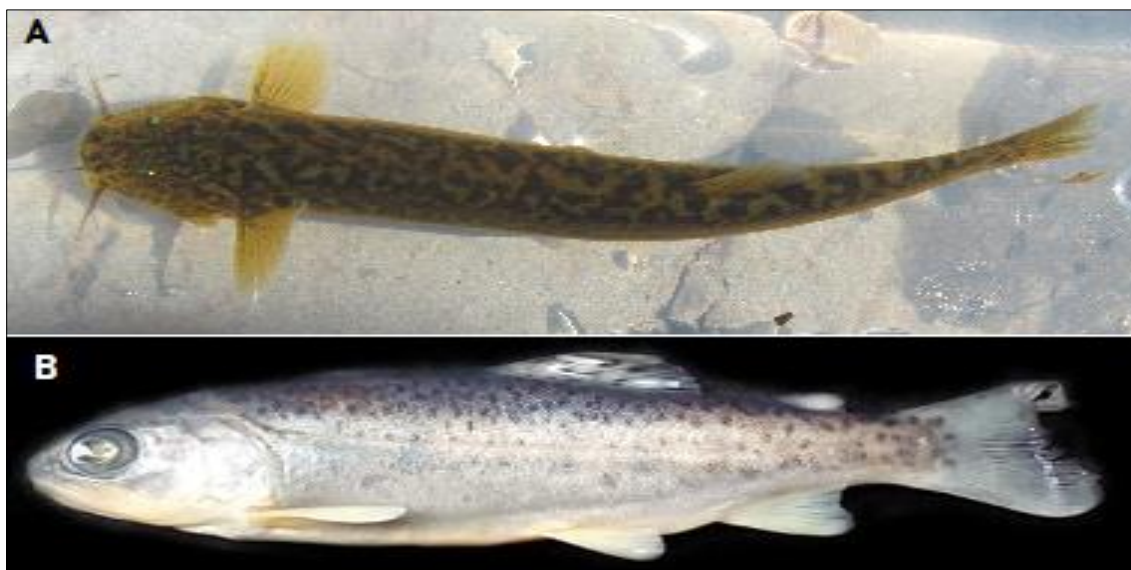


Figura 6.32. A. *Trichomycterus* cf. *rivulatus*, B. *Oncorhynchus mykiss*

En total se registraron 171 individuos, la especie más abundante fue *Trichomycterus* cf. *rivulatus* que presentó 138 especímenes, presentando longitudes entre 25 mm y 120mm y siendo más frecuente en los puntos de muestreo HB-21, HB-23 y HB-30. Mientras que la especie *Oncorhynchus mykiss* reportó 19 individuos con longitudes entre 85 mm y 210 mm. Se observa que la abundancia fue mayor en los puntos ubicados agua arriba de los puntos de captación para riego de carretera (ANA-66, ANA-62 y ANA-31) (Figura 6.33). El esfuerzo de pesca promedio utilizado en cada punto de muestreo fue de 490 segundos.

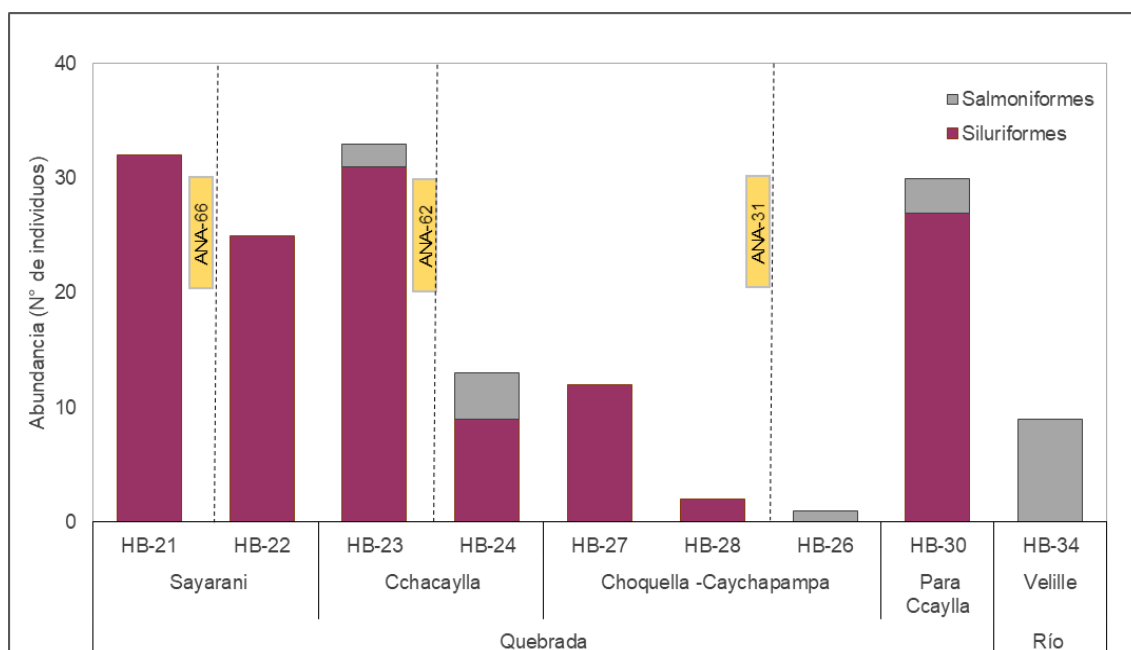


Figura 6.33. Densidad (Abundancia) según orden de la comunidad de peces en la zona II

– Análisis de metales en tejido muscular

El análisis de tejido muscular fue realizado en 2 puntos de muestreo: HB-34 y HB-30, donde se colectaron 3 muestras de tejido muscular de la especie: *Oncorhynchus mykiss* «Trucha», para análisis de metales pesados; cabe señalar que, esta especie está relacionada al

consumo por parte de la población. Los resultados de metales en tejido muscular se detallan en el Anexo 3.

Las concentraciones totales de cadmio, mercurio y plomo no superaron los contenidos máximos requeridos por el Organismo Nacional de Sanidad Pesquera (Sanipes) en los puntos evaluados. En Tabla 6.13 se detalla las concentraciones de metales obtenidas en el tejido muscular de trucha.

Tabla 6.13. Resultados de los análisis de compuestos orgánicos en músculo de peces por puntos de muestreo.

Parámetro	Unidades	Rango	Contenidos máximos (CM)	Río Velille		
		(mg/kg)	(mg/kg)	HB-34B	HB-30	HB-34A
Cadmio total	mg/kg	0,01 - 100	0,05	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
Mercurio total	mg/kg	0,005 - 100	0,50	0,1626	0,0196	0,0930
Plomo total	mg/kg	0,05 - 100	0,30	< 0,003	< 0,003	< 0,003
Especie analizada (nombre científico)				<i>Oncorhynchus mykiss</i>		
Especie analizada (nombre común)				Trucha		

Fuente: Informes de ensayo N.º 43515/2019. ALS LS Perú.

6.3.3. Zona III: Colquemarca

- **Ambientes lóticos**
- **Macroinvertebrados bentónicos**
- **Composición, riqueza, densidad y diversidad alfa**

La comunidad de macroinvertebrados bentónicos en la zona III estuvo representada por 34 especies, agrupados en 34 géneros, 27 familias, 12 órdenes y 5 clases pertenecientes a 3 phyla (Anexo 3).

En las Figuras 6.34, 6.35 y 6.36 se observa el comportamiento y distribución de la riqueza, densidad y diversidad alfa respectivamente de los grupos de especies macroinvertebrados bentónicos registradas en los cuerpos de agua, donde se obtuvo lo siguiente:

En el río Cascamayo en el punto de muestreo HB-43, ubicado aguas arriba del punto de captación para riego de carretera ANA-35, registró mayor densidad con 845 organismos/0,27m², pero menor riqueza con 8 especies con respecto al punto HB-44; siendo representado principalmente por los órdenes Díptera y Ephemeroptera con el dominio de las especies *Cricotopus* sp. y *Andesiops* sp. La diversidad verdadera fue mayor en el punto de muestreo HB-44 (N1=5,79) con respecto al punto de muestreo HB-43 (N1=3,18); asimismo, se registró un aumento de los valores de equidad de Pielou de 0,56 a 0,71 y un bajo valor de dominancia de Simpson de 0,24 a 0,39, lo que indica una moderada distribución homogénea y baja dominancia del grupo de especies.

En el río Chocollo el punto de muestreo HB-48 registró una mayor densidad y riqueza con 1826 organismos/0,27m² y 13 especies respectivamente, con respecto a los puntos de muestreo HB-45, HB-46, HB-47; siendo los órdenes más frecuentes Díptera y Coleoptera con el dominio de las especies *Cricotopus* sp. y *Austrelmis* sp. La diversidad verdadera fue mayor en los puntos HB-47 (N1=4,82) y HB-48 (N1=4,43) con respecto a los puntos de muestreo HB-45 y HB-46, asimismo se registró un aumento de los valores de equidad de Pielou de 0,49 a 0,68 y moderados valores de dominancia de Simpson de 0,29 a 0,47, lo que indicaría la dominancia de las especies *Cricotopus* sp. y *Austrelmis* sp.

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

En la quebrada Pucuchanihuayco en el punto de muestreo HB-54 se registró la mayor densidad con 2116 organismos/0,27m² con respecto al punto de muestreo HB-53, sin embargo, presentaron una riqueza similar con 9 especies; siendo los órdenes más abundantes Coleóptera y Ephemeroptera con el dominio de las especies *Austrelmis* sp. y *Andesiops* sp. La diversidad verdadera fue mayor en el punto HB-53 (N1=3,46) con respecto al punto HB-54 (N1=3,04), asimismo se registró un ligero descenso de los valores de equidad de Pielou de 0,57 a 0,51 y valores moderados de dominancia de Simpson de 0,39 a 0,40. En el punto de muestreo HB-54 se registró la dominancia de la especie *Austrelmis* sp.

En la quebrada Yanqui se registró una mayor densidad en el punto de muestreo HB-55, ubicado aguas arriba del punto de captación para riego de carretera ANA-39, con 828 organismos/0,27m² y una riqueza de 13 especies con respecto al punto de muestreo HB-56; siendo representado principalmente por los órdenes Coleóptera y Ephemeroptera con el dominio de las especies *Austrelmis* sp. y *Meridialaris* sp. La diversidad verdadera fue mayor en el punto HB-55 (N1=4,49) con respecto al punto de muestreo HB-56 (N1=2,16), asimismo se registró un descenso de los valores de equidad de Pielou de 0,59 a 0,35 y aumento de valores de dominancia de Simpson de 0,33 a 0,56, lo que indica una moderada a baja distribución homogénea y moderada dominancia del grupo de especies.

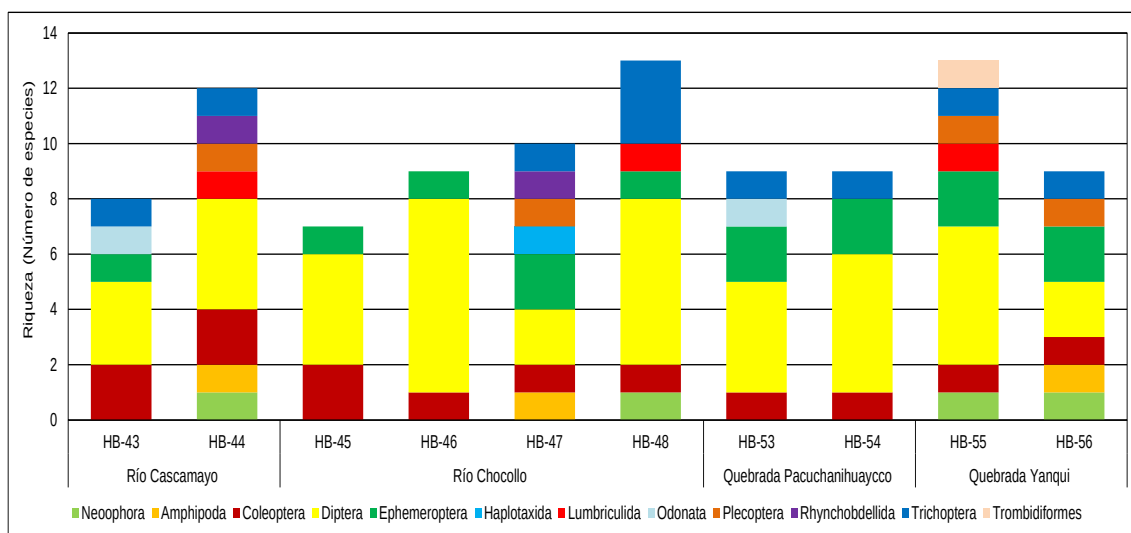


Figura 6.34. Riqueza (Número de especies distintas) de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en la zona III

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

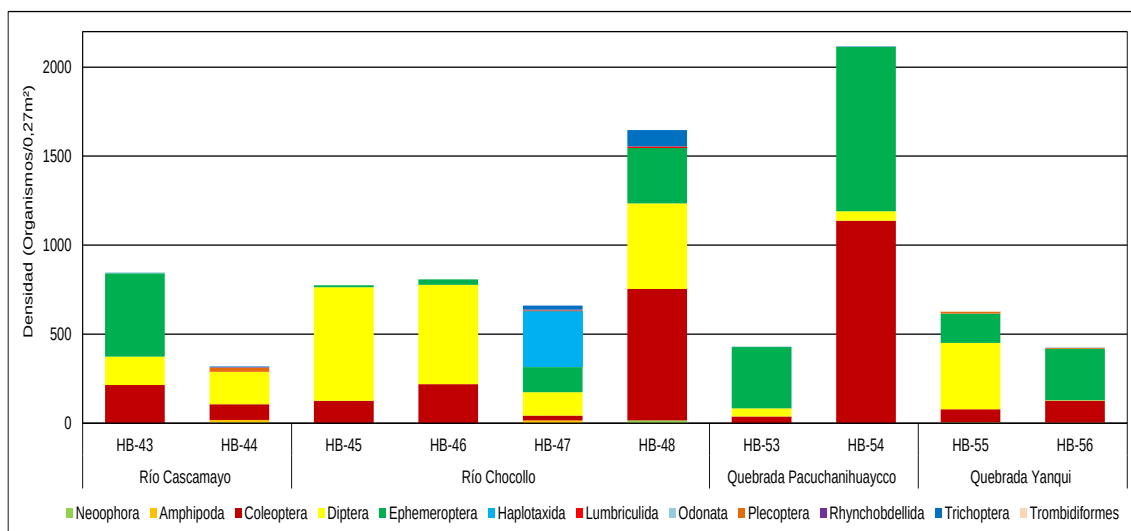


Figura 6.35. Densidad (Abundancia) de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en la zona III

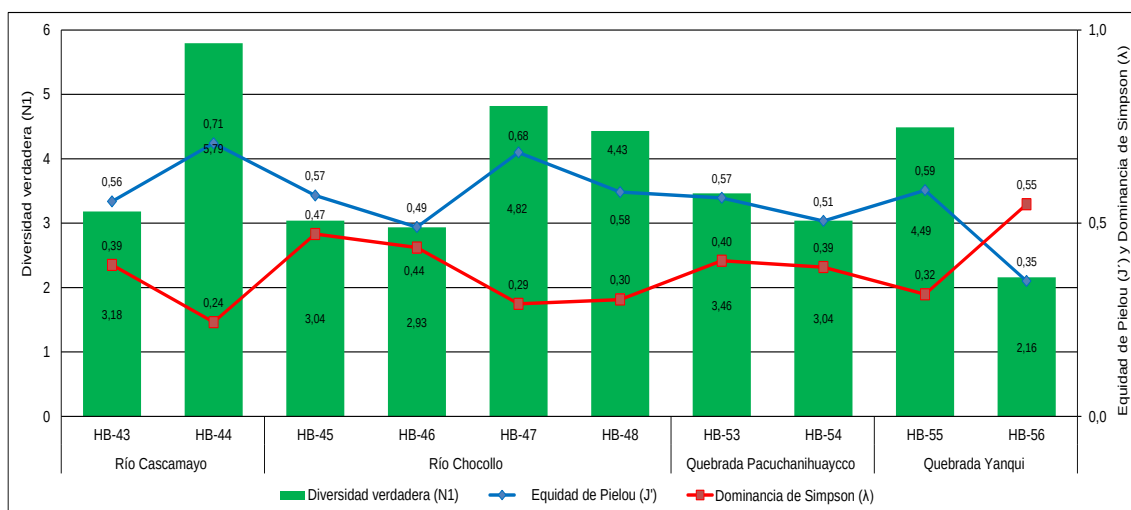


Figura 6.36. Diversidad alfa de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en la zona III

– **Resultados del protocolo CERA-S modificado**

En la Tabla 6.14 se observa los resultados obtenidos del análisis de la calidad ecológica según el protocolo CERA-S.

Para la calidad hidromorfológica en los puntos de muestreo, se obtuvo una moderada calidad en el 20 % y buena calidad en el 80 %. Todos los puntos evaluados presentaron una calidad comprendida entre buena y moderada.

Para la calidad biológica (ABI) en los puntos de muestreo se obtuvo pésima calidad en el 10 %, mala calidad en el 10 %, moderada calidad en el 40 y buena calidad en el 40 % de los puntos evaluados. Los puntos ubicados en el río Chocollo (HB-45 y HB-46) presentaron una calidad biológica entre mala y pésima.

Finalmente, la calidad ecológica se obtuvo a través de una combinación de la calidad hidromorfológica y la calidad biológica registrando una pésima calidad en el 10 %, mala calidad en el 10 %, moderada calidad en el 50 % y buena calidad en el 30 % de los puntos

muestreados. Los puntos ubicados en el río Chocollo (HB-45 y HB-46) presentaron una calidad ecológica mala y pésima respectivamente, mientras que el resto de puntos evaluados reportaron un estado ecológico bueno y moderado.

Tabla 6.14. Resultados de la calidad ecológica según el protocolo CERA-S modificado

Cuerpo de agua	Puntos de muestreo	CERA-S		
		Calidad hidromorfológica	Calidad Biológica (ABI)	Calidad ecológica
Río Cascamayo	HB-43	Moderada (28)	Moderado (27)	Moderado
	HB-44	Bueno (31)	Bueno (45)	Bueno
Río Chocollo	HB-45	Bueno (29)	Mala (13)	Mala
	HB-46	Bueno (29)	Pésima (10)	Pésimo
	HB-47	Bueno (32)	Bueno (49)	Bueno
	HB-48	Bueno (32)	Moderado (43)	Moderado
Quebrada Pacuchanihuaycco	HB-53	Bueno (31)	Moderado (31)	Moderado
	HB-54	Bueno (31)	Moderado (28)	Moderado
Quebrada Yanqui	HB-55	Bueno (31)	Bueno (45)	Bueno
	HB-56	Moderado (27)	Bueno (50)	Moderado

6.3.4. Zona IV: Santo Tomás

- **Ambientes lóticos**
- **Macroinvertebrados bentónicos**
- **Composición, riqueza, densidad y diversidad alfa**

La comunidad de macroinvertebrados bentónicos en la zona IV estuvo conformada por 17 especies, agrupadas en 17 géneros, 12 familias, 7 órdenes y 3 clases pertenecientes a 2 phyla (Anexo 3).

En la Figuras 6.37, 6.38 y 6.39 se observa el comportamiento y distribución de la riqueza, densidad y diversidad alfa respectivamente de los grupos de especies macroinvertebrados bentónicos estudiados en los cuerpos de agua, donde se registró lo siguiente:

En la quebrada Tiendachayoc 2 en el punto HB-50 se registró una mayor densidad con 2362 organismos/0,27m² y una mayor riqueza con 11 especies con respecto al punto HB-49; siendo los órdenes más frecuentes Díptera y Coleóptera con el dominio de las especies *Cricotopus* sp. y *Austrelmis* sp. La diversidad verdadera fue mayor en el punto de muestreo HB-50 (N1=3,90) con respecto al punto de muestreo HB-49 (N1=2,80), asimismo se registró un valor de equidad de Pielou de 0,57 y bajos valores de dominancia de Simpson de 0,36 a 0,42.

En la quebrada Tiendachayoc 1 en el punto de muestreo HB-51 se registró mayor densidad con 479 organismos/0,27m² y mayor riqueza con 14 especies con respecto al punto de muestreo HB-52; siendo los órdenes principales Díptera y Coleóptera con el dominio de las especies *Cricotopus* sp. y *Austrelmis* sp. La diversidad verdadera fue mayor en el punto de muestreo HB-51 (N1=5,75) con respecto al punto de muestreo HB-52 (N1=5,52), asimismo se registró moderado valores de equidad de Pielou de 0,66 a 0,71 y bajo valor de dominancia de Simpson de 0,24, lo que indica una moderada distribución homogénea y baja dominancia del grupo de especies.

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

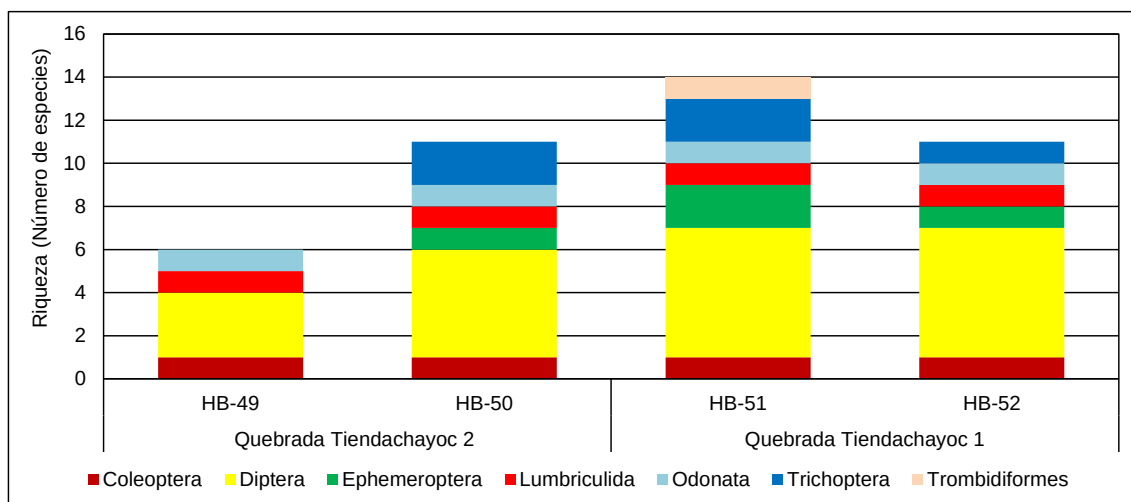


Figura 6.37. Riqueza (Número de especies) de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en la zona IV

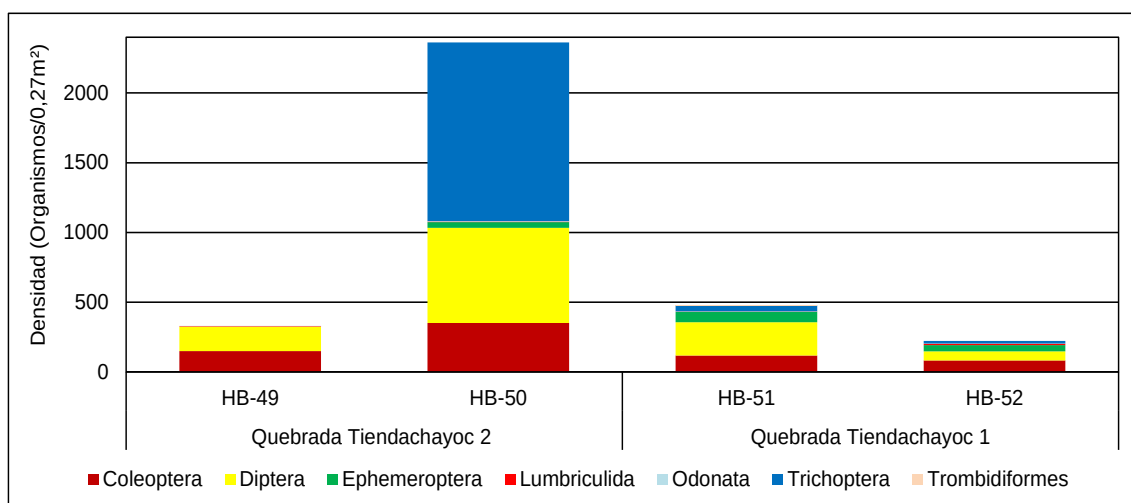


Figura 6.38. Densidad (Abundancia) de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en la zona IV

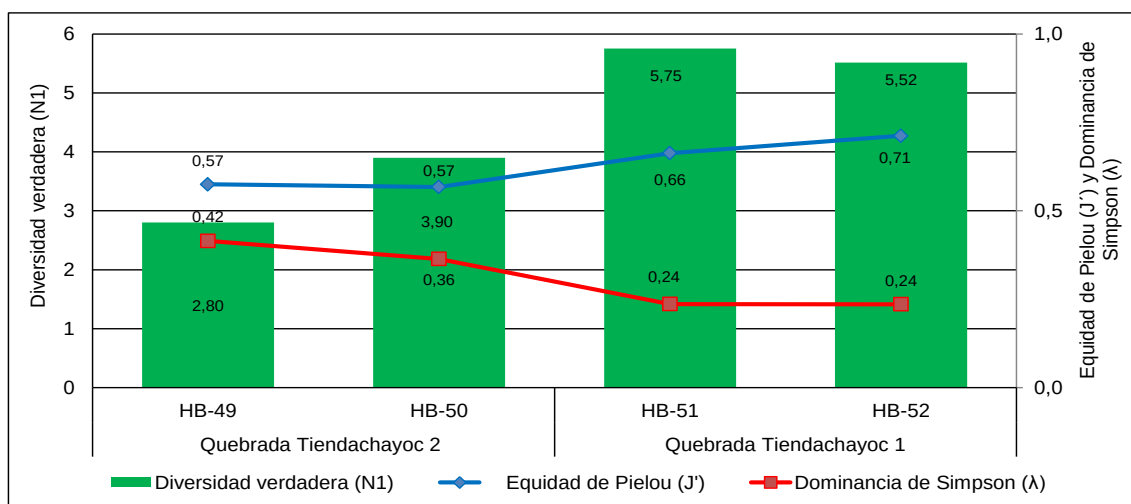


Figura 6.39. Diversidad alfa de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en la zona IV

– Resultados del protocolo CERA-S modificado

En la Tabla 6.15 se observa los resultados obtenidos del análisis de la calidad ecológica según el protocolo CERA-S.

Para la calidad hidromorfológica en los puntos de muestreo se obtuvo una mala calidad en el 25 %, moderada calidad en el 25 % y buena calidad en el 50 % de puntos evaluados. Cabe mencionar que se obtuvo una mala calidad del ambiente en el punto ubicado aguas abajo de la quebrada Tiendachayoc 1, mientras que los demás puntos de muestreo presentaron un estado ecológico bueno.

Para la calidad biológica (ABI) en los puntos de muestreo se obtuvo una mala calidad en el 25 %, moderada calidad en el 50 y buena calidad en el 25 % de puntos evaluados.

Finalmente, la calidad ecológica se obtuvo a través de una combinación de la calidad hidromorfológica y la calidad biológica registrando una moderada calidad en el 75 % y mala calidad en el 25 % de los puntos muestreados. El punto de muestreo HB-49 fue el único que presentó un estado ecológico malo.

Tabla 6.15. Resultados de la calidad ecológica según el protocolo CERA-S modificado

Cuerpo de agua	Puntos de muestreo	CERA-S		
		Calidad hidromorfológica	Calidad Biológica (ABI)	Calidad ecológica
Quebrada Tiendachayoc 2	HB-49	Bueno (31)	Mala (17)	Mala
	HB-50	Bueno (30)	Moderado (35)	Moderado
Quebrada Tiendachayoc 1	HB-51	Moderado (28)	Bueno (45)	Moderado
	HB-52	Mala (20)	Moderado (27)	Moderado

○ Peces

– Composición, riqueza, densidad

Fue registrada sólo una especie de pez *Trichomycterus cf. rivulatus* perteneciente al orden Siluriformes. Esta especie fue capturada en los puntos de muestreo HB-51 y HB-52, ubicadas aguas arriba y aguas abajo del punto de captación para riego de carretera ANA-21. En total se registraron 43 individuos en el punto HB-52 y 27 individuos en el punto HB-51, los cuales fueron capturados con un esfuerzo de pesca de 299 y 383 segundos respectivamente. Fueron capturados individuos juveniles y adultos entre 25 mm y 120 mm de longitud total.

6.3.5. Zona V: Ccapacmarca

• Ambientes lénticos

La laguna Orcococha fue el único ambiente léntico evaluado en la zona V.

○ Macroinvertebrados bentónicos

– Composición, riqueza, densidad y diversidad alfa

La comunidad de macroinvertebrados bentónicos en la laguna Orcococha estuvo representada por 7 especies, agrupadas en 7 géneros, 7 familias, 5 órdenes y 2 clases, pertenecientes a 2 phyla (Anexo 3).

En la Figura 6.40 se observa el comportamiento y distribución de la riqueza, densidad y diversidad alfa respectivamente de los grupos de especies macroinvertebrados bentónicos registradas en los cuerpos de agua, donde se registró lo siguiente:

En la Laguna Orcococha (HB-62) se registró una densidad de 623 organismos/0,27m² y una riqueza de 7 especies; siendo los órdenes más abundantes Coleóptera y Ephemeroptera con el dominio de las especies *Austrelmis* sp. y *Andesiops* sp. La diversidad verdadera fue 3,83 (N1), a su vez se registró un moderado valor de equidad de Pielou de 0,69 y un bajo valor de dominancia de Simpson de 0,33, lo que indica una moderada distribución homogénea y una baja dominancia del grupo de especies.

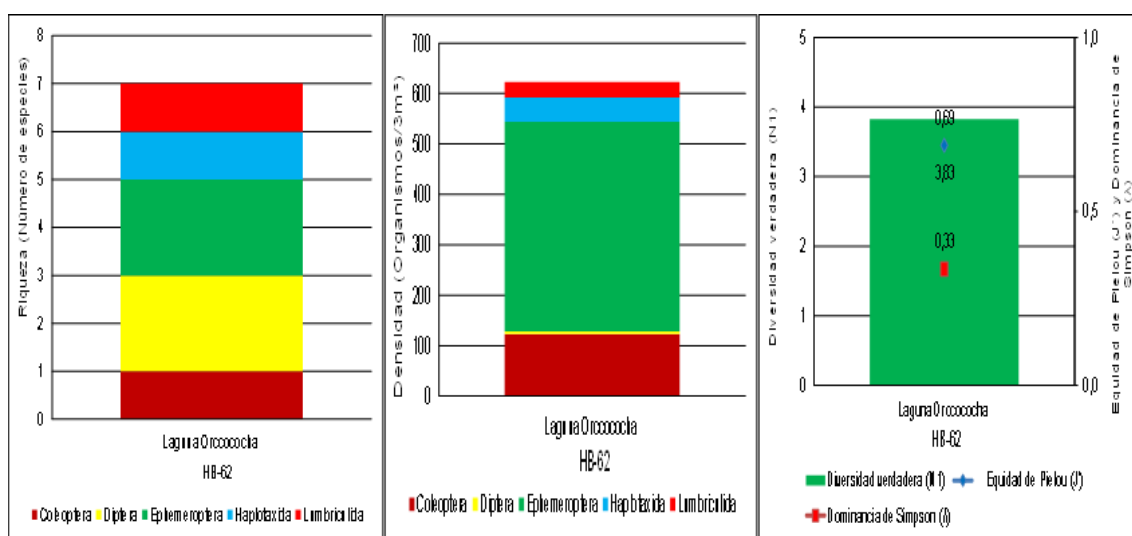


Figura 6.40. Riqueza (Número de especies), densidad (abundancia) de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos y diversidad alfa en la zona V

- **Ambientes lóticos**
- **Macroinvertebrados bentónicos**
- **Composición, riqueza, densidad y diversidad alfa**

La comunidad de macroinvertebrados bentónicos en la zona V estuvo conformada por 52 especies, agrupadas en 51 géneros, 32 familias, 12 órdenes y 5 clases pertenecientes a 3 phyla (Anexo 3).

En las Figuras 6.41, 6.42 y 6.43 se observa el comportamiento y distribución de la riqueza, densidad y diversidad alfa respectivamente de los grupos de especies macroinvertebrados bentónicos registradas en los cuerpos de agua, donde se reportó lo siguiente:

El río Yanqui en el punto de muestreo HB-57, ubicado aguas arriba del punto de captación para riego de carretera ANA-41, registró la mayor densidad de macroinvertebrados con 466 organismos/0,27m² y una riqueza de 10 especies con respecto al punto de muestreo HB-58, ubicado aguas bajo; siendo los órdenes más frecuentes Díptera y Ephemeroptera con el dominio de las especies *Cricotopus* sp. y *Andesiops* sp. La diversidad verdadera fue mayor en el punto de muestreo HB-57 (N1=5,89) con respecto al punto HB-58 (N1=5,59), asimismo se registró valores de equidad de Pielou de 0,77 a 0,88 y bajos valores de dominancia de Simpson de 0,19 a 0,23, lo que indica una distribución homogénea de la comunidad y baja dominancia del grupo de especies.

En la quebrada Herhuayco en el punto de muestreo HB-60, ubicado aguas arriba, se registró la mayor densidad con 1685 organismos/0,27m² y una riqueza de 15 especies con respecto al punto de muestreo HB-59; siendo representado principalmente por los órdenes Díptera y Ephemeroptera con el dominio de las especies *Cricotopus* sp. y *Andesiops* sp. La diversidad verdadera fue mayor en el punto de muestreo HB-60 (N1=5,98) con respecto al punto HB-59 (N1=3,66), asimismo se registró valores de equidad de Pielou de 0,62 a 0,66 y bajos valores de dominancia de Simpson de 0,24 a 0,35, lo que indica una distribución homogénea moderada y baja dominancia del grupo de especies.

En la quebrada Ccochapata en el punto de muestreo HB-64 se registró una mayor densidad con 626 organismos/0,27m² y una menor riqueza con 7 especies con respecto al punto HB-63; siendo los órdenes más abundantes Díptera y Ephemeroptera con el dominio de las especies *Cricotopus* sp. y *Andesiops* sp. La diversidad verdadera fue mayor en el punto de muestreo HB-63 (N1=7,59) con respecto al punto de muestreo HB-64 (N1=4,31), asimismo se registró valores de equidad de Pielou de 0,75 a 0,77 y bajos valores de dominancia de Simpson de 0,17 a 0,35, lo que indica una distribución homogénea de la comunidad y baja dominancia del grupo de especies.

En la quebrada Pinco en el punto de muestreo HB-66 se registró la mayor densidad con 666 organismos/0,27m² y una menor riqueza con 7 especies con respecto al punto HB-65; siendo representado principalmente por el orden Ephemeroptera con el dominio de la especie *Andesiops* sp. La diversidad verdadera fue mayor en el punto de muestreo HB-65 (N1=3,80) con respecto al punto HB-66 (N1=1,24), asimismo se registró un descenso de valores de equidad de Pielou de 0,61 a 0,11 y un aumento de valores de dominancia de Simpson de 0,36 a 0,93, lo que indica dominancia moderada del grupo de especies.

En la quebrada Cotaña en el punto de muestreo HB-67 se registró la mayor densidad con 429 organismos/0,27m² y una mayor riqueza con 10 especies con respecto al punto de muestreo HB-68 (8 especies y 198 individuos); siendo los órdenes principales Díptera y Coleoptera y las especies más frecuentes *Cricotopus* sp. y *Austrelmis* sp. La diversidad verdadera fue mayor en el punto de muestreo HB-68 (N1=4,71) con respecto al punto de muestreo HB-67 (N1=4,62), asimismo se registró valores de equidad de Pielou de 0,66 a 0,75 y bajos valores de dominancia de Simpson de 0,24 a 0,26, lo que indica una distribución homogénea moderada y baja dominancia del grupo de especies.

En la quebrada Qochacc Huayco, evaluada en el punto de muestreo HB-70 se registró la mayor densidad de macroinvertebrados con 1218 organismos/0,27m² y la más alta riqueza con 11 especies con respecto al punto HB-69 (9 especies y 226 individuos); siendo los órdenes más frecuentes Díptera y Ephemeroptera con el dominio de las especies *Simulium* sp. y *Andesiops* sp. La diversidad verdadera fue mayor en el punto de muestreo HB-69 (N1=6,21) con respecto al punto HB-70 (N1=2,91), asimismo se registró un descenso de valores de equidad de Pielou de 0,83 a 0,45 y aumento de valores de dominancia de Simpson de 0,21 a 0,45, lo que indica una moderada distribución homogénea de la comunidad de insectos acuáticos y moderada dominancia del grupo de especies.

En la quebrada Huascabamba en el punto de muestreo HB-72 se registró la mayor densidad de insectos acuáticos con 391 organismos/0,27m² con respecto al punto HB-71, sin embargo, la riqueza fue similar en ambos puntos; los órdenes más abundantes fueron Díptera y Trichoptera con el dominio de las especies *Cricotopus* sp. y *Smicridia* sp. La diversidad verdadera fue mayor en el punto de muestreo HB-72 (N1=3,63) con respecto al punto HB-71 (N1=3,10), asimismo se registró valores de equidad de Pielou de 0,52 a 0,56 y bajos valores de dominancia de Simpson de 0,33 a 0,46, lo que indica una distribución homogénea moderada y baja dominancia del grupo de especies.

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

Los puntos evaluados en el río Sayhua registraron una riqueza y abundancia similar, siendo ligeramente mayor en el punto de muestreo HB-73 con 888 organismos/0,27m² y 22 especies con respecto al punto HB-74; los órdenes más frecuentes fueron Díptera y Ephemeroptera con el dominio de las especies *Cricotopus* sp. y *Nanomis* sp. La diversidad verdadera fue mayor en el punto de muestreo HB-73 (N1=7,22) con respecto al punto HB-74 (N1=6,16), asimismo se registró valores de equidad de Pielou de 0,62 a 0,64 y bajos valores de dominancia de Simpson de 0,22 a 0,24, lo que indica una distribución homogénea de la comunidad y baja dominancia del grupo de especies.

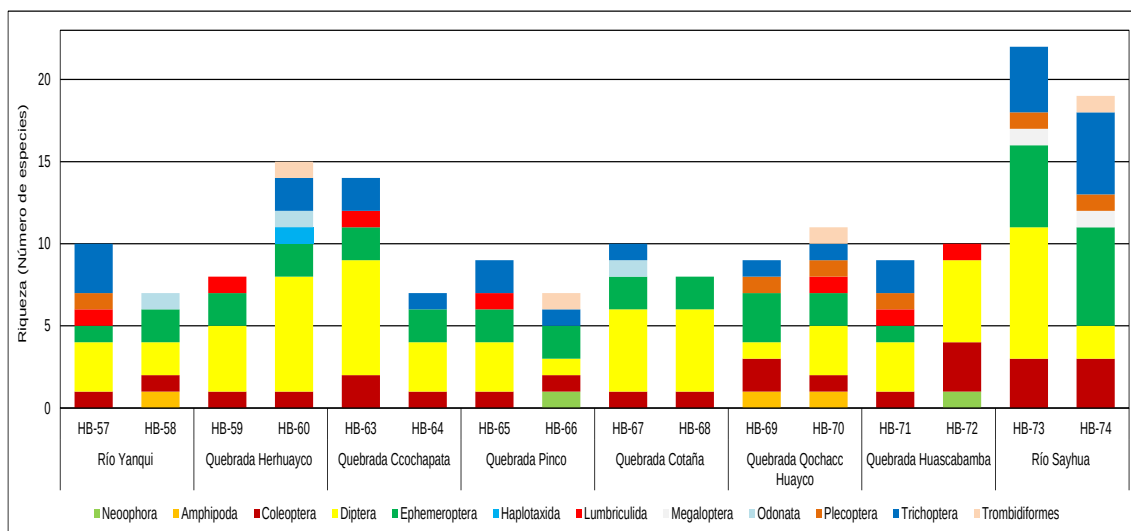


Figura 6.41. Riqueza (Número de especies) de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en la zona V

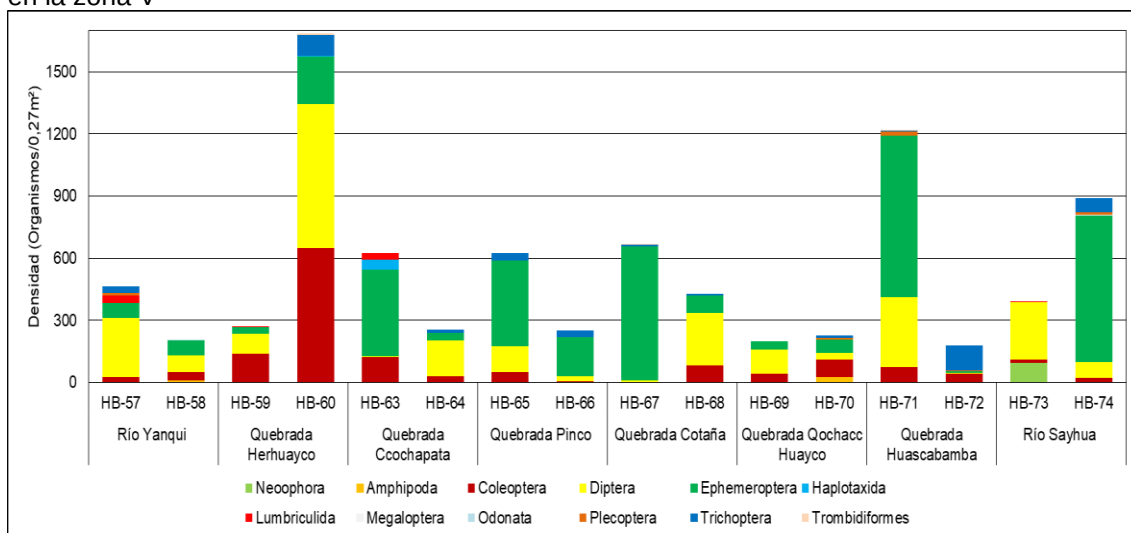


Figura 6.42. Densidad (Abundancia) de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en la zona V

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

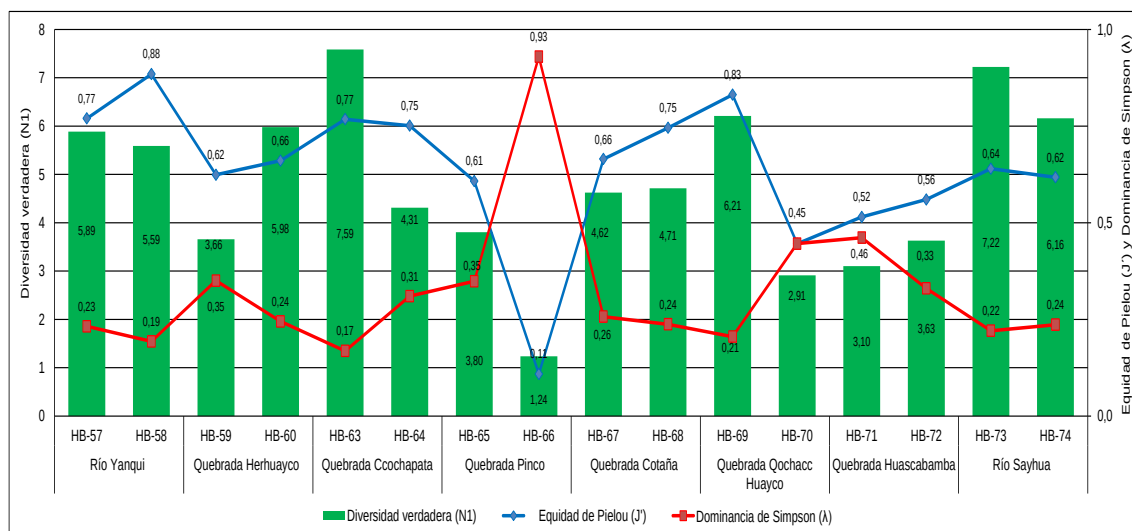


Figura 6.43. Diversidad alfa de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en la zona V

– **Resultados del protocolo CERA-S modificado**

En la Tabla 6.16 se observa los resultados obtenidos del análisis de la calidad ecológica según el protocolo CERA-S.

Para la calidad biológica (ABI) en los puntos de muestreo se obtuvo una mala calidad en el 25 %, moderada calidad en el 37,5 % y buena calidad en el 37,5 % de puntos estudiados.

Finalmente, los puntos evaluados que presentaron una calidad ecológica mala fueron HB-59, HB-64, HB-68 y HB-72.

Tabla 6.16. Resultados de la calidad ecológica según el protocolo CERA-S modificado

Cuerpo de agua	Puntos de muestreo	CERA-S		
		Calidad hidromorfológica	Calidad Biológica (ABI)	Calidad ecológica
Río Yanqui	HB-57	Bueno (32)	Moderado (42)	Moderado
	HB-58	Bueno (32)	Moderado (28)	Moderado
Quebrada Herhuayco	HB-59	Bueno (31)	Mala (22)	Mala
	HB-60	Bueno (31)	Bueno (46)	Bueno
Quebrada Ccochapata	HB-63	Moderado (28)	Bueno (52)	Moderado
	HB-64	Bueno (31)	Mala (23)	Mala
Quebrada Pinco	HB-65	Bueno (31)	Moderado (42)	Moderado
	HB-66	Bueno (32)	Moderado (36)	Moderado
Quebrada Cotaña	HB-67	Moderado (28)	Moderado (31)	Moderado
	HB-68	Bueno (31)	Mala (17)	Mala
Quebrada Qochacc Huayco	HB-69	Bueno (29)	Bueno (49)	Bueno
	HB-70	Moderado (28)	Bueno (54)	Moderado
Quebrada Huascabamba	HB-71	Moderado (28)	Moderado (37)	Moderado
	HB-72	Moderado (28)	Mala (21)	Mala
Río Sayhua	HB-73	Bueno (31)	Bueno (74)	Bueno
	HB-74	Moderado (27)	Bueno (66)	Moderado

○ **Peces**

– **Composición, riqueza, densidad**

Fueron evaluadas dos puntos ubicados en el río Sayhua (HB-73 y HB-74), donde se registraron dos órdenes de peces: Characiformes y Salmoniformes y 2 especies de peces (*Creagrutus ouranonastes* y *Oncorhynchus mykiss*) (Figura 6.44).



Figura 6.44. A. *Creagrutus ouranonastes*, B. *Oncorhynchus mykiss*

En total se registraron 50 individuos, la especie más abundante fue *Creagrutus ouranonastes*, que registró 39 especímenes, siendo más abundante en el punto HB-74, reportándose individuos con una longitud total de 40 mm y 80 mm. Mientras que fueron capturados 11 individuos de trucha en ambos puntos de muestreo, reportando tallas entre 80 mm y 150 mm. El esfuerzo de pesca fue 429 segundos en el punto HB-73 y 570 segundos en HB-74.

7. DISCUSIÓN

A continuación, se presenta el análisis de los resultados de agua superficial, sedimentos y comunidades hidrobiológicas de los cuerpos de agua evaluados.

Cabe mencionar que, como parte del análisis los resultados obtenidos en la presente evaluación, estos fueron comparados con los resultados de la línea base ambiental, realizada entre el 2009 y 2010 como parte del «Estudio de Impacto Ambiental del proyecto minero Las Bambas»⁸. Los cuerpos de agua que coincidieron con la presente evaluación fueron 4 ríos (Chocollo, Cascamayo, Tres Vados y Velille) y 5 quebradas (Capuraya, sin nombre 1, Para Ccaylla, Choquilla y Sayarani 2). De los 9 cuerpos de agua que coincidieron, solo 4 fueron comparados con los resultados de la presente evaluación, debido a la temporalidad (época seca), ya que 5 cuerpos de agua restantes fueron evaluados solo en época húmeda en la línea base ambiental. Se hizo la comparación para los ríos Chocollo y Cascamayo, ubicados en la zona III: Colquemarca y los ríos Tres Vados y Velille, ubicados en la zona II: Velille.

⁸ Estudio de Impacto Ambiental del proyecto minero «Las Bambas» aprobado el 7 de marzo de 2011 mediante Resolución Directoral N.º 073-2011-MEM/AAM.

Además, se tomó en cuenta el informe técnico «Impacto ambiental y social del proyecto minero las Bambas en la ruta del corredor minero, distrito de Velille, provincia de Chumbivilcas, región Cusco», elaborado el 2019 por la municipalidad distrital de Velille.

7.1. Zona I: Livitaca

- Ambiente léntico
 - Laguna Huaylla Huaylla

Todos los valores y concentraciones de los parámetros evaluados en el agua superficial de la laguna Huaylla Huaylla (AS-09 y AS-10) cumplieron con los ECA para agua Cat.4 - E1 (lagunas y lagos); asimismo, las concentraciones de arsénico, cobre, cromo, plomo, zinc y mercurio en el sedimento (SED-09), cumplieron con los valores ISQG y PEL de la guía canadiense - CEQG. Además, en esta laguna fueron capturados peces del género *Orestias*, especie endémica de la región andina (Chocano, 2005); esta especie presenta un grado de fragilidad elevada, ya que los ambientes acuáticos altoandinos donde normalmente se desarrolla están siendo alterados por acciones antrópicas y por la introducción de una especie exótica, la trucha (Ortega *et al.*, 2012), a pesar de su fragilidad esta especie no está incluida como especie protegida en la lista de la IUCN (*International Union for Conservation of Nature*), por falta de datos. La especie *Orestias mundus* fue abundante en la laguna, lo que demuestra una integridad ecológica buena que estaría soportando un buen desarrollo de las comunidades de insectos acuáticos y consecuentemente de los peces.

Sin embargo, la comunidad de macroinvertebrados bentónicos reportó una abundancia de especies indicadoras de ambientes con alta carga de materia orgánica como la familia Hyalellidae (Tapia *et al.*, 2018); además, la especie *Helobdella* sp. fue dominante en la laguna, esta especie pertenece a la familia Hirudinea, familia que es reportada en ambientes eutrofizados y en ambientes acuáticos moderadamente estresados (Lenat 1993). Cabe mencionar que, la laguna se encuentra ubicada aproximadamente a 200 metros del corredor vial Apurímac – Cusco, presenta también un punto de captación para riego de carretera activo en la quebrada que descarga de la laguna. Adicionalmente las zonas ribereñas de la laguna son utilizadas como zonas de pastoreo (Figura 7.1); en conjunto estas actividades podrían estar influenciando en la disminución del volumen de agua e incrementando nutrientes y materia orgánica en la laguna.



Figura 7.1. Vista de la laguna Huaylla Huaylla

- Ambientes lóticos
- Estanque Huaylla Huaylla

El estanque Huaylla Huaylla (AS-01), bofedal modificado para almacenar agua, presentó un pH ligeramente ácido y una concentración de manganeso que incumplieron con los ECA para agua Cat.3 (Figura 6.1 y Figura 6.3). Alrededor del estanque se observó desmontes de tierra (Figura 7.2), que podrían estar generando lixiviados ácidos (dependiendo de sus características mineralógicas), así también la propia descomposición de la materia orgánica podría estar generando acidez, puesto que, por la acción de los microorganismos del suelo, se libera dióxido de carbono que se transforma fácilmente en bicarbonato, esta reacción libera hidrógeno que acidifica el suelo⁹ y con ello también el agua. Estos resultados concuerdan con lo reportado por las comunidades hidrobiológicas, la cual presentó una comunidad de insectos acuáticos poco diversa (5 especies y 19 individuos), esta baja riqueza estaría siendo influenciada por la modificación del ambiente. Sin embargo, las concentraciones de arsénico, cobre, cromo, plomo, zinc y mercurio en el sedimento del estanque (SED-01) cumplieron los valores ISQG y PEL de la guía canadiense.

⁹ Extraído de <https://www.intagri.com/articulos/suelos/manejo-y-correccion-de-acidez-de-suelo> - Esta información es propiedad intelectual de INTAGRI S.C., Intagri se reserva el derecho de su publicación y reproducción total o parcial.



Figura 7.2. Vista del estanque Huaylla Huaylla

○ Quebrada Llacupe 03

El punto de muestreo AS-03 ubicado en la quebrada Llacupe 03, aguas arriba del punto de captación para riego de carretera ANA-64, presentó pH ácido (Figura 6.1) fuera del rango establecido en los ECA para agua Cat.3. Asimismo, presentó concentraciones de cobalto y manganeso que excedieron los estándares antes mencionados, para riego de vegetales ($D1 = 0,05 \text{ mg/L}$), y riego de vegetales y bebida de animales ($D1$ y $D2 = 0,2 \text{ mg/L}$) respectivamente (Figura 6.2 y Figura 6.3). Además, en este punto se presentó el mayor valor de conductividad eléctrica ($740 \text{ } \mu\text{S/cm}$) con respecto a los demás puntos de muestreo evaluados en la zona I Livitaca (Anexo 3). Es importante mencionar que, aguas arriba de este punto de muestreo (AS-03) se ubican desmontes de tierra y también el agua en su recorrido atraviesa las cunetas de la carretera (Figura 7.8); que por un proceso de escorrentía y/o generación de lixiviados ácidos (dependiendo de su composición mineralógica) podrían estar contribuyendo con el incremento de metales, conductividad eléctrica y disminución de pH. Aguas abajo (AS-04) del punto de captación para riego de carretera, la quebrada Llacupe 03 no presentó flujo de agua (seco), ya que toda el agua es empozada y tomada para el riego de la carretera (Figura 7.3).



Figura 7.3. Disminución de flujo de agua en la quebrada Llacupe 03 (punto AS-04)

○ Quebrada Llacupe 01

El punto de muestreo AS-07 ubicado en la quebrada Llacupe 01 presentó un pH ligeramente ácido que incumplió los ECA para agua Cat.3, el cual podría ser ocasionado por las actividades antrópicas (vivienda y modificación del sustrato de la quebrada) cercanas a este punto (Figura 7.4 a). Por otro lado, la comunidad de macroinvertebrados bentónicos presentó la riqueza más baja del área (3 especies y 269 individuos) y un estado ecológico pésimo, el cual concuerda con las características modificadas del ambiente (Figura 7.4 b). Por el contrario, en el punto de muestreo ubicado aguas abajo (AS-08) de la captación para riego de carretera ANA-52 presento parámetros fisicoquímicos que cumplieron con los ECA para agua Cat.3 y una comunidad de macroinvertebrados bentónicos representada por 4 especies y 125 individuos. Con respecto a los sedimentos en los puntos evaluados las concentraciones de metales (arsénico, cobre, cromo, plomo, zinc y mercurio) se encontraron cumpliendo con los valores ISQG y PEL de la guía canadiense. Es importante mencionar que, el punto de captación para riego de carretera (ANA-52) actualmente se encuentra inactivo.



Figura 7.4. a) Habitantes cerca del punto de monitoreo. b) Cauce modificado de la quebrada

○ Quebrada Huaylla Huaylla

En la quebrada Huaylla Huaylla, que inicia a partir de la descarga de la laguna Huaylla Huaylla, los valores y concentraciones de los parámetros evaluados de agua y sedimentos cumplieron con los ECA para agua Cat.3 y la guía canadiense respectivamente. En tanto

que la comunidad de invertebrados en el punto de muestreo AS-11 reportó una riqueza moderada y un estado ecológico malo, explicado por la presencia de especies tolerantes como *Helobdella* sp. Sin embargo, es importante mencionar que, el punto de muestreo AS-12, ubicado aguas abajo del punto de captación para riego de carretera ANA-55, se encontró sin flujo de agua (seco), que es causado por la extracción de agua de las cisternas; este proceso está afectando el desarrollo de las comunidades hidrobiológicas ya que aguas arriba en el punto de muestreo AS-11 se observó la presencia de macroinvertebrados bentónicos, comunidad que no se registró aguas abajo (Figura 7.5). El flujo de agua es fundamental para mantener la integridad biótica de un ambiente acuático, así la alteración de los regímenes de caudal es considerada uno de los impactos más fuertes de la sostenibilidad ecológica de los ríos y humedales, pues se considera que el flujo de caudal es el principal impulsor de los ecosistemas acuáticos y la alteración de este caudal repercute en todos los grupos taxonómicos incluyendo insectos acuáticos y peces (Bunn y Arthington, 2002).



Figura 7.5. Disminución de flujo de agua en la quebrada Huaylla Huaylla (Punto AS-12)

- Bofedal Soraccocha

En el bofedal Soraccocha (AS-13 y AS-14) se puede observar un ligero incremento de pH en dirección hacia al punto de muestreo ubicado aguas abajo (AS-14), pero en ambos casos se cumplió con los ECA para agua Cat.3. Es importante mencionar que el punto de captación para riego de carretera ANA- 54 se encuentra activo. La comunidad de macroinvertebrados bentónicos estuvo conformada por especies tolerantes a ambientes con alta carga de materia orgánica, como especies de la familia Hyalellidae, esta elevada carga es propia de bofedales que reciben un aporte constante de la vegetación situada alrededor; por otro lado, el caudal no presentó una variación significativa entre estos 2 puntos de muestreo.

- Bofedal Huaylla Huaylla

En el bofedal Huaylla Huaylla (AS-15) los valores y concentraciones de los parámetros evaluados de agua cumplieron con los ECA para agua Cat.3. El punto de muestreo AS-16, ubicado aguas abajo del punto de captación para riego de carretera T-HUA-07, se encontró sin flujo de agua (seco), este proceso afecta el desarrollo de las comunidades hidrobiológicas, ya que aguas arriba en el punto de muestreo AS-15 se observó la presencia de insectos acuáticos, los cuales no fueron registrados aguas abajo (Figura 7.6).



Figura 7.6. Disminución de flujo en el bofedal Huaylla Huaylla

○ Bofedal Huaylla Huaylla 2

El punto de muestreo AS-18, ubicado aguas abajo del punto de captación para riego de carretera T-HUA-08, se encontró sin flujo de agua (seco) causado por la extracción de agua de las cisternas para riego de la carretera; este proceso está afectando el desarrollo y colonización de las comunidades hidrobiológicas; ya que, en el punto de muestreo AS-17, ubicado aguas arriba del punto de captación presentó la riqueza y abundancia más alta de macroinvertebrados bentónicos de la zona de Livitaca durante la evaluación (8 especies y 1457 individuos), indicando una comunidad de insectos acuáticos desarrollada (Figura 7.7).



Figura 7.7. Disminución de flujo en el bofedal Huaylla Huaylla 2

○ Quebrada Llacupe 02

En los puntos evaluados en la quebrada Llacupe 02 (AS-05 y AS-06) se evidenció que los valores y concentraciones de los parámetros evaluados en el agua cumplieron con los ECA para agua Cat.3. Asimismo, las concentraciones de arsénico, cobre, cadmio, cromo, plomo, zinc y mercurio en los sedimentos cumplieron con los valores ISQG y PEL de la guía canadiense. Estos resultados guardan relación con lo reportado por la comunidad de macroinvertebrados bentónicos, ya que los puntos de muestreo aguas arriba como aguas abajo del punto de captación para riego de carretera presentaron una similar diversidad de especies.

En la zona I Livitaca se evaluaron 3 bofedales (Huaylla Huaylla, Huaylla Huaylla 2 y Sorococha). Estos ambientes están considerados como ecosistemas frágiles por presentar

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

características o recursos singulares con baja resiliencia (capacidad de retornar a sus condiciones originales), e inestable ante eventos impactantes de naturaleza antropogénica (humana)¹⁰. Los bofedales proveen una serie de servicios ecosistémicos a la población, como la provisión de agua, almacenamiento de agua en el suelo de bofedales y almacenamiento de carbono en el suelo (Crispin 2015). Entre las principales amenazas a los bofedales se encuentran el sobrepastoreo, la introducción de especies foráneas, la contaminación por relaves mineros, represas de agua y la perforación de pozos para la extracción del agua (Fjeldsa y Krabbe 1990).

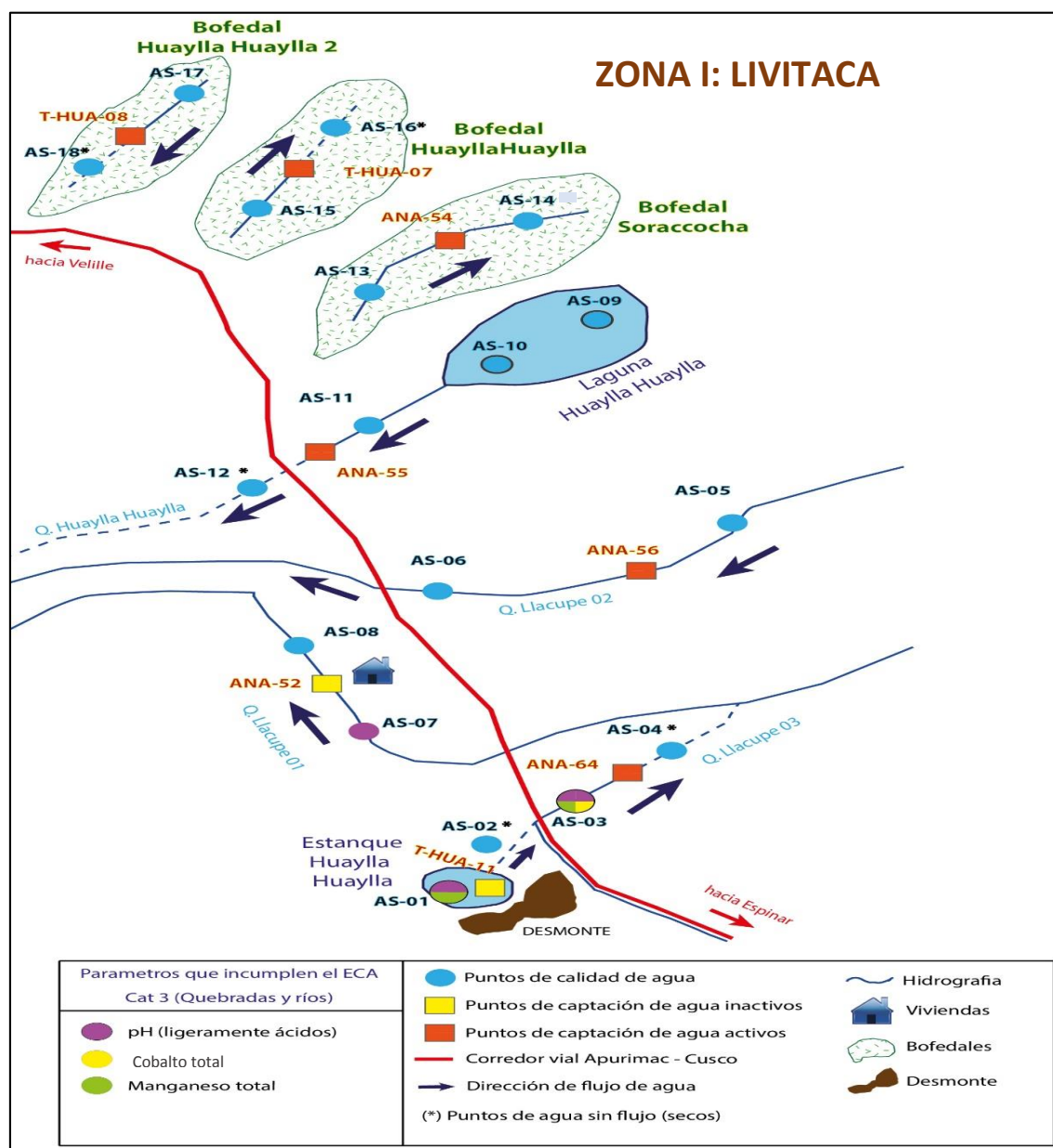


Figura 7.8. Distribución de puntos evaluados en la zona I: Livitaca

¹⁰ Definición establecida en la Política Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (Decreto Supremo N.º 009-2013-MINAGRI).

7.2. Zona II: Velille

- Ambientes loticos
 - Quebrada Sayarani 2

En la quebrada Sayarani 2 (AS-21 y AS-22) los valores y concentraciones de los parámetros evaluados en el agua y sedimento cumplieron con los ECA para agua Cat.3 y la guía canadiense respectivamente; sin embargo, con respecto a las comunidades hidrobiológicas el punto de muestreo HB-21 (ubicado aguas arriba del punto de captación para riego de carretera ANA-66), registró mayor diversidad de macroinvertebrados bentónicos (15 especies y 1788 individuos) y mayor abundancia de peces en comparación al punto de muestreo HB-22 (ubicado aguas abajo del punto de captación para riego de carretera ANA-66), lo cual guardaría relación con la disminución del caudal aguas abajo de la captación, en comparación al punto de muestreo localizado aguas arriba (Figura 7.9). Según Poff *et al.* 1997, la alteración humana de los regímenes naturales de caudales cambia el patrón establecido de la variación hidrológica, alterando por lo tanto la dinámica del hábitat y creando condiciones nuevas para las cuales la biota nativa no está adaptada. Las consecuencias de la alteración del régimen natural de caudales son la pérdida de especies, disminución en la calidad y la disponibilidad del agua (Richter *et al.* 1997).

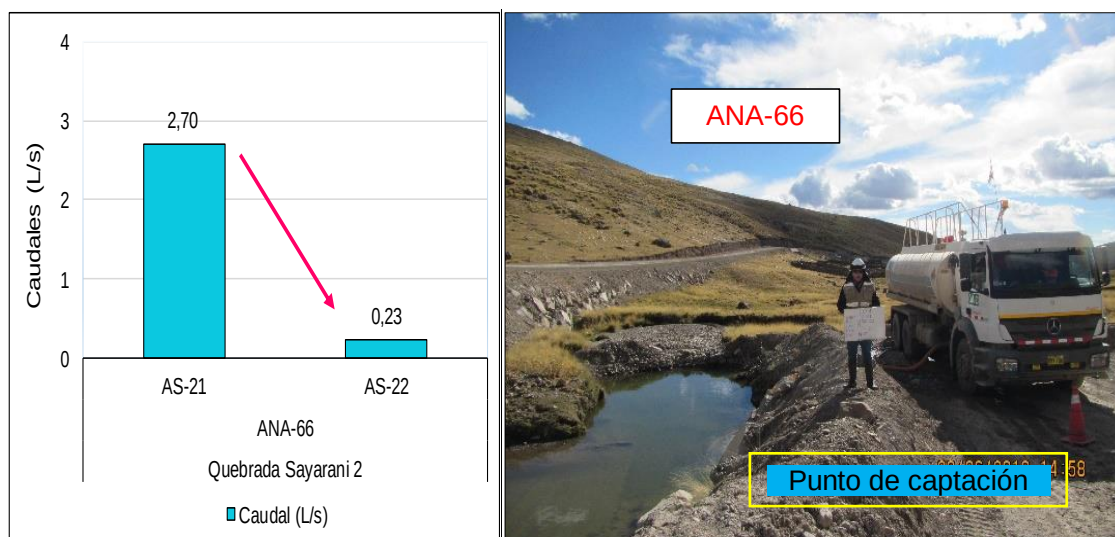


Figura 7.9. Disminución de flujo de agua en la quebrada Sayarani 2, a partir del punto de captación para riego de carretera (ANA-66)

Se corrobora mediante el *Shannon Diversity t-test* que la diversidad de macroinvertebrados bentónicos fue mayor en el punto de muestreo HB-21 con respecto al punto de muestreo HB-22, este análisis presentó un valor de significancia de $p=0,0063$, demostrando que la diversidad es diferente aguas arriba con respecto aguas abajo (Tabla 7.1).

Tabla 7.1. Resultados del análisis *Shannon Diversity t-test*, ($p<0,05$)

Punto de muestreo	HB-21	HB-22
Abundancia	1788	966
Riqueza	15	10
Shannon Diversity	1,52387398	1,426094312
p	0,00628556	

p: *p-value*

○ Quebrada Choquella - Caychapampa

En la quebrada Choquella - Caychapampa (puntos de muestreo AS-27, AS-28 y AS-26) los valores y concentraciones de los parámetros evaluados en el agua y sedimento cumplieron con los ECA para agua Cat.3 y la guía canadiense respectivamente. El tramo comprendido entre los puntos de muestreo AS-27 y AS-28 presentó un flujo de agua constante, debido a que el punto de captación de agua para riego de carretera ANA-49 en el momento de la evaluación se encontró inactivo. No obstante, en el tramo comprendido entre los puntos de muestreo AS-28 y AS-26 se observó una reducción significativa del caudal, debido a la presencia del punto de captación para riego de carretera ANA-31 (Figura 7.10), el cual se encontró activo; estos resultados guardan relación con lo reportado por la comunidad de macroinvertebrados bentónicos, los cuales presentaron mayor riqueza y abundancia en el punto de muestreo localizado aguas arriba (HB-28) con 16 especies y 1791 individuos, respecto al punto de muestreo localizado aguas abajo (HB-26) de la captación el cual presentó 14 especies y 730 individuos de macroinvertebrados bentónicos. De la misma forma los peces fueron más abundantes aguas arriba. El estudio de Armitage *et al.*, 1987 y Dynesius y Nilson, 1994, indica que una disminución del caudal provoca una pérdida en la variabilidad de hábitats disponibles para la comunidad de macroinvertebrados, desencadenando un empobrecimiento de la comunidad, siendo menor la diversidad.

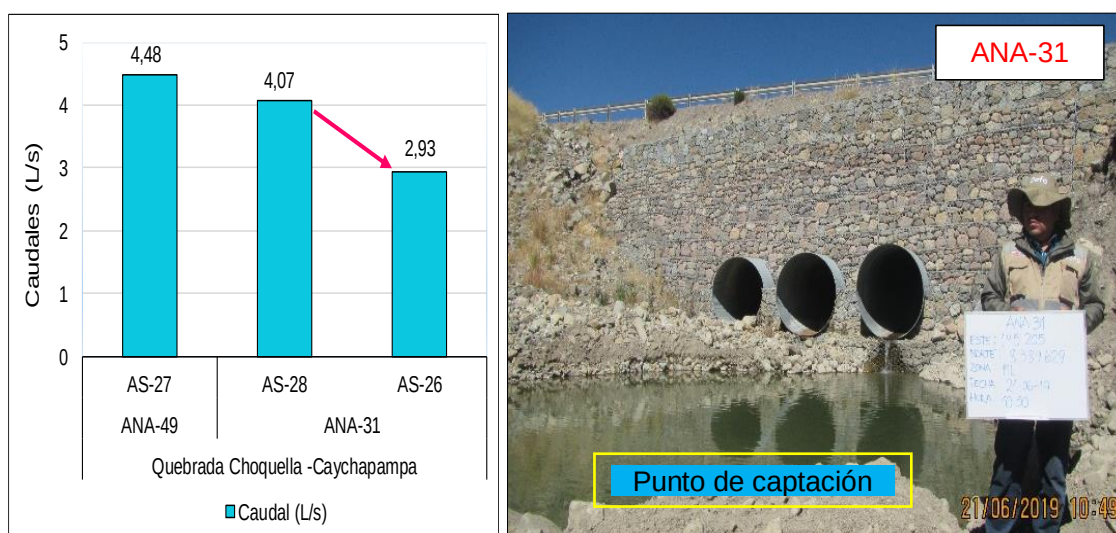


Figura 7.10. Disminución de flujo de agua en quebrada Choquella – Caychapampa a partir del punto captación para riego de carretera (ANA-31)

○ Quebrada Caychapampa

Los puntos de muestreo AS-31 y AS-32 ubicados en la quebrada Caychapampa presentaron pH alcalinos fuera del rango de los ECA para agua Cat.3, esto podría deberse a la presencia de yacimientos minerales tipo *skarn*, que aportan condiciones alcalinas a los cuerpos de agua cercanos¹¹. Además, las concentraciones de los metales evaluados en los sedimentos cumplieron con los valores ISQG y PEL de la guía canadiense.

Las comunidades hidrobiológicas evaluadas en la quebrada Caychapampa tanto aguas arriba (HB-31) como aguas abajo (HB-32) del punto de captación para riego de carretera ANA-30 presentaron una similar composición de macroinvertebrados bentónicos, siendo ligeramente menor en el punto de muestreo HB-31, debido a que en el tramo evaluado (HB-

¹¹ Geología – cuadrángulo del Cusco (52s) y Livitaca, 1994 – INGEMMET.

31 y HB-32) se observó un abundante caudal, que minimiza cualquier impacto que podría generarse por la toma de agua de las cisternas para el riego de la carretera.

○ Río Velille

En los puntos evaluados en el río Velille, aguas arriba (AS-33) y aguas abajo (AS-34), del punto de captación de agua para riego de carretera ANA-53, se evidenció que las concentraciones de boro fueron mayores a 1 mg/L y pH alcalinos que se encontraron incumpliendo los ECA para agua Cat.3. De igual manera, en relación con los resultados de la línea base ambiental (LBA)¹² registrados en el río Velille, se tiene que el pH fue alcalino y presentó una concentración de boro de 2,03 mg/L (Figura 7.11). La presencia de yacimientos minerales tipo *skarn* en la zona de evaluación, estarían aportando condiciones alcalinas. Es importante tener en cuenta que estos puntos se ubican agua abajo de la población de Velille (Figura 7.15), siendo las actividades industriales y domésticas las que podrían estar aportando concentraciones de boro al agua; ya que este elemento se puede encontrar en jabones, detergentes, productos químicos agrícolas (fertilizantes), agentes de control de plagas (plaguicidas), entre otros (SEGEMAR- USAM, 2003).

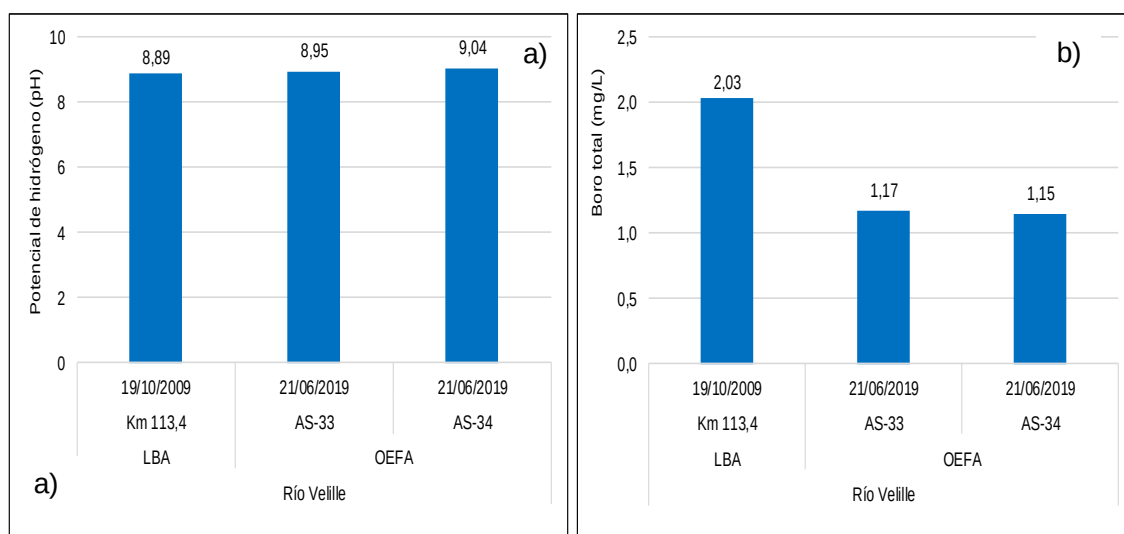


Figura 7.11. Comparación de los resultados de la LBA a) pH y b) boro, en el río Velille

Nota: LBA: Datos extraídos de la Línea Base Ambiental (2009) del Estudio de Impacto Ambiental del proyecto minero «Las Bambas».

Asimismo, la concentración de arsénico en los 2 puntos de muestreo de sedimento (SED-33 y SED-34) se encontró por encima del valor PEL de la CEQG.

Las comunidades hidrobiológicas evaluadas en río Velille tanto aguas arriba como aguas abajo del punto de captación de agua para riego de carretera (ANA-53) presentaron similar composición de macroinvertebrados bentónicos como de peces, dado que en el tramo evaluado (HB-33 y HB-34) presentó un abundante caudal, que minimiza cualquier impacto que podría generarse por la toma de agua de las cisternas. Es importante mencionar que las concentraciones de los metales (cadmio, mercurio y plomo) en el tejido de los peces analizados en el punto de muestreo HB-34, no superaron los contenidos máximos requeridos por el Organismo Nacional de Sanidad Pesquera (Sanipes).

¹²

Punto de LBA (Km 113,4) ubicado aproximadamente a 200 m aguas arriba del punto AS-33.

○ Quebrada sin nombre 1

En la quebrada sin nombre 1 (puntos de muestreo AS-35 y AS-36), los valores y concentraciones de los parámetros evaluados en el agua y sedimento cumplieron con los ECA para agua Cat.3 y la guía canadiense respectivamente, en cuanto a las comunidades hidrobiológicas, el punto de muestreo HB-35, ubicada aguas arriba de la captación para riego de carretera ANA-48, presentó menor diversidad de macroinvertebrados bentónicos a comparación del punto de muestreo ubicado aguas abajo HB-36, esto podría ser explicado porque en el punto HB-36 se evidencia una mayor tipo de hábitats disponibles (sustrato pedregoso) que favorecen el asentamiento de los macroinvertebrados bentónicos (Figura 7.12). Cabe mencionar que, durante el monitoreo el punto de captación se encontró inactivo.

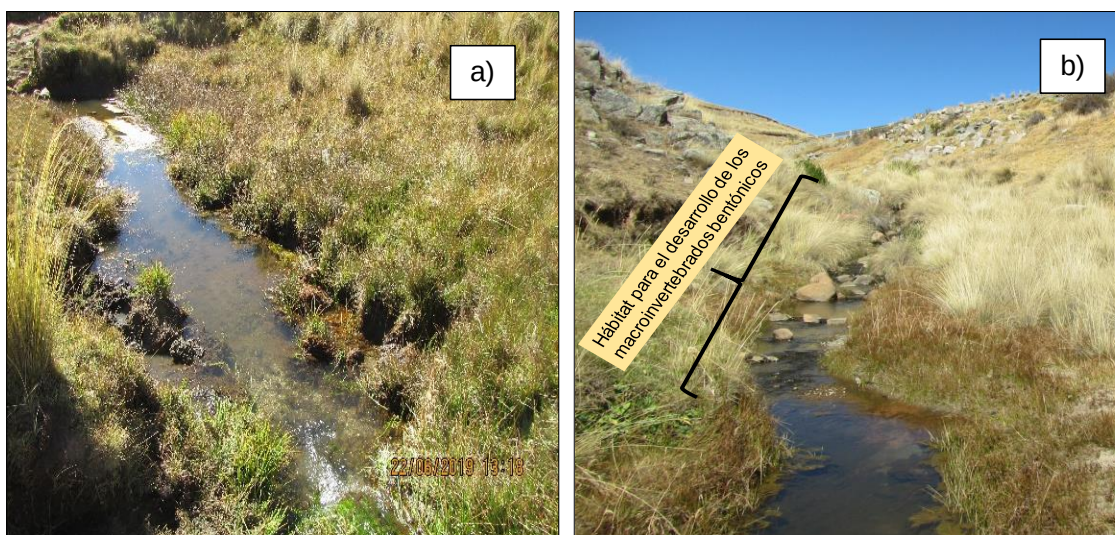


Figura 7.12. Vista del ambiente acuático en la quebrada sin nombre en los puntos a) HB-35 y b) HB-36

○ Quebrada Capuraya

En la quebrada Capuraya (AS-39 y AS-40) las concentraciones de los parámetros evaluados en el agua cumplieron con los ECA para agua Cat.3; sin embargo, la concentración de cobre en el punto de muestreo SED-39 incumplió el valor ISQG de la guía canadiense. Los puntos evaluados en esta quebrada, presentaron una diversidad moderada de macroinvertebrados bentónicos, no obstante, aguas abajo (HB-40) del punto de captación para riego de carretera ANA-61 se dio la proliferación de la especie tolerante *Cricotopus* sp., especie que prolifera en ambientes con alta carga de materia orgánica (Navarrete *et al.*, 2004), evidenciando un estado ecológico malo del ambiente acuático, cabe mencionar que en este punto se observó abundante materia orgánica de origen antrópico dentro del cauce (Figura 7.13), que podría estar influenciando en los resultados obtenidos de macroinvertebrados.

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

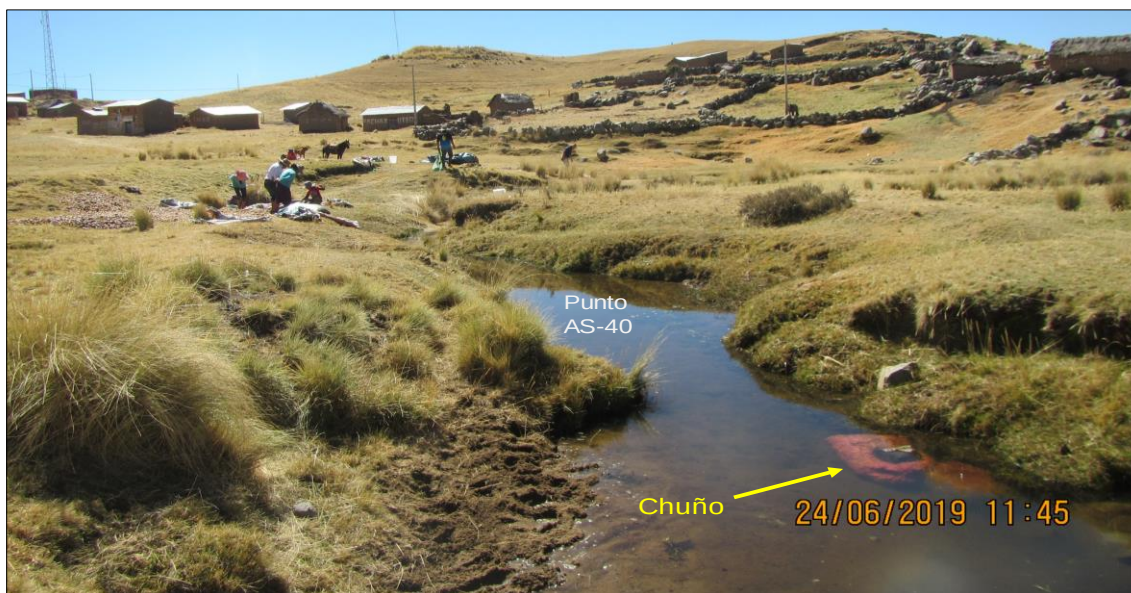


Figura 7.13. Descomposición de materia orgánica, producto del proceso de obtención de chuño (punto de muestreo HB-40)

○ Río Tres Vados

En los puntos evaluados en el río Tres Vados (AS-41 y AS-42) las concentraciones de los parámetros evaluados en el agua cumplieron con los ECA para agua Cat.3. Asimismo, las concentraciones de los metales evaluados en los sedimentos cumplieron con los valores ISQG y PEL de la guía canadiense. Estos resultados concordaron con lo reportado por la comunidad de macroinvertebrados bentónicos ya que los puntos de muestreo ubicados aguas arriba como aguas abajo de los puntos de captación para riego de carretera presentaron una riqueza y abundancia similar. Comparando los resultados de la evaluación con los registrados en la línea base ambiental (LBA)¹³ en el río Tres Vados, el pH en el 2009 fue más alcalino (Figura 7.14).

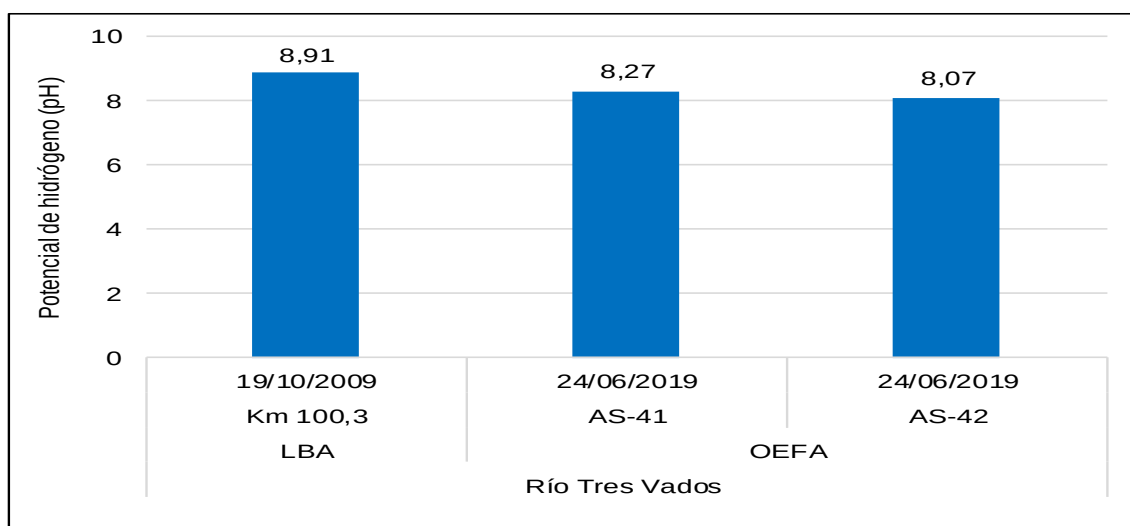


Figura 7.14. Comparación de los resultados de pH con los de la LBA, en el río Tres Vados

Nota: LBA: Datos extraídos de la Línea Base Ambiental (2009) del Estudio de Impacto Ambiental del proyecto minero «Las Bambas».

¹³

Punto LBA (Km 100,3) ubicado aproximadamente a 200 m aguas abajo del punto AS-42.

- Quebradas Sayarani, Cchacaylla, Para Ccaylla, Ccochaura y Capuraya

En los puntos evaluados en las quebradas Sayarani (AS-19 y AS-20), Cchacaylla (AS-23 y AS-24), Para Ccaylla (AS-29 y AS-30), Ccochaura (AS-37 y AS-38) y Capuraya (AS-39 y AS-40) se evidenció que las concentraciones de los parámetros evaluados en el agua cumplieron con los ECA para agua Cat.3. Asimismo, las concentraciones de los metales evaluados en los sedimentos cumplieron con los valores ISQG y PEL de la guía canadiense. Estos resultados concordaron con lo reportado por la comunidad de macroinvertebrados bentónicos y peces en las quebradas Cchacaylla (HB-23 y HB-24) y Para Ccaylla (HB-29 y HB-30), ya que los puntos de muestreo aguas arriba como aguas abajo de los puntos de captación para riego de carretera presentaron similar composición de especies.

Sobre la evaluación de los metales (plomo, mercurio y cadmio) en tejido de los peces colectados en la quebrada Para Ccaylla (HB-30), estos no excedieron los contenidos máximos para consumo de acuerdo con SANIPES (2016). Asimismo, los parámetros fisicoquímicos y la calidad ecológica de los puntos evaluados en la quebrada Para Ccaylla (HB-29 y HB-30) presentaron condiciones favorables para el desarrollo de *O. mykiss* «trucha», especie que requiere ambientes acuáticos oxigenados y bien conservados (Aigo *et al.*, 2008).

- Bofedal Pararani

En este punto de muestreo solo se realizó la evaluación del agua superficial y se registró que el oxígeno disuelto incumplió con los ECA para agua Cat.3, esto debido a que este punto de muestreo tiene características propias de bofedales (Murillo y Jufosky 2001); además, presentó concentraciones de hierro y manganeso que incumplieron los estándares antes mencionados.

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

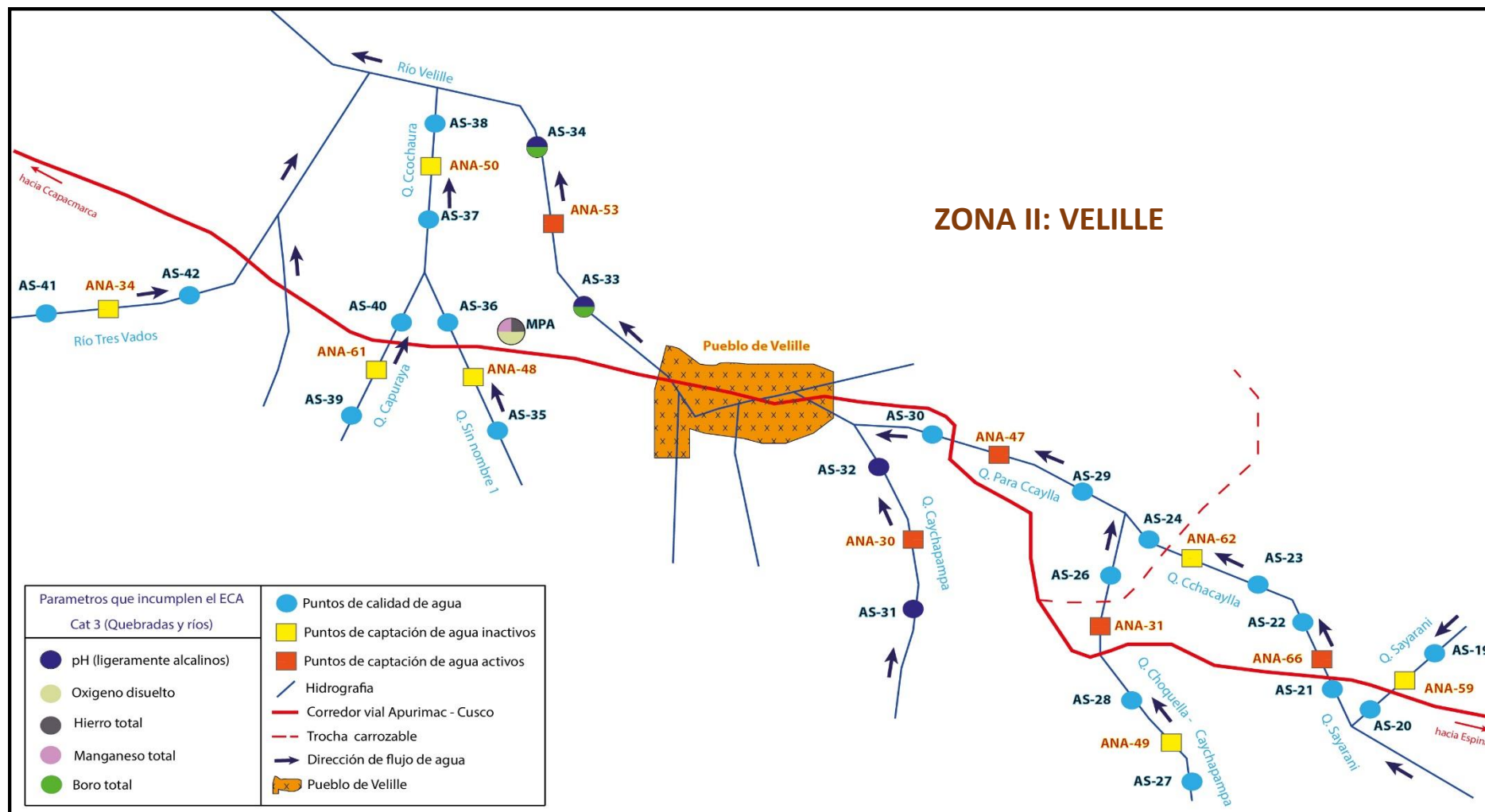


Figura 7.15. Distribución de puntos evaluados en la zona II: Velille

7.3. Zona III: Colquemarka

- Ambientes lóticos
 - Río Cascamayo

En el río Cascamayo el pH fue ligeramente alcalino en los 2 puntos de muestreo evaluados (AS-43 y AS-44) encontrándose fuera del rango que establece los ECA para agua Cat.3. La alcalinidad registrada estaría originada por la presencia de rocas carbonatadas propias de la interacción que ocurre en los yacimientos minerales de tipo *skarn* que existen en la zona. Asimismo, en la línea base ambiental (LBA: 2009)¹⁴ se reportó un pH alcalino (Figura 7.16). Por otro lado, las concentraciones de cobre en el sedimento del punto de muestreo SED-44 superó el valor ISQG de la guía canadiense. La comunidad de macroinvertebrados bentónicos estudiada en el río Cascamayo fue diversa y moderadamente desarrollada, reportándose una riqueza mayor aguas abajo (HB-44) del punto de captación agua para riego de carretera ANA-35, con 12 especies y 318 individuos, en referencia al punto de muestreo ubicado aguas arriba (HB-43) con 8 especies y 845 individuos. Sin embargo, no se observó una diferencia significativa en la composición de especies y ambos puntos de muestreo presentaron un buen estado ecológico.

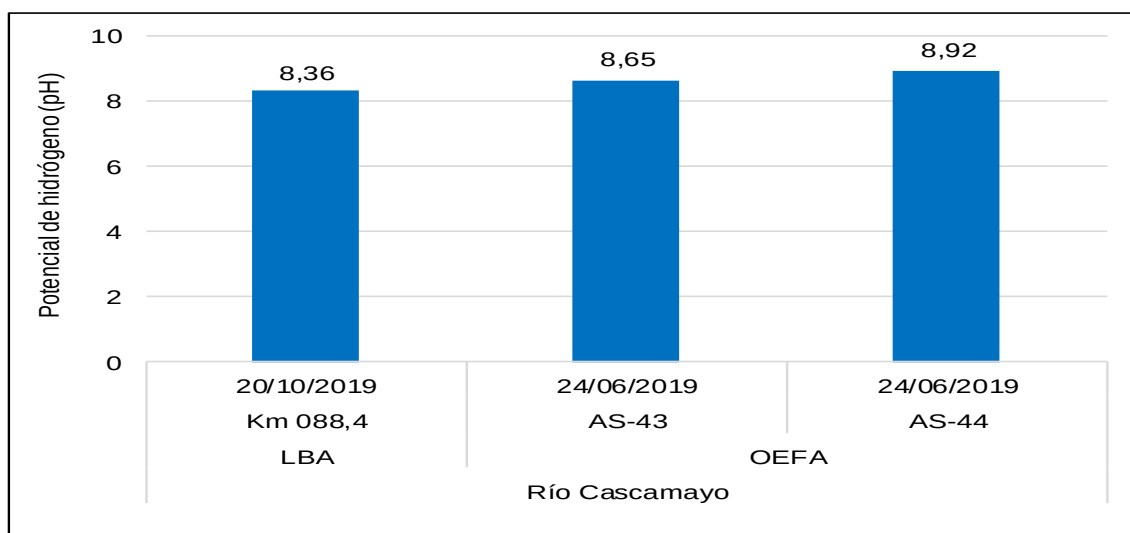


Figura 7.16. Comparación de los resultados de pH con los de la LBA, en el río Cascamayo

Nota: LBA: Datos extraídos de la Línea Base Ambiental (2009) del Estudio de Impacto Ambiental del proyecto minero «Las Bambas».

- Río Chocollo

En los puntos de muestreo evaluados en el río Chocollo AS-45 y AS-46 el pH fue casi neutro y cumplió con los ECA para agua Cat.3, mientras que el oxígeno disuelto en el punto de muestreo AS-46 ubicado aguas abajo del punto de captación para riego de carretera ANA-40, incumplió con los estándares mencionados para la Cat.3 – D2 (bebida de animales). La concentración de oxígeno se debería a la descomposición de la materia orgánica presente en el cauce (Figura 7.17 b), estos resultados coinciden con lo reportado por la comunidad de macroinvertebrados bentónicos, donde se encontró la especie *Cricotopus* sp, especie que según Navarrete *et al*, 2004, prolifera en ambientes con alta carga de materia orgánica

¹⁴

Punto LBA (Km 88,4) Ubicado aproximadamente a 70 m aguas arriba del punto AS-43.

y bajas condiciones de oxígeno. En lo referente al punto de captación (ANA-40) en el momento del monitoreo este se encontró inactivo.

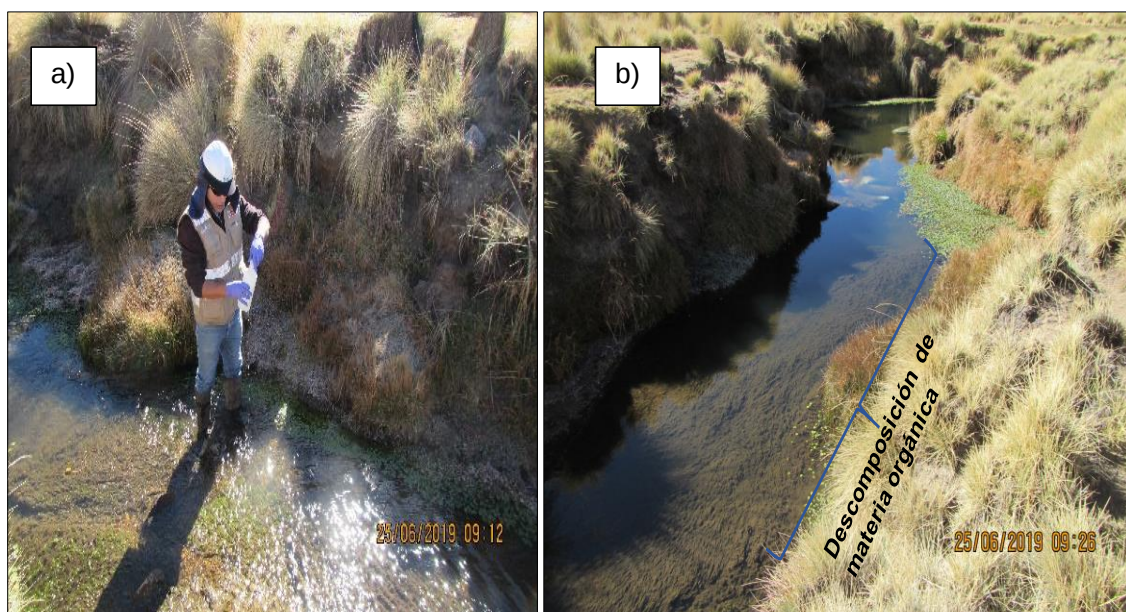


Figura 7.17. Características de los puntos a) AS-45 y b) AS-46, en el río Chocollo

Comparando los resultados con los registrados en la línea base ambiental (LBA: 2009)¹⁵ se tiene que el pH también fue casi neutro y el oxígeno disuelto encontrado fue de 5 mg/L, como se puede observar en la Figura 7.18 (a y b).

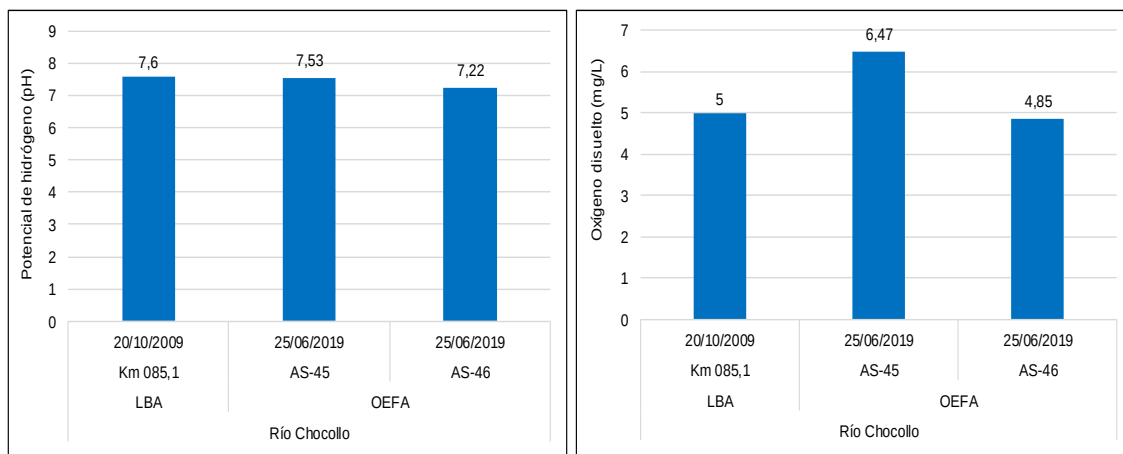


Figura 7.18. Comparación de los resultados con los de la LBA a) Potencial de hidrógeno (pH) y b) Oxígeno disuelto, en el río Chocollo

Nota: LBA: Datos extraídos de la Línea Base Ambiental (2009) del Estudio de Impacto Ambiental del proyecto minero «Las Bambas».

Aguas abajo, en los puntos de muestreo AS-47, AS-CAN y AS-48 los valores de pH fueron ligeramente alcalinos, pero cumplieron con los ECA para agua. Es importante mencionar que, en la margen izquierda del río hay una cantera en operación actualmente (Figura 7.219).

Adicionalmente, en el tramo comprendido entre los puntos de muestreo AS-47 al AS-48 se observó una reducción significativa del caudal, el cual se podría deber a la presencia del

¹⁵ Punto LBA (Km 85,1) Ubicado aproximadamente a 20 m aguas abajo del punto AS-45.

punto de captación para riego de carretera ANA-36 (Figura 7.19) el cual se encuentra activo y a las actividades de operación de la cantera (Figura 7.20). La reducción del caudal guarda relación con lo reportado por la comunidad de macroinvertebrados bentónicos, que presentó una similar composición de especies en los 2 puntos evaluados, sin embargo, reporta una mayor abundancia de la especie tolerante *Cricotopus* sp aguas abajo (HB-48) respecto al punto ubicado aguas arriba (HB-47). Considerando estos resultados Ward, 1984, indica que el efecto que la regulación hídrica en las comunidades de macroinvertebrados bentónicos provoca empobrecimiento faunístico asociado a un incremento de la abundancia de algunos taxones tolerantes.



Figura 7.19. Actividades de cantera en la margen izquierda del río Chocollo

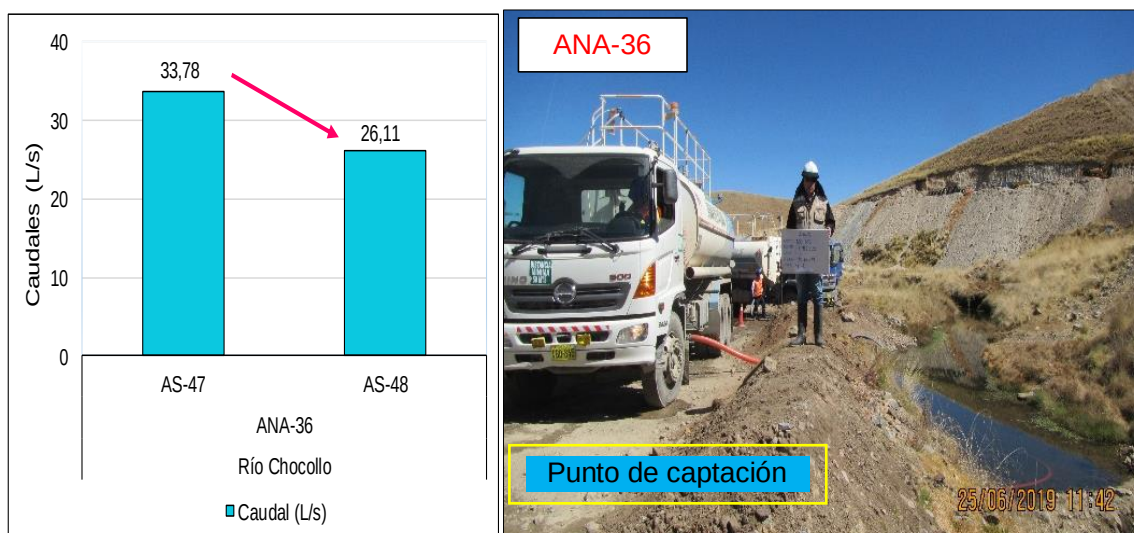


Figura 7.20. Disminución de flujo de agua en el punto AS-48

En este río las concentraciones de los metales evaluados (arsénico, cadmio, cobre, cromo, plomo, zinc y mercurio) en los sedimentos (SED-43, SED-44, SED-47, SED-CAN y SED-48) cumplieron con los valores ISGQ y PEL de la guía canadiense.

○ Quebradas Pacuchanihuaycco y Yanqui

En los puntos evaluados en las quebradas Pacuchanihuaycco (AS-53 y AS-54) y Yanqui (AS-55 y AS-56) se evidenció que los valores y concentraciones de los parámetros

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

evaluados en el agua cumplieron con los ECA para agua Cat.3. Asimismo, las concentraciones de los metales evaluados en los sedimentos cumplieron con los valores ISQG y PEL de la guía canadiense. Estos resultados concordaron con lo reportado por la comunidad de macroinvertebrados bentónicos ya que tanto aguas arriba como aguas abajo de los puntos de captación presentaron una composición similar de especies.

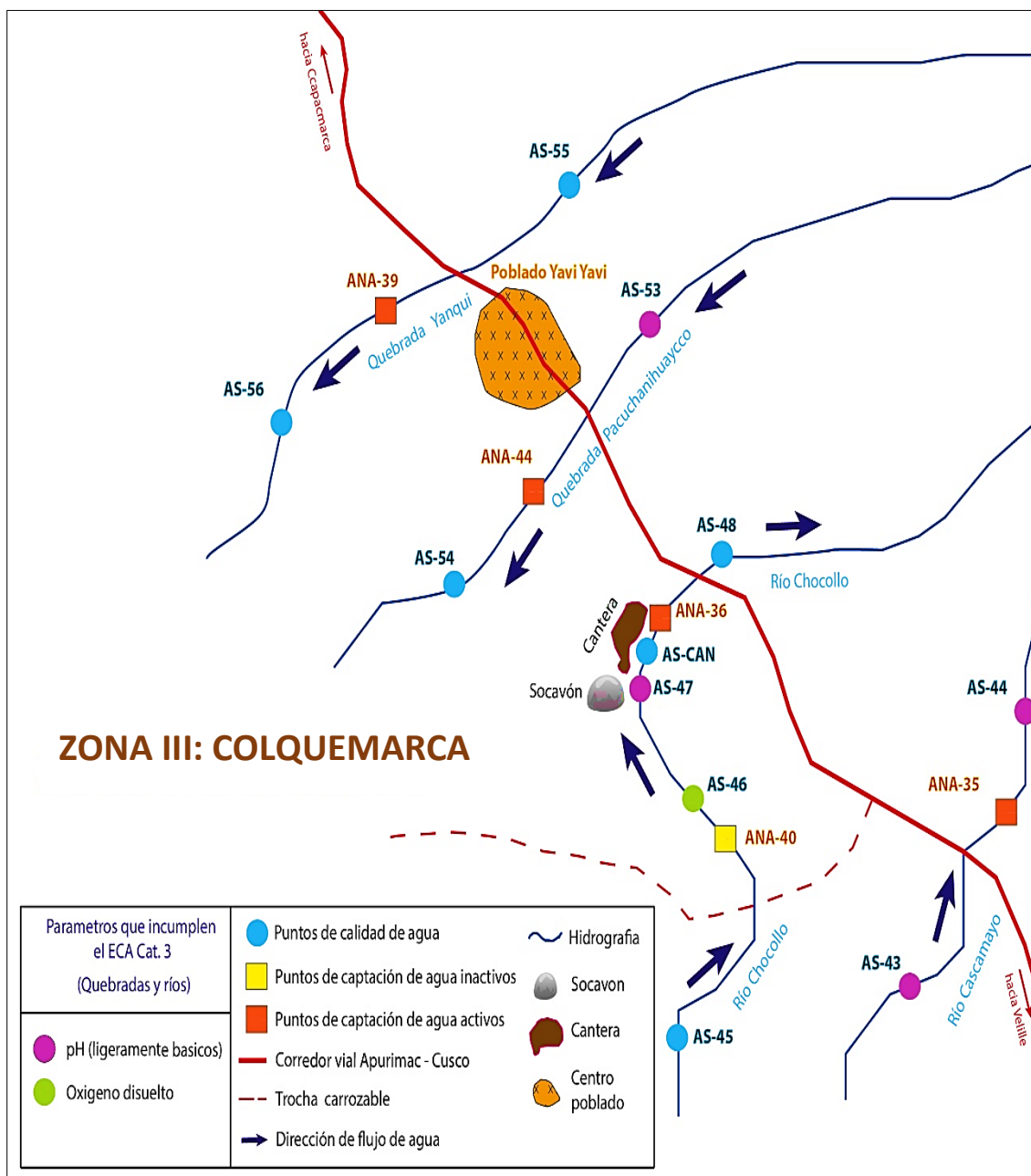


Figura 7.21. Esquema de distribución de puntos evaluados en la zona III: Colquemarka

7.4. Zona IV: Santo Tomás

- Quebradas Tiendachayoc 2, Tiendachayoc 1 y sin nombre 2

Los valores y concentraciones de los parámetros evaluados en las quebradas Tiendachayoc 2 (AS-49 y AS-50) y Tiendachayoc 1 (AS-51 y AS-52) cumplieron con los ECA para agua categoría 3, al igual que el punto de muestreo ubicado en la poza que es usada como bebedero de los animales en la quebrada sin nombre 2 (AS-PHUI). En lo referente a los macroinvertebrados bentónicos de la quebrada Tiendachayoc 2 se encontró una diversidad mayor en el punto de muestreo ubicado aguas abajo (HB-50) de la captación de agua para riego de carretera ANA-63, con 11 especies y 2362 individuos, con respecto al punto ubicado aguas arriba (HB-49), el cual presentó una comunidad de macroinvertebrados bentónicos acuáticos menos desarrollada (6 especies y 331 individuos), resultado que concuerda con la mala calidad biológica reportada en este punto. Cabe mencionar que el punto de captación (ANA-63) se encontró inactivo durante la evaluación.

Por otro lado, en la quebrada Tiendachayoc 1 los resultados registraron una comunidad de macroinvertebrados bentónicos más diversa y con mayor abundancia en el punto de muestreo ubicado aguas arriba (HB-51) del punto de captación para riego de la carretera (ANA-42) con 14 especies y 479 individuos, en comparación con el punto de muestreo ubicado aguas abajo (HB-52) con 11 especies y 222 individuos, donde se observó la influencia de la población Huiniquiri (7.23). Por el contrario, para el caso de peces, la especie reportada (*Trichomycterus* cf. *rivulatus*) fue más abundante aguas abajo, donde se observó mayor disponibilidad de mesohábitats, dado que el cauce fue más ancho; además el cuerpo de agua recibe el aporte de materia orgánica de la población cercana, lo cual podría estar siendo aprovechada por esta especie (Figura 7.22).

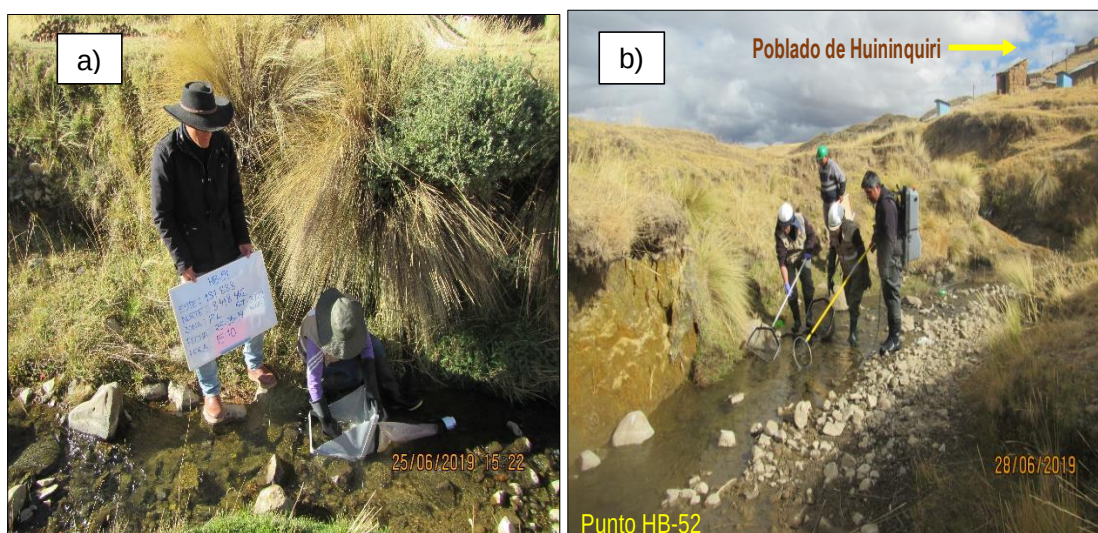


Figura 7.22. Características de puntos de muestreo localizados en la quebrada Tiendachayoc 1: a) HB-51 y b) HB-52

Cabe mencionar que, la concentración de cobre en el sedimento del punto de muestreo SED-52 incumplió con el valor ISQG de la guía canadiense, pero las concentraciones de cobre en los demás puntos de muestreo evaluados en la zona IV Santo Tomás, cumplieron con los valores de la guía canadiense.

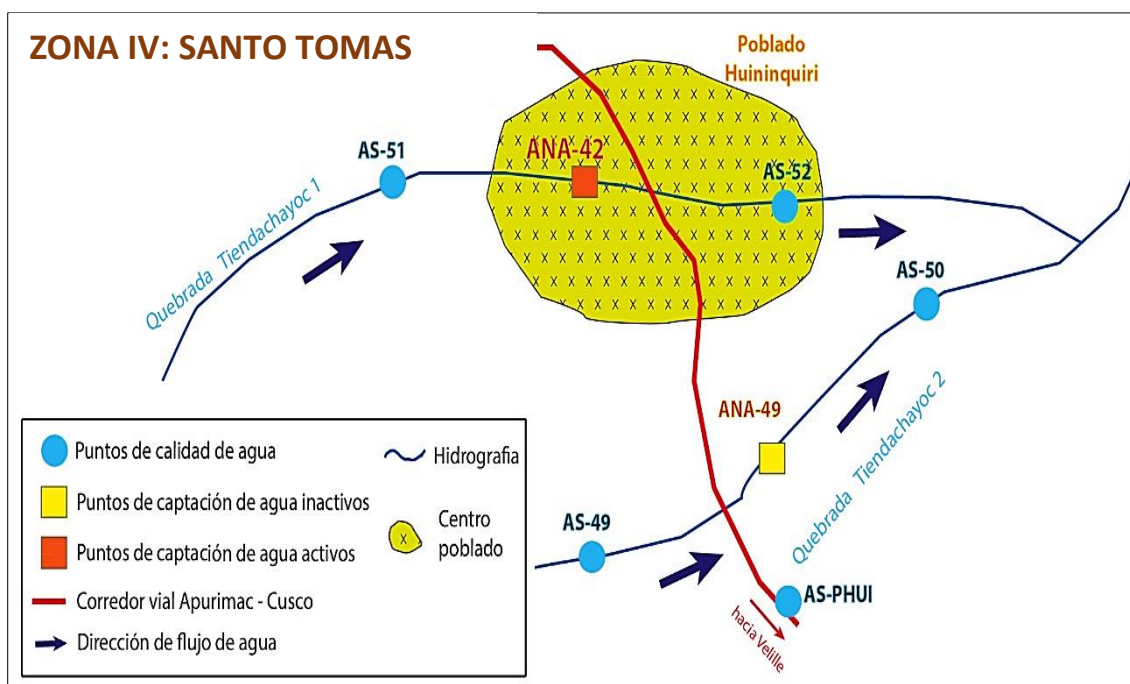


Figura 7.23. Esquema de distribución de puntos evaluados en la zona IV: Santo Tomás

7.5. Zona V: Ccapacmarca

- Ambiente léntico
 - Laguna Orccococha

La laguna Orccococha presentó un pH de 10,19 unidades (alcalino) e incumplió con los ECA para agua Cat.4 – E1. La alcalinidad podría estar relacionada con la presencia de rocas carbonatadas propias de la interacción que ocurre en los yacimientos minerales de tipo *Skarn* que existen en la zona. Mientras que, los resultados de macroinvertebrados bentónicos reportaron una comunidad moderadamente desarrollada (7 especies y 623 individuos). Cabe resaltar que, durante la evaluación no se evidenció extracción de aguas de esta laguna.

- Ambientes loticos
 - Río Yanqui

En el sedimento del río Yanqui las concentraciones de arsénico y cadmio en el punto SED-57, y de cobre, plomo y zinc en los puntos SED-57 y SED-58, incumplieron con los valores ISGQ y/o PEL de la guía canadiense; la presencia de estos metales se debería a que los puntos de muestreo se ubicaron cercanos a zonas mineralizadas como La Poderosa (Pb y Ag), La Poderosa 1 (Pb) y Carmelitana (Pb, Zn y Ag)¹⁶. Además, la evaluación de suelos realizado a aproximadamente 1,5 km al norte de este río se encontró concentraciones de cadmio y plomo que superaron los ECA para suelo Agrícola (D.S. N.º 011-2017-MINAM) y

¹⁶ Estudio de los recursos minerales del Perú, Franja N.º 2 – Dirección de Geología Económica y prospección minera. INGEMMET – 2002.

también se reportó concentraciones de zinc en el suelo¹⁷; estos metales por arrastres de las lluvias podrían estar depositándose en los sedimentos de los cuerpos de agua cercanos; no obstante, estos metales no se encontrarían disponibles ya que en el agua superficial cumplieron con los ECA para agua Cat.3, asimismo los resultados de los macroinvertebrados bentónicos evaluados presentaron mayor diversidad aguas arriba (HB-57) en comparación al punto de muestreo ubicado aguas abajo (HB-58) del punto de captación de agua para riego de carretera ANA-41, pero ambos ambientes presentaron una comunidad moderadamente desarrollada y un ambiente ecológico bueno, esto indicaría que la presencia de metales en el sedimento no está afectando el desarrollo de las comunidades hidrobiológicas. Por otro lado, es importante mencionar que el punto de muestreo ubicado aguas arriba (AS-57) corresponde a un ambiente modificado para la actividad de cultivo de trucha: Piscigranja (Figura 7.24).



Figura 7.24. Actividades acuícolas realizadas en el río Yanqui

○ Quebrada Ccochapata

En la quebrada Ccochapata se observó el incremento del pH desde el punto de muestreo localizado aguas arriba (AS-63) del punto de captación de agua para riego de carretera ANA-15, hacia punto de muestreo localizado aguas abajo (AS-64), llegando a incumplir los ECA para agua Cat.3. Por otro lado, la concentración de cobre en el sedimento del punto de muestreo SED-64 incumplió con el valor ISGQ de la guía canadiense. En tanto los resultados de macroinvertebrados bentónicos presentaron mayor riqueza aguas arriba (HB-63), con 14 especies, en comparación a aguas abajo (HB-64) de la captación, con 7 especies. Además, se reportó un estado ecológico malo aguas abajo debido a la presencia de especies

¹⁷ Informes de ensayo de ALS: 46365/2019 del informe «Evaluación de la calidad del suelo en el marco de la fiscalización ambiental en el Corredor vial Apurímac-Cusco en el ámbito de la provincia Chumbivilcas, departamento Cusco en el 2019».

tolerantes. Estos resultados guardarían relación con una disminución mínima del caudal (4,65 a 3,4 L/s) aguas abajo, así como por la influencia de la población cercana al cuerpo de agua (Figura 7.24). Cabe mencionar que el punto de captación ANA-15 se encontró inactivo durante la evaluación.

- Quebrada Pinco

El valor de pH en el punto de muestreo AS-65 ubicado en la quebrada Pinco, aguas arriba del punto de captación para riego de carretera ANA-14 fue ligeramente alcalino e incumplió los ECA para agua Cat.3; no obstante, aguas abajo (AS-66) disminuyó su alcalinidad y cumplió con los estándares mencionados. Las concentraciones de los metales registrados en los sedimentos de los 2 puntos evaluados en esta quebrada (SED-65 y SED-66) se encontraron por debajo de los valores ISGQ y PEL de la guía canadiense. Además, la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en ambos puntos de muestreo presentaron una composición de especies similar y un estado ecológico moderado.

- Quebrada Cotaña

El valor del pH en el punto de muestreo AS-67 ubicado en la quebrada Cotaña, aguas arriba del punto de captación para riego de carretera ANA-12 cumplió los ECA para agua Cat.3; pero aguas abajo presentó un ligero incremento (alcalino) e incumplió de esta manera con los estándares mencionados. En el sedimento las concentraciones de cobre del punto de muestreo SED-68 y mercurio del punto de muestreo SED-67 se encontraron excediendo el valor ISGQ de la de la guía canadiense. Además, la comunidad de macroinvertebrados bentónicos reportó una similar composición de especies y diversidad moderada con la presencia de organismos tolerantes de la familia Chironomidae en el punto de muestreo HB-68, en comparación al punto de muestreo HB-67 ubicado aguas arriba del punto de captación para riego de carretera ANA-12. Cabe señalar que, el punto de captación durante el monitoreo se encontró inactivo.

- Quebrada Huascabamba

Los resultados de los parámetros evaluados en el agua de la quebrada Huascabamba (AS-71 y AS-72) cumplieron con los ECA para agua Cat.3, de igual manera las concentraciones de los metales en los sedimentos se encontraron por debajo de los valores ISGQ y PEL de la guía canadiense. Por otro lado, la comunidad de macroinvertebrados bentónicos presentó una diversidad similar en los tramos evaluados; sin embargo, aguas abajo del punto de captación para riego de carretera ANA-9, se reportó un estado ecológico malo atribuido a la presencia de especies tolerantes de la familia Dugesidae, los cuales fueron reportados como tolerantes intermedios a ambientes con alto enriquecimiento orgánico (Mazzoni *et al.*, 2014) y *Cricotopus* sp. que está presente en ambientes con abundante materia orgánica (Navarrete *et al.*, 2004). Cabe mencionar que aguas abajo en el punto de muestreo HB-72 se observó una mayor entrada de materia orgánica de origen antrópico (cercanía a centro poblado Huascabamba) y también se dio una disminución significativa del caudal (18,5 L/s), producto principalmente de las derivaciones del agua para riego de cultivos en la zona (Figura 7.25).

- Río Sayhua y Quebrada Qochayoc (Qochacc Huayco)

En los puntos evaluados en el río Sayhua, aguas arriba (AS-73) y aguas abajo (AS-74) del punto captación para riego de carretera ANA-10 se evidenció que los valores y concentraciones de los parámetros evaluados cumplieron con los ECA para agua Cat.3. Asimismo, las concentraciones de los metales evaluados en el sedimento (arsénico, cadmio, cobre, cobalto, plomo, mercurio y zinc) cumplieron con los valores ISQG y PEL de la guía canadiense. Estos resultados concuerdan con lo reportado por la comunidad de

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

macroinvertebrados bentónicos y peces ya que tanto aguas arriba como aguas abajo de la captación ANA-10, presentaron similar composición de riqueza y abundancia, debido a que en el tramo evaluado (HB-73 a HB-74) el caudal presentó flujo abundante, que minimiza cualquier impacto que podría generarse por la toma de agua de las cisternas. Ambos puntos evaluados presentaron un buen estado ecológico.

De igual manera en los puntos evaluados en la quebrada Qochayoc (Qochacc Huayco) se evidenció que los valores y concentraciones de los parámetros evaluados en el agua y sedimentos cumplieron con los estándares antes mencionados, y las comunidades de macroinvertebrados bentónicos, presentaron una diversidad similar tanto aguas arriba (AS-69) como aguas abajo (AS-70) del punto de captación para riego de carretera ANA-11, presentando un buen estado ecológico.

- Quebrada Herhuayco

En los puntos evaluados en la quebrada Herhuayco los valores y concentraciones de los parámetros evaluados en el agua superficial cumplieron con los ECA para agua Cat. 3; sin embargo, la concentración de cobre, en el sedimento del punto de muestreo ubicado aguas abajo (SED-60) del punto de captación para riego de carretera ANA-45, superó el valor ISQG de la guía canadiense. Por otro lado, la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en los 2 puntos evaluados reportaron una comunidad desarrollada, siendo mayor la diversidad en el punto de muestreo HB-60 con 15 especies y 1685 individuos, ubicado aguas abajo del punto de captación (ANA-45), el cual se encontró inactivo. Cabe mencionar que presentaron un buen estado ecológico.

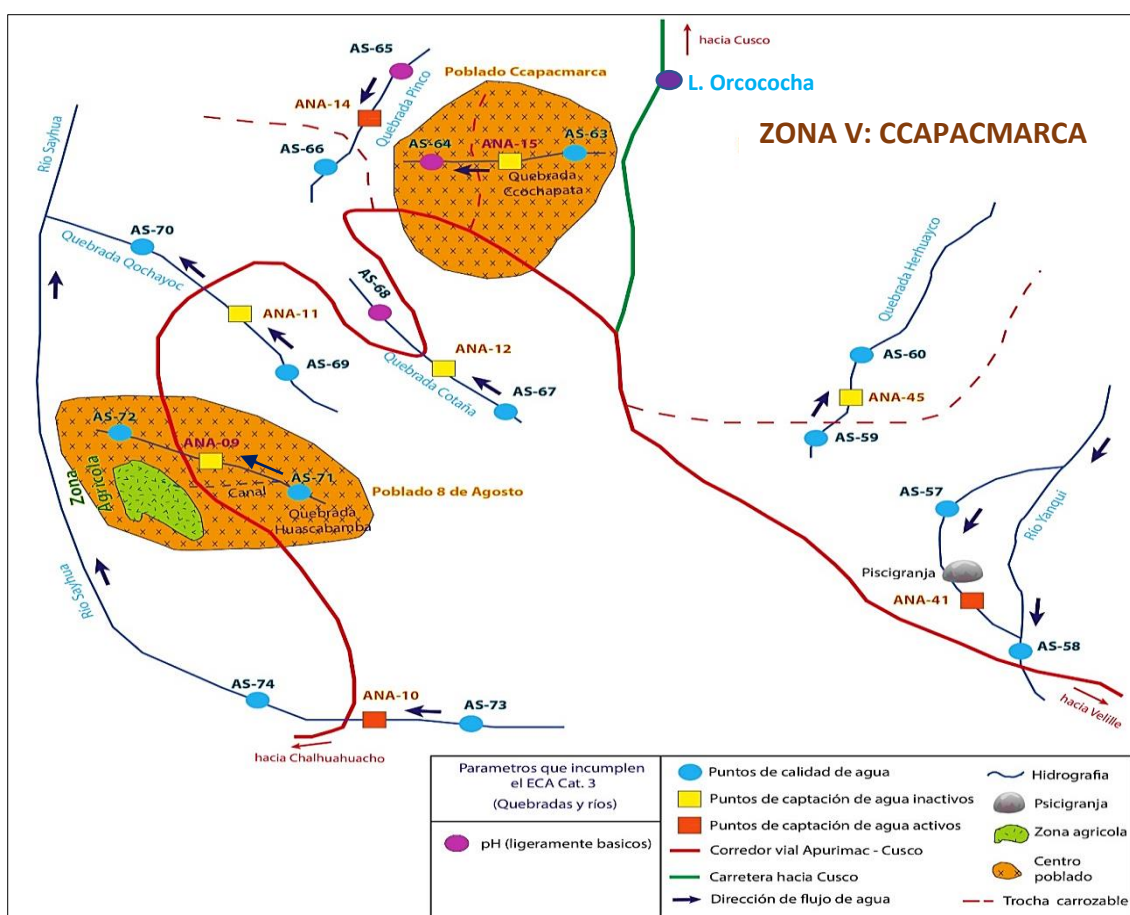


Figura 7.25. Esquema de distribución de puntos evaluados en la zona V: Ccapacmarca

- El riego constante a lo largo de la ruta de corredor vial como parte de los compromisos establecidos en la «Tercera Modificación del Estudio de Impacto Ambiental detallado de la Unidad Minera Las Bambas»¹⁸ estaría afectando a algunos cuerpos de agua (quebrada Llacupe 3, quebrada Huaylla Huaylla, bofedal Huaylla Huaylla, bofedal Huaylla Huaylla 2, quebrada Sayarani 2 y quebrada Choquilla - Caychapampa), debido a que aguas arriba de los puntos de captación de agua para riego de la carretera se verificó mayor diversidad de macroinvertebrados bentónicos y mayor abundancia de peces en comparación a los puntos ubicados aguas abajo. Además, los bofedales están siendo afectados directamente por la captación de agua para riego de la carretera, a pesar de ser ecosistemas frágiles y brindar diversos servicios ecosistémicos a la población.
- Es importante mencionar que la presencia de concentraciones de cobre en todos los puntos de muestreo de sedimento se debería a que la zona evaluada (para todos los distritos) se ubican dentro la franja metalogenética¹⁹ XV «Pórfidos – *skarns* de Cu – Mo (Au, Zn) y depósitos de Cu, Au y Fe relacionados con intrusivos del Eoceno - Oligoceno» (INGEMMET).

7.6. Comparación con el informe de la municipalidad de Velille

En referencia al informe técnico «Impacto ambiental y social del proyecto minero las bambas en la ruta del corredor minero, distrito Velille, provincia Chumbivilcas, región Cusco», elaborado el 2019 por la municipalidad de Velille, es importante mencionar que en este informe técnico fue evaluada la laguna Warmiyoq Qocha, la cual se encuentra a 7 km (línea recta) aproximadamente de la laguna Huaylla Huaylla, zona más cercana del área de estudio del OEFA (Figura 7.26). En ese sentido no se pudo realizar ningún análisis con los resultados, ya que en el presente monitoreo no se evaluó la laguna antes mencionada.

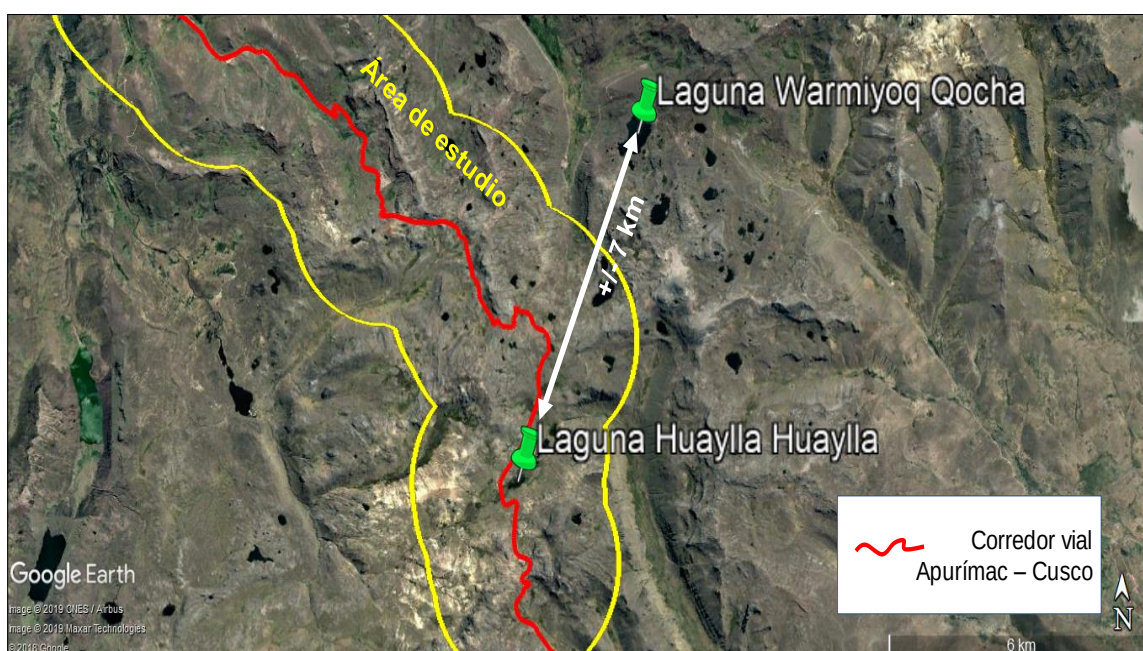


Figura 7.26. Lejanía de la laguna Warmiyoq Qocha sobre el área de estudio del OEFA

¹⁸ Tercera Modificación del Estudio de Impacto Ambiental detallado de la Unidad Minera Las Bambas, aprobado mediante Resolución Directoral N.º 016-2018-SENACE-PE/DEAR.

¹⁹ Son cinturones o fajas que se caracterizan por tener en común la distribución de uno o más tipos de yacimientos en particular de una época metalogenética específica.

8. CONCLUSIONES

- **Zona I: Livitaca**

En esta zona se evaluaron 9 cuerpos de agua de los cuales:

Las quebradas Huaylla Huaylla y Llacupe 03, y los bofedales Huaylla Huaylla y Huaylla Huaylla 2 fueron afectados por el empozamiento y por la extracción del agua para el riego de la carretera, ya que aguas abajo de las captaciones no se registró flujo de agua (seco).

Las quebradas Llacupe 01 y Llacupe 02, y el bofedal Soroccocha no fueron influenciados por el empozamiento ni por la extracción del agua para el riego de la carretera, debido a que aguas arriba y aguas abajo de los puntos de captación, la calidad del agua superficial, sedimento, así como la diversidad de las comunidades hidrobiológicas y el caudal fueron similares.

El estanque Huaylla Huaylla, próximo a un bofedal y posible punto de captación, presentó un pH ligeramente ácido con presencia de manganeso; además, de una comunidad de macroinvertebrados bentónicos poco desarrollada.

En la laguna Huaylla Huaylla todos los parámetros evaluados en agua superficial y sedimento cumplieron con los ECA para agua, categoría 4 (2017) y no excedieron referencialmente la norma canadiense (CEGQ - Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life - Fresh Water) respectivamente; la buena calidad de la laguna se corrobora con la diversidad de macroinvertebrados bentónicos y la presencia de peces del género Orestias (especie endémica de la región andina), que demuestra una buena integridad ecológica del ecosistema acuático.

- **Zona II: Velille**

Las quebradas Sayarani 2 y Caychapampa fueron afectados por el empozamiento y por la extracción del agua para el riego de la carretera, ya que aguas abajo de las captaciones se registró una disminución del caudal afectando el desarrollo de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos, debido a que aguas abajo del punto de captación se registraron menor riqueza y abundancia de esta comunidad, respecto a los puntos ubicados aguas arriba. Sin embargo, todos los parámetros evaluados (tanto aguas arriba como aguas abajo de la captación) cumplieron con los ECA para agua, categoría 3 (2017) y los metales en los sedimentos no excedieron referencialmente la norma canadiense (CEGQ - Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life - Fresh Water).

Los ríos Velille y Tres Vados, y las quebradas Sayarani, Cchacaylla, Choquella, Para Ccaylla, Caychapampa, sin nombre 1, Ccochaura y Capuraya no fueron influenciados por el empozamiento ni por la extracción del agua para el riego de la carretera, debido a que aguas arriba y aguas abajo de los puntos de captación, la calidad del agua superficial, sedimento, así como la diversidad de las comunidades hidrobiológicas y el caudal fueron similares. En los cuerpos de agua mencionados, los parámetros evaluados en agua superficial cumplieron con los ECA para agua categoría 3 (2017) y los metales en sedimento no excedieron referencialmente la norma canadiense (CEGQ - Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life - Fresh Water); a excepción del pH (alcalino) y boro en el agua y arsénico en el sedimento del río Velille (aguas arriba y aguas abajo del punto de captación). Es importante mencionar que aguas abajo del punto de captación, los metales analizados en el tejido de los peces (trucha) fueron menores a los contenidos máximos permitidos de

metales pesados en productos pesqueros y acuícolas de consumo humano directo según Sanipes.

- **Zona III: Colquamarca**

Los ríos Cascamayo y Chocollo, y las quebradas Pacuchanihuaycco y Yanqui no fueron influenciados por el empozamiento ni por la extracción del agua para el riego de la carretera, debido a que aguas arriba y aguas abajo de los puntos de captación, la calidad del agua superficial, sedimento, así como la diversidad de las comunidades hidrobiológicas y el caudal fueron similares.

- **Zona IV: Santo Tomás**

Las quebradas Tiendachayoc 2 y Tiendachayoc 1 no fueron influenciados por el empozamiento ni por la extracción del agua para el riego de la carretera, debido a que aguas arriba y aguas abajo de los puntos de captación, la calidad del agua superficial, sedimento, así como la diversidad de las comunidades hidrobiológicas y el caudal fueron similares. Cabe indicar que todos los parámetros evaluados en estas quebradas cumplieron con los ECA para agua, categoría 3 (2017), donde los metales presentes en los sedimentos no influyeron en la calidad del agua superficial. Asimismo, los parámetros evaluados en agua de la quebrada sin nombre 2 (bebedero de animales) cumplieron con los ECA. En la quebrada Tiendachayoc 1 se registró la especie *Trichomycterus rivulatus* (pez endémico de la región andina) tanto aguas arriba como aguas abajo del punto de captación.

- **Zona V: Ccapacmarca**

Los ríos Yanqui y Sayhua, y las quebradas Ccochapata, Pinco, Cotaña, y Qochayoc no fueron influenciados por el empozamiento ni por la extracción del agua para el riego de la carretera, debido a que aguas arriba y aguas abajo de los puntos de captación, la calidad del agua superficial, así como la diversidad de las comunidades hidrobiológicas y el caudal fueron similares. La quebrada Huascabamba presentó disminución del caudal aguas abajo debido a la derivación del caudal para riego de cultivos, cabe mencionar que el punto de captación en esta quebrada se encontró inactivo. Los metales presentes en los sedimentos de los cuerpos de agua mencionados no excedieron referencialmente los valores ISQG de la norma canadiense, por tanto, no influyeron en la calidad del agua.

Las concentraciones de arsénico, cadmio, cobre, plomo y zinc presentes en los sedimentos del río Yanqui, y el mercurio en el sedimento de la quebrada Cotaña, a pesar de exceder los valores ISQG o PEL no influyen en la calidad del agua superficial de estas quebradas ni en la diversidad de macroinvertebrados bentónicos, ya que se reportó especies sensibles tanto aguas arriba como aguas abajo de los puntos de captación.

Todos los parámetros evaluados en la laguna Orccococha cumplieron con los ECA para agua categoría 4, excepto el pH (alcalino), además en esta laguna se registró diversidad moderada de macroinvertebrados bentónicos. Es importante mencionar que, en el momento de la evaluación no se evidenció la toma de agua de esta laguna para el riego de la carretera.

9. REFERENCIAS

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. *Limnética*, 28(1): 35-64.

Aigo, J., Cussac, V., Peris, S., Ortubay, S., Gómez, S., López, H., Gross, M., Barriga, J. & Battini, M. (2008). Distribution of introduced and native fish in Patagonia (Argentina): patterns and changes in fish assemblages. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 18(4), 387-408.

Armitage P. D., R. J. M. Gunn, M. T. Furse, J. F. Wright & D. Moss. 1987. The use of prediction to assess macroinvertebrate response to river regulation. *Hidrobiologia*, 144: 25-32.

Bunn SE and Arthington AH (2002). Basic Principles and Ecological Consequences of Altered Flow Regimes for Aquatic Biodiversity. *Environmental Management* 30 (4): 492–507. DOI: 10.1007/s00267-002-2737-0

Chocano, L. 2005. Las zonas alto andinas peruanas y su ictiofauna endémica. *Revista virtual de la Universidad Autónoma de México*. 6(8), art. 82.

Crispin, M. 2015. Valoración económica ambiental de los bofedales del distrito de Pilpichaca, Huancavelica, Perú. Universidad Nacional Agraria la Molina (Tesis para optar el grado de magister).

Dynesius, M. and C. Nilsson. 1994. Fragmentation and flow regulation of river systems in the Northern Third of the world. *Scierzce*, 266: 753-762.

Encalada, A.; 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.

Fjeldsa, J y Krabbe, N. 1990. *Birds of the high Andes*. Zoological Museum. University of Copenhagen. Copenhagen, Dinamarca. 800 pp.

Hammer, O, Harper, D.A.T., Ryan, P.D. (2001). PAST: Paleontological statistics Software (Version 3.15) [Software]. Disponible desde: <http://folk.uio.no/ohammer/past/>

Hill, M. (1973). Diversity and evenness: a unifying notation and its consequences. *Ecology*, 54(2), 427–432.

INGEMMET. (1994). Geología – cuadrángulo del Cusco (52s) y Livitaca.

INGEMMET. (2002). Estudio de los recursos minerales del Perú, Franja N.º 2 – Dirección de Geología Económica y prospección minera.

INTAGRI S.C. (2001) Manejo y corrección de la acidez de los suelos. Disponible desde: <https://www.intagri.com/articulos/suelos/manejo-y-correccion-de-acidez-de-suelo>

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

Lenat D. R . 1993 - A biotic index for the southeastern United States: derivation and list of tolerance values, with criteria for assigning water-quality ratings - J. N. Am. Benthol. Soc. 12: 279-290.

Mazzoni AC, Lanzer R, Schafer A. 2014. Tolerance of benthic macroinvertebrates to organic enrichment in highland streams of northeastern Rio Grande do Sul, Brazil. *Acta Limnol Bras* 26: 119–128.

Ministerio de agricultura y riego. (2013). Definición establecida en la Política Nacional Forestal y de Fauna Silvestre - Decreto Supremo N.º 009-2013-MINAGRI.

Ministerio del Ambiente (MINAM). 2014. Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM) - Museo de Historia Natural (MHN). Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú. LIMA, PERU. / Departamento de Limnología, Departamento de Ictiología, Lima: Ministerio del Ambiente. 75 p.

Municipalidad distrital de Velille. (2019). Impacto ambiental y social del proyecto minero las Bambas en la ruta del corredor minero, distrito de Velille, provincia de Chumbivilcas, región Cusco.

Murillo, K. y D. Jukofsky. s/a. (2001). Guía de periodismo sobre Humedales de Centroamérica. Rainforest Alliance / US Fish and Wildlife Service

Navarrete, N; Fernández, Contreras, G. E, 2004. Abundancia de Quironómidos (Diptera: Chironomidae) en el bordo "JC" del norte del Estado de México en el periodo de secas. Hidrobiológica 14(2): 157-160.

Ortega, H. Max Hidalgo, Giannina Trevejo, Ericka Correa, Ana María Cortijo, Vanessa Meza y Jessica Espino. (2012). Lista anotada de los peces de aguas continentales del Perú: Estado actual del conocimiento, distribución, usos y aspectos de conservación. Pp 56.

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.

Poff, N. L., Allan, J. D., Bain, M. B., Karr, J. R., Prestegard, K. L., Richter, B. D. Sparks, R. E. y Stromberg, J. C. 1997. The Natural Flow Regime: A paradigm for river conservation and restoration. BioScience, 47(11): 769-784.

SEGEMAR-UNSAM. (2003). Sales –Seminario de estudios sobre el ciclo minerales-Materiales. Publicación técnica N° 9. ED 2005. ISSN N° 0329-5230

Tapia, L; Sánchez, T; Baylon, M; Jara, E; Arteaga, C, Maceda, D; Salvatierra, A. Invertebrados Bentónicos como indicadores de calidad de agua en las lagunas altoandinas del Perú. Ecología Aplicada, 17(2),2018

Ward, J. V. 1984. Stream regulation of the upper Colorado river: channel configuration and thermal heterogeneity. Verh. Interz. Vereinz. Limnol., 22: 1862- 1866.

10. ANEXOS

Anexo 1: Mapas

Anexo 2: Reporte de campo

Anexo 3: Reporte de resultados

Anexo 4: Puntos evaluados en la línea base ambiental del EIA 2011 comparados con los evaluados por el OEFA 2019.

Anexo 5: Actas de aprobación de plan de trabajo para la fiscalización ambiental a cargo del OEFA en la provincia Chumbivilcas.



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Subdirección Técnica
Científica

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

Es cuanto informamos a usted para los fines pertinentes.

Atentamente:

[LFAJARDO]

[LANCCO]

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

Atentamente:

[FGARCIA]



"Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado por el OEFA, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S. 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. N° 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de la siguiente dirección web: <https://sistemas.oefa.gob.pe/verifica> e ingresando la siguiente clave: 07112700"



07112700