

**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-I01-049955**INFORME N° 00270-2019-OEFA/DEAM-STE**

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

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

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

ASUNTO : Evaluación de la calidad del agua superficial, sedimentos y comunidades hidrobiológicas en el marco de la fiscalización ambiental en el Corredor vial Yaurisque – Paccaritambo - Ccapi en el ámbito de la provincia Paruro, departamento Cusco en el 2019

CUE : 2019-01-0041

CÓDIGO DE ACCIÓN : 0016-06-2019-401

REFERENCIA : Acta de reunión Técnica del 12 de junio de 2019 para la presentación y aprobación del plan de Trabajo para la Fiscalización Ambiental a cargo del OEFA en el corredor económico Yaurisque-Paccaritambo-Ccapi de la provincia de Paruro

Memorando N.º 1565-2019-OEFA/DSEM
(Registro N.º 2019-I01-031643)

FECHA : Lima, 30 de octubre 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 Yaurisque - Paccaritambo - Ccapi en los tramos localizados en la provincia Paruro, departamento Cusco.
b.	Problemática identificada	Posible alteración de los cuerpos de agua, generada por la extracción del agua para riego del corredor vial Yaurisque - Paccaritambo – Ccapi.
c.	La actividad se realizó en el marco de	Fiscalización ambiental en el Corredor vial Yaurisque - Paccaritambo - Ccapi ámbito de la provincia Paruro, departamento Cusco.
e.	Periodo de ejecución	Del 03 al 07 de julio de 2019

Profesionales que aportaron a este documento:

Tabla 1.2. Listado de profesionales

N.º	Nombres y Apellidos	Profesión	Actividad desarrollada
1	Lázaro Walther Fajardo Vargas	Ing. Químico	Gabinete
2	Luis Ángel Ancco Pichuilla	Ing. Químico	Gabinete
3	Rossan López Tarazona	Ing. Ambiental	Gabinete/campo
4	Silvia Soledad Valenzuela Reyna	Bióloga con mención en hidrobiología y pesquería	Gabinete/campo
5	Gady Janine Ascencio Jurado	Ing. Químico	Gabinete

2. INTRODUCCIÓN

El transporte de combustible, anfo, personal y el proceso de riego en el corredor vial Yaurisque – Paccaritambo - Ccapi, podría estar alterando la cantidad y calidad del agua superficial, sedimentos y comunidades hidrobiológicas, según los pobladores habitantes aledaños a este corredor. Por este motivo, la municipalidad provincial de Paruro solicitó¹ al Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA), realizar una evaluación ambiental en el ámbito del corredor vial Yaurisque – Paccaritambo - Ccapi 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 Yaurisque, Paccaritambo y Ccapi de la provincia de Paruro (en adelante, los acreditados) un reconocimiento del 08 al 09 de mayo de 2019, a los cuerpos de agua vinculados; donde se establecieron 15 puntos de evaluación, principalmente 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 autorizados por la Autoridad Nacional del Agua – ANA a la unidad minera Las Bambas administrada por Empresa Minera Las Bambas S.A, para el riego del corredor vial Yaurisque – Paccaritambo - Ccapi. Además, se establecieron puntos de muestreo aguas arriba y aguas abajo de las zonas usadas como lavaderos de vehículos, así como los usados para bebederos del ganado vacuno y ovino.

Para la determinación de la calidad de agua se consideraron 28 puntos de muestreo de agua superficial (dos de los puntos se encontraron inaccesibles), 21 puntos de muestreo de sedimentos y 20 puntos de muestreo para la evaluación hidrobiológica; los puntos de sedimentos e hidrobiología fueron ubicados en los mismos lugares de los puntos de muestreo de calidad de agua superficial. La ejecución del monitoreo se realizó del 03 al 07 julio de 2019.

Finalmente, en el presente informe se presentan los análisis de 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 aprobado mediante 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 densidad de macroinvertebrados bentónicos, adicionalmente se

¹ Acta de reunión técnica para consolidar el Plan de Trabajo para la Fiscalización Ambiental a cargo del OEFA en el corredor económico de la provincia de Paruro, del 07 de mayo del 2019 (Anexo 4).

realizó una evaluación de la calidad ecológica de los ambientes acuáticos.

3. OBJETIVO

Evaluar si el empozamiento y la extracción de agua para riego de la carreta están influenciando en las características del agua superficial, sedimentos y comunidades hidrobiológicas de los cuerpos de agua aledaños al Corredor vial Yaurisque – Paccaritambo - Ccapi, en el ámbito de la provincia Paruro, departamento de Cusco.

4. ÁREA DE ESTUDIO

Políticamente el área de estudio comprende a los cuerpos de agua aledaños al Corredor vial Yaurisque – Paccaritambo - Ccapi en el ámbito de la provincia Paruro, departamento Cusco (Tabla 4.1). Hidrográficamente todos los cuerpos de agua evaluados descargan sus aguas directa o indirectamente a los ríos Velille y Apurímac, los cuales se encuentran dentro de la Intercuenca Alto Apurímac, identificado con código 4999².

Para el estudio se consideraron 3 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 superficial evaluados en el ámbito de la provincia de Paruro, departamento Cusco

Zona	Ambiente	Nombre del cuerpo de agua
Zona I: Ccapi	Lótico	Manantial sin nombre 1
		Quebrada sin nombre 1
		Quebrada Ccoyabamba
		Quebrada Yuscamayo
		Quebrada sin nombre 2
		Río Velille
Zona II: Paccaritambo	Lótico	Quebrada Miscabamba II
		Quebrada Miscabamba I
		Quebrada Coypa I
		Quebrada Huanipampa
Zona III: Yaurisque	Lótico	Quebrada Paruro
		Quebrada Yaurisque
		Río Pomate

En el Anexo 1 se presenta el mapa de la ubicación del área de estudio y en la Figura 4.1 la distribución de los puntos de muestreo de calidad de agua, sedimentos y comunidades hidrobiológicas en el área evaluada.

² 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.

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

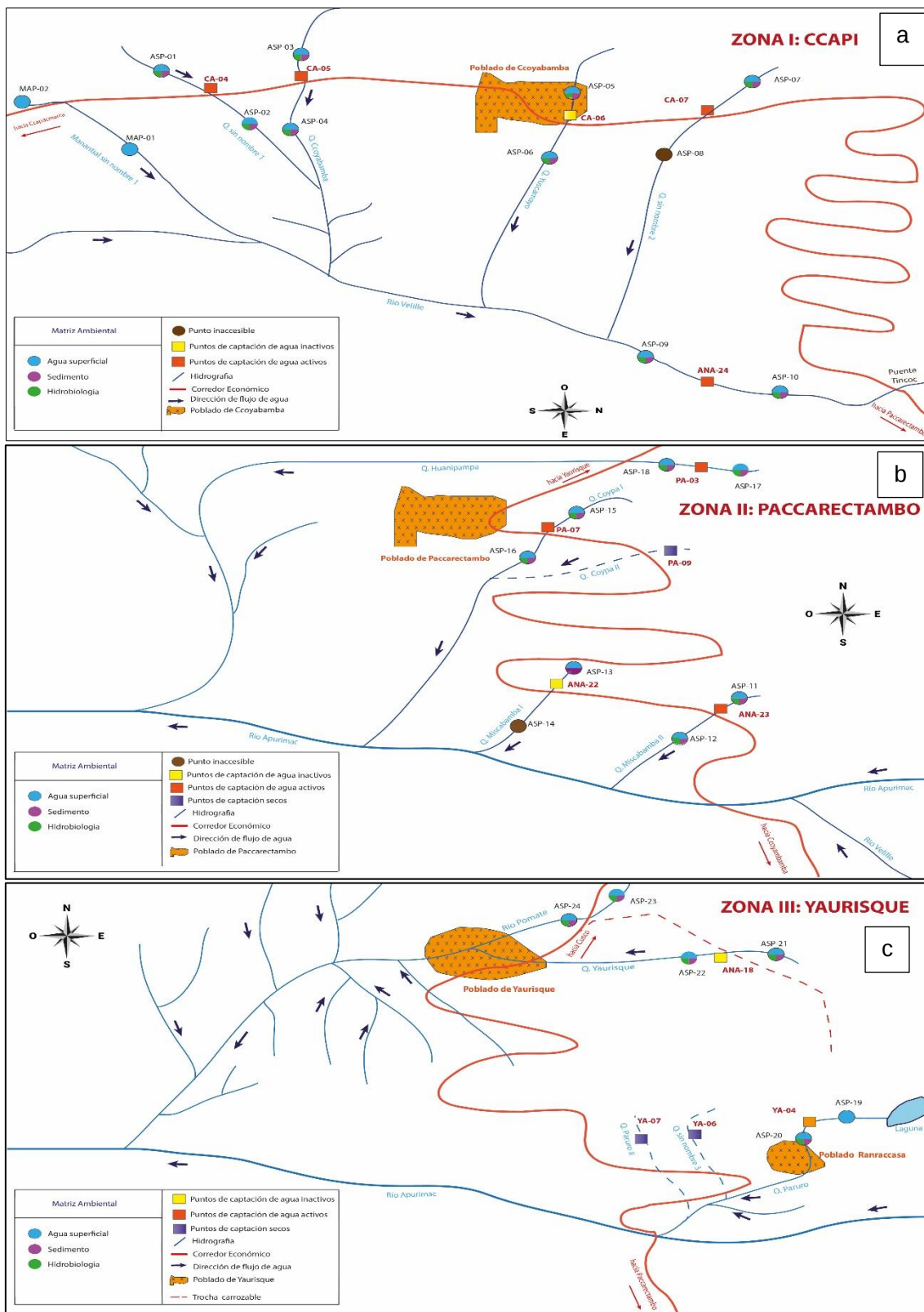


Figura 4.1 Distribución de los puntos de muestreo de agua, sedimento e hidrobiología: a) Zona I: Ccapi, b) Zona II: Paccaritambo y c) Zona III: Yaurisque

5. METODOLOGÍA

A continuación, se detalla la metodología utilizada 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 muestreo; también se indican los parámetros evaluados y equipos utilizados; finalmente se mencionan 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 aprobado mediante Resolución Jefatural N.º 010-2016-ANA (en adelante, protocolo de la ANA). En el mencionado capítulo se establecieron 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 simple³. El procedimiento para la toma de muestra tuvo las siguientes consideraciones:

- La medición de los parámetros de campo, tales como: potencial de hidrógeno (en adelante, pH), conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, temperatura y caudal, 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 los mencionados 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 para 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.

³ 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

El aseguramiento de la calidad de los blancos de campo y blancos viajeros 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 de calidad de agua, sedimento e hidrobiología, se establecieron considerando los siguientes criterios:

- 50 m aguas arriba y 200 m aguas abajo aproximadamente de los puntos determinados durante el reconocimiento realizado del 08 al 09 de mayo de 2019 (Anexo 4)⁴.
- 50 m aguas arriba y 200 m aguas abajo aproximadamente de los puntos autorizados a la unidad minera Las Bambas administrada por la Empresa Minera Las Bambas S.A., para el riego del Corredor vial Yaurisque - Paccaritambo - Ccapi.
- Puntos solicitados por los representantes acreditados por el municipio (uso para riego agrícola, lavadero de vehículos, etc.).

En la Tabla 5.1 se presenta la comparación de los puntos determinados por OEFA en el reconocimiento realizado del 08 al 09 de mayo de 2019 con los puntos autorizados a la Empresa Minera Las Bambas S.A. para el riego de carretera (corredor vial Yaurisque – Paccaritambo - Ccapi); donde se puede observar que, de 11 puntos determinados en el reconocimiento, 7 puntos coincidieron con los puntos autorizados. Cabe mencionar que, la diferencia de coordenadas de ± 10 m aproximadamente se deben principalmente a la ubicación de donde se tomó las coordenadas.

⁴

Anexo 4: Acta de conformidad entre OEFA y acreditados de los distritos de Ccapi, Paccaritambo y Yaurisque.

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

Tabla 5.1. Comparación de los puntos determinados por OEFA en el reconocimiento realizado del 08 al 09 de mayo de 2019 con los puntos autorizados a la Empresa Minera Las Bambas S.A. para el riego de carretera.

N.º	Puntos determinados por el OEFA en el reconocimiento					Puntos autorizados a la Empresa Minera Las Bambas S.A para el riego de carretera						
	Código	Coordenadas UTM WGS 84			Observación	Autorización	Coordenadas UTM WGS 84			Resolución Directoral	Autoridad Local del Agua	Duración
		Zona	Este (m)	Norte (m)			Zona	Este (m)	Norte (m)			
1	CA-01	19L	179523	8454628	Altitud 4321 m s.n.m	---	---	---	---	---	---	---
2	CA-04	19L	176959	8462439	Altitud 4079 m s.n.m	Renovación Autorización de Uso de Aguas Quebrada 113+150 (Ccoyabamba)	19L	176969	8462439	Nº 223-2019- ANA-AAA.PA	ALA Alto Apurímac Velille	02 años
3	CA-05	19L	177705	8462673	Altitud 4045 m s.n.m	---	---	---	---	---	---	---
4	CA-06	19L	181122	8464244	Altitud 3806 m s.n.m	---	---	---	---	---	---	---
5	CA-07 (ANA-27)	19L	181199	8465595	Altitud 3632 m s.n.m	Renovación Autorización de Uso de agua en Ccoyabamba km 112+860	19L	181188	8465600	Nº 874-2018- ANA-AAA.PA	ALA Alto Apurímac Velille	02 años
6	ANA-24	---	---	---	---	Renovación Autorización de Uso de Aguas en Tincoc	19L	182842	8468183	Nº 221-2019- ANA-AAA.PA	ALA Alto Apurímac Velille	02 años
7	ANA-23	---	---	---	---	Renovación Autorización de Uso de Aguas en Miscabamba II	19L	181275	8470304	Nº 244-2019- ANA-AAA.PA	ALA Alto Apurímac Velille	02 años
8	ANA-22	---	---	---	---	Renovación Autorización de Uso de Aguas en Miscabamba I	19L	180262	8471517	Nº 248-2019- ANA-AAA.PA	ALA Alto Apurímac Velille	02 años
9	PA-09	19L	181997	8473838	Altitud 3347 m s.n.m	Renovación Autorización de Uso de Aguas en Coypa II	19L	182013	8473849	Nº 246-2019- ANA-AAA.PA	ALA Alto Apurímac Velille	02 años



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 determinados por el OEFA en el reconocimiento					Puntos autorizados a la Empresa Minera Las Bambas S.A para el riego de carretera						
	Código	Coordenadas UTM WGS 84			Observación	Autorización	Coordenadas UTM WGS 84			Resolución Directoral	Autoridad Local del Agua	Duración
		Zona	Este (m)	Norte (m)			Zona	Este (m)	Norte (m)			
10	PA-07	19L	181354	8475871	Altitud 3390 m s.n.m	Renovación Autorización de Uso de Aguas en Coypa I	19L	181348	8475876	Nº 243-2019- ANA-AAA.PA	ALA Alto Apurímac Velille	02 años
11	PA-03	19L	183685	8478564	Altitud 3780 m s.n.m	Renovación Autorización de Uso de Aguas en Quebrada Huanipampa	19L	183685	8478563	Nº 245-2019- ANA-AAA.PA	ALA Alto Apurímac Velille	02 años
12	YA-07	19L	185156	8481005	Altitud 3838 m s.n.m	Renovación Autorización de Uso de Aguas en Quebrada Paruro	19L	185153	8481002	Nº 247-2019- ANA-AAA.PA	ALA Alto Apurímac Velille	02 años
13	YA-06	19L	185620	8483816	Altitud 3851 m s.n.m	---	---	---	---	---	---	---
14	YA-04	19L	186151	8485202	Altitud 3765 m s.n.m	Autorización de uso de agua- Quebrada Paruro Km. 112+860	19L	186151	8485197	Nº 873-2018- ANA-AAA.PA	ALA Alto Apurímac Velille	02 años
15	ANA-18	---	---	---	---	Renovación Autorización de Uso de Aguas en Quebrada Yaurisque	19L	183961	8487825	Nº 220-2019- ANA-AAA.PA	ALA Alto Apurímac Velille	02 años
16	PO-03	19L	183794	8489012	Altitud 3393 m s.n.m	---	---	---	---	---	---	---

Los códigos fueron asignados por el OEFA para facilitar las interpretaciones y los análisis de los resultados.

En ese sentido se definieron y evaluaron un total de 28 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 muestreo de agua superficial en los cuerpos de agua en el ámbito de la provincia Paruro, departamento Cusco

N°	Zona	Cuerpo de agua	Código OEFA	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 19L		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
				Este (m)	Norte (m)		
1	Zona I: Ccapi	Manantial sin nombre 1	MAP-01	179587	8453870	---	Punto en la quebrada que nace del manantial sin nombre 1, ubicado después del cruce de la carretera
2			MAP-02	179581	8453824	---	Manantial sin nombre 1, ubicado antes del cruce de la carretera
3		Quebrada Sin nombre 1	ASP-01	176923	8462474	4096	Aguas arriba del punto de captación de la quebrada sin nombre 1 ubicado en el km 113+150 (Ccoyabamba)
4			ASP-02	176999	8462420	4070	Aguas abajo del punto de captación de la quebrada sin nombre 1 ubicado en el km 113+150 (Ccoyabamba)
5		Quebrada Ccoyabamba	ASP-03	177678	8462718	4059	Aguas arriba del punto de captación de la quebrada Ccoyabamba
6			ASP-04	177725	8462626	4044	Aguas abajo del punto de captación de la quebrada Ccoyabamba
7		Quebrada Yuscamayo	ASP-05	180821	8464511	3811	Aguas arriba del punto de captación de la quebrada Yuscamayo
8			ASP-06	181259	8464570	3745	Aguas abajo del punto de captación de la quebrada Yuscamayo
9		Quebrada Sin nombre 2	ASP-07	180665	8465192	3797	Aguas arriba del punto de captación la quebrada ubicada en el km 112+860 en Ccoyabamba
10			CA-07 (ANA-27) **	181188	8465600	---	Punto de captación de agua para riego de la carretera en la quebrada sin nombre 2 ubicada en el km 112+860 en Ccoyabamba
11			ASP-08 (*)	181203	8465603	3632	Aguas abajo del punto de captación en la quebrada sin nombre 2 ubicada en el km 112+860 en Ccoyabamba
12		Río Velille	ASP-09	182817	8468038	2628	Aguas arriba del punto de captación del río Velille - Tincoc
13			ASP-10	182709	8468294	2654	Aguas abajo del punto de captación del río Velille - Tincoc
14	Zona II: Pacaritambo	Quebrada Miscabamba II	ASP-11	181263	8470350	2815	Aguas arriba del punto de captación en la quebrada Miscabamba II
15			ASP-12	181261	8470303	2804	Aguas abajo del punto de captación en la quebrada Miscabamba II
16		Quebrada Miscabamba I	ASP-13	180277	8471528	2975	Aguas arriba del punto de captación en la quebrada Miscabamba I
17			ANA-22 (**)	180262	8471517	---	Punto de captación de agua para riego de la carretera en la quebrada Miscabamba
18			ASP-14 (*)	180236	8471474	2950	Aguas abajo del punto de captación en la quebrada Miscabamba I
19		Quebrada Coypa I	ASP-15	181356	8475918	3351	Aguas arriba del punto de captación en la quebrada Coypa I
20			ASP-16	181340	8475812	3337	Aguas abajo del punto de captación en la quebrada Coypa I
21		Quebrada Huanipampa	ASP-17	183740	8478558	3790	Aguas arriba del punto de captación de la quebrada Huanipampa
22			ASP-18	183674	8478573	3763	Aguas abajo del punto de captación de la quebrada Huanipampa

**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 – Zona 19L		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
				Este (m)	Norte (m)		
23	Zona III: Yaurisque	Quebrada Paruro	ASP-19	186187	8485267	3781	Aguas arriba del punto de captación de la quebrada Paruro Km. 112+860
24			ASP-20	186135	8485157	3773	Aguas abajo del punto de captación de la quebrada Paruro Km. 112+860
25		Quebrada Yaurisque	ASP-21	184017	8487850	3395	Aguas arriba del punto de captación de la quebrada Yaurisque
26			ASP-22	183889	8487780	3360	Aguas abajo del punto de captación de la quebrada Yaurisque
27		Río Pomate	ASP-23	183597	8489252	3423	Aguas arriba del punto de lavado de carros en el río Pomate
28			ASP-24	183858	8488797	3422	Aguas abajo del punto de lavado de carros en el río Pomate

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

(*) No se llegó al punto debido a la inaccesibilidad y se registraron las coordenadas cerca de los puntos de captación de agua para riego de la carretera.

(**) Estos puntos de captación fueron considerados debido a que los puntos de monitoreo, aguas abajo fueron inaccesibles.

5.1.3. Parámetros y metodología de análisis

Los parámetros y métodos de ensayo para el análisis de la calidad 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 parámetros de sólidos totales suspendidos junto con los aceites y grasas fueron analizados por el laboratorio ALS LS PERÚ S.A.C., mientras que los parámetros de 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 de parámetros de campo (temperatura, pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto y caudal) fueron previamente calibrados en un laboratorio acreditado por el Inacal⁵. 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 μ S/cm y 1413 μ S/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 En el Anexo 2 se adjuntan los certificados de calibración de los equipos utilizados.

5.1.5. Criterios de comparación

Actualmente, los cuerpos de agua evaluados aledaños al Corredor vial Yaurisque – Paccaritambo - Ccapi en el ámbito de la provincia Paruro, departamento Cusco no están registrados en la «Clasificación de los cuerpos de agua continentales superficiales» de la ANA⁶; sin embargo, descargan sus aguas directa o indirectamente en los ríos Velille y Apurímac, 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 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) 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 emitido por la autoridad competente para la toma de muestras de sedimento se utilizó, a modo referencial, el manual técnico denominado 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: 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 analizaron 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 la evaluación de sedimento fueron ubicados en los mismos puntos de agua superficial que presentaron condiciones para su colecta. En total se evaluaron 21 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 «ASP» por «SEDP», 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 Paruro, departamento Cusco

Nº	Zona	Cuerpo de agua	Código OEFA	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 19L		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
				Este (m)	Norte (m)		
1	Zona I: Ccapi	Quebrada Sin nombre 1	SEDP-01	176923	8462474	4096	Aguas arriba del punto de captación de la quebrada sin nombre 1 ubicado en el km 113+150 (Ccayabamba)
2			SEDP-02	176999	8462420	4070	Aguas abajo del punto de captación de la quebrada sin nombre 1 ubicado en el km 113+150 (Ccayabamba)
3		Quebrada Ccayabamba	SEDP-03	177678	8462718	4059	Aguas arriba del punto de captación de la quebrada Ccayabamba

⁶ Resolución Jefatural N° 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.

**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 – Zona 19L		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
				Este (m)	Norte (m)		
4			SEDP-04	177725	8462626	4044	Aguas abajo del punto de captación de la quebrada Ccoyabamba
5		Quebrada Yuscamayo	SEDP-05	180821	8464511	3811	Aguas arriba del punto de captación de la quebrada Yuscamayo
6			SEDP-06	181259	8464570	3745	Aguas abajo del punto de captación de la quebrada Yuscamayo
7		Quebrada Sin nombre 2	SEDP-07	180665	8465192	3797	Aguas arriba del punto de captación en la quebrada sin nombre 2 ubicada en el km 112+860 en Ccoyabamba
8		Río Velille	SEDP-09	182817	8468038	2628	Aguas arriba del punto de captación del río Velille - Tincoc
9			SEDP-10	182709	8468294	2654	Aguas abajo del punto de captación del río Velille - Tincoc
10	Zona II: Paccaritambo	Quebrada Miscabamba II	SEDP-11	181263	8470350	2815	Aguas arriba del punto de captación en la quebrada Miscabamba II
11			SEDP-12	181261	8470303	2804	Aguas abajo del punto de captación en la quebrada Miscabamba II
12		Quebrada Miscabamba I	SEDP-13	180277	8471528	2975	Aguas arriba del punto de captación en la quebrada Miscabamba I
13		Quebrada Coypa I	SEDP-15	181356	8475918	3351	Aguas arriba del punto de captación en la quebrada Coypa I
14			SEDP-16	181340	8475812	3337	Aguas abajo del punto de captación en la quebrada Coypa I
15		Quebrada Huanipampa	SEDP-17	183740	8478558	3790	Aguas arriba del punto de captación de la quebrada Huanipampa
16			SEDP-18	183674	8478573	3763	Aguas abajo del punto de captación de la quebrada Huanipampa
17	Zona III: Yaurisque	Quebrada Paruro	SEDP-20	186135	8485157	3773	Aguas abajo del punto de captación de la quebrada Paruro km 112+860
18		Quebrada Yaurisque	SEDP-21	184017	8487850	3395	Aguas arriba del punto de captación de la quebrada Yaurisque
19			SEDP-22	183889	8487780	3360	Aguas abajo del punto de captación de la quebrada Yaurisque
20		Río Pomate	SEDP-23	183597	8489252	3423	Aguas arriba del punto de lavado de carros en el río Pomate
21			SEDP-24	183858	8488797	3422	Aguas abajo del punto de lavado de carros en el río Pomate

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	21

5.2.4. Equipos utilizados

Para la evaluación se utilizaron 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*)⁷ 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.

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 denominada Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: perifiton, bentos (macroinvertebrados bentónicos) y necton (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 pots 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 290 segundos.

⁷ 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/.

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 establecieron un total de 20 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 hábitats. Se colectaron 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 «ASP» por «HBP», a la codificación de los puntos de agua.

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

N°	Zona	Cuerpo de agua	Código OEFA	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 19L		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
				Este (m)	Norte (m)		
1	Zona I: Ccapi	Quebrada Sin nombre 1	HBP-01	176923	8462474	4096	Aguas arriba del punto de captación de la quebrada sin nombre 1 ubicado en el km 113+150 (Ccoyabamba)
2			HBP-02	176999	8462420	4070	Aguas abajo del punto de captación de la quebrada sin nombre 1 ubicado en el km 113+150 (Ccoyabamba)
3		Quebrada Ccoyabamba	HBP-03	177678	8462718	4059	Aguas arriba del punto de captación de la quebrada Ccoyabamba
4			HBP-04	177725	8462626	4044	Aguas abajo del punto de captación de la quebrada Ccoyabamba
5		Quebrada Yuscamayo	HBP-05	180821	8464511	3811	Aguas arriba del punto de captación de la quebrada Yuscamayo
6			HBP-06	181259	8464570	3745	Aguas abajo del punto de captación de la quebrada Yuscamayo
7		Quebrada Sin nombre 2	HBP-07	180665	8465192	3797	Aguas arriba del punto de captación la quebrada ubicada en el km 112+860 en Ccoyabamba
8		Río Velille	HBP-09	182817	8468038	2628	Aguas arriba del punto de captación del río Velille - Tincoc
9			HBP-10	182709	8468294	2654	Aguas abajo del punto de captación del río Velille - Tincoc
10	Zona II: Paccaritambo	Quebrada Miscabamba II	HBP-11	181263	8470350	2815	Aguas arriba del punto de captación en la quebrada Miscabamba II
11			HBP-12	181261	8470303	2804	Aguas abajo del punto de captación en la quebrada Miscabamba II
12		Quebrada Coypa I	HBP-15	181356	8475918	3351	Aguas arriba del punto de captación en la quebrada Coypa I
13			HBP-16	181340	8475812	3337	Aguas abajo del punto de captación en la quebrada Coypa I
14		Quebrada Huanipampa	HBP-17	183740	8478558	3790	Aguas arriba del punto de captación de la quebrada Huanipampa
15			HBP-18	183674	8478573	3763	Aguas abajo del punto de captación de la quebrada Huanipampa
16	Zona III: Yaurisque	Quebrada Paruro	HBP-20	186135	8485157	3773	Aguas abajo del punto de captación de la quebrada Paruro km 112+860
17		Quebrada Yaurisque	HBP-21	184017	8487850	3395	Aguas arriba del punto de captación de la quebrada Yaurisque

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 – Zona 19L		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
				Este (m)	Norte (m)		
18			HBP-22	183889	8487780	3360	Aguas abajo del punto de captación de la quebrada Yaurisque
19		Río Pomate	HBP-23	183597	8489252	3423	Aguas arriba del punto de lavado de carros en el río Pomate
20			HBP-24	183858	8488797	3422	Aguas abajo del punto de lavado de carros en el río Pomate

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

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	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. 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 caracterizaron 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 los análisis se realizaron con el software de código abierto Paleontological Data Analysis Past versión 3.15 (Hammer *et al.*, 2001).

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 sistematizaron los nombres y números de cada especie por cada punto de muestreo, posteriormente se realizaron 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 individuos. 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 determinó el índice de equidad de Pielou, el cual mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor se encuentra entre 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 5.8.

Tabla 5.8. 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 5.9 se presenta los puntajes de sensibilidad asignados a las familias de macroinvertebrados bentónicos para la obtención del índice ABI.

Tabla 5.9. Puntajes de sensibilidad asignados 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
	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

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
	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
				Psychodidae	3
Trichoptera	Anomalopsychidae	10		Chironomidae	2
	Calamoceratidae	10		Culicidae	2
	Helicopsychidae	10		Ephydriidae	2
	Odontoceridae	10		Muscidae	2
	Hydrobiosidae	8		Syrphidae	1
	Leptoceridae	8			
	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)

Se estimó el grado de perturbación de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos recategorizando las especies registradas a grupos bioindicadores, definidos referencialmente a partir de la clasificación de familias del índice ABI considerando tres grupos: el primer grupo correspondió a las familias sensibles, que presentaron un alto nivel de sensibilidad que están en aguas limpias y bien oxigenadas según las categorías del ABI (entre 8 y 10). El segundo grupo correspondió a las especies que se agruparon dentro de familias facultativas, que según las condiciones pueden tener un grado intermedio de sensibilidad/tolerancia (entre 4 y 7). El tercer grupo correspondió a las especies que se agruparon dentro de familias tolerantes, que presentan un bajo nivel de sensibilidad (entre 1 y 3) que viven en ambientes alterados. Estos valores fueron utilizados para realizar un gráfico de riqueza y densidad de especies tolerantes, sensibles y facultativas.

Para obtener el respectivo valor de calidad hidromorfológica, los valores fueron comparados con la escala presentada en la Tabla 5.10.

Tabla 5.10. 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 5.11 se presenta la escala de calidad ecológica de un río.

Tabla 5.11. 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

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 presentan los principales resultados obtenidos en agua superficial, sedimento y comunidades hidrobiológicas. Además, en agua superficial son mencionados los parámetros que superaron por lo menos en un punto de muestreo los ECA para agua Categoría 3 (D.S. N.º 004-2017-MINAM), de igual manera las concentraciones de metales totales 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 densidad de los taxones encontrados, así como el estado ecológico de los ambientes acuáticos evaluados atribuidos según el protocolo CERA-S.

Con la finalidad de mejorar la interpretación y el análisis de los resultados, estos se presentan por zonas. Zona I: Ccapi, Zona II: Paccaritambo y Zona III: Yaurisque.

6.1 Agua superficial

6.1.1. Zona I: Ccapi

○ pH

En la Figura 6.1 se representa gráficamente los valores de pH en los cuerpos de agua evaluados en la zona I, donde se puede apreciar que, en el punto ubicado en la quebrada que nace del manantial sin nombre 1 (MAP-01) y en los dos puntos de muestreo del río Velille (ASP-09 y ASP-10), el pH fue ligeramente alcalino y superó el rango de los ECA para agua (2017) Cat. 3 - D1 (6,5 – 8,5 unid de pH) y D2 (6,5 – 8,4 unid de pH). Considerando el porcentaje de incertidumbre de $\pm 0,013$ del potenciómetro ($\text{pH} = 7,02$), el parámetro registrado tiene un valor mínimo de 8,487 unidades de pH y un valor máximo de 8,513 unidades de pH; por ende, en el punto ASP-07 (8,51 unid de pH) si se considera el valor mínimo se encontraría dentro del rango de los ECA para agua categoría 3 – D1: Riego de vegetales, y si se considera el valor máximo se encontraría fuera del rango de los estándares mencionados; además, en ambos casos se encontraría por encima de los ECA para agua categoría 3 – D2: Bebida de animales. El pH en los otros cuerpos de agua evaluados se encontró dentro del rango establecido en los ECA antes mencionados.

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

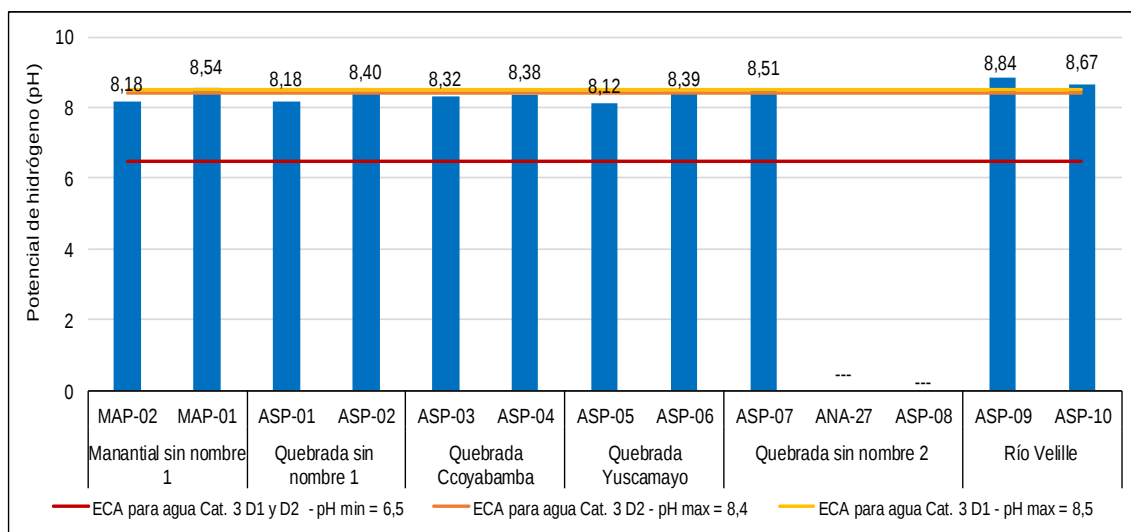


Figura 6.1. Potencial de hidrógeno (pH) evaluados en los cuerpos de agua en la zona I

○ Oxígeno disuelto

En la Figura 6.2 se presenta las concentraciones del parámetro oxígeno disuelto en los cuerpos de agua evaluados en la zona I, donde se puede observar que en el manantial sin nombre 01 (MAP-02) el valor registrado del mencionado parámetro se encontró por debajo del valor establecido en los ECA para agua Cat. 3 – D2 (5 mg/L); mientras que, en los demás puntos de muestreo los valores registrados fueron mayores a lo establecido en los ECA para agua Cat. 3 – D1 y D2.

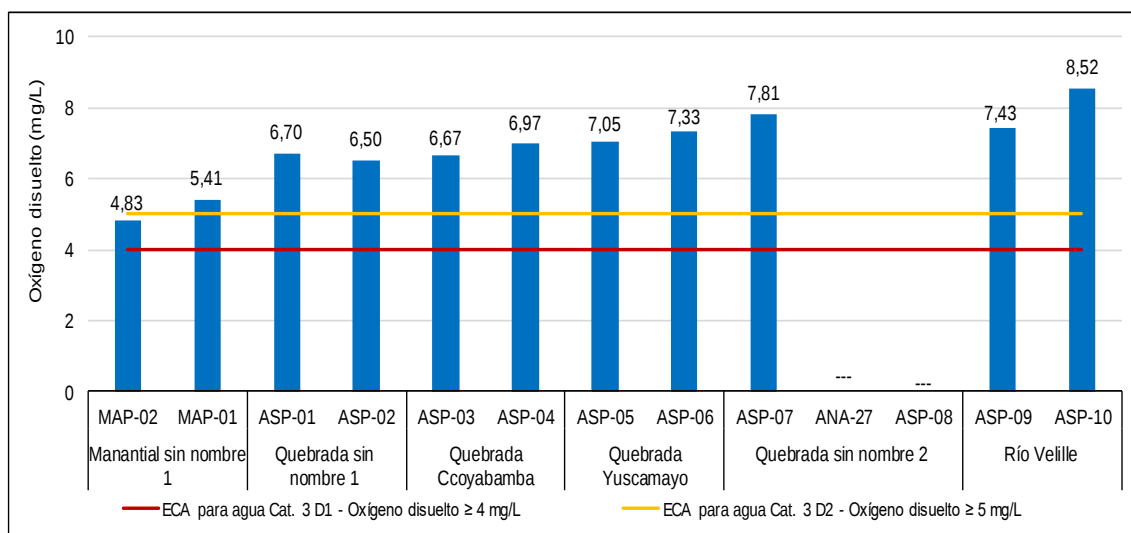


Figura 6.2. Concentraciones de oxígeno disuelto en cuerpos de agua evaluados en la zona I

○ Caudales

En la Tabla 6.1 se presentan los resultados de la medición del parámetro de campo caudal (sólo donde se tuvo condiciones para su medición) de los cuerpos de agua evaluados en la zona I, donde se puede observar que en la quebrada sin nombre 1 hubo una disminución de caudal (de 1,6 L/s a 0,59 L/s) del punto de muestreo ubicado aguas arriba (ASP-01) al punto ubicado aguas abajo (ASP-02) de la captación de toma de agua para riego de carretera (CA-04). Mientras que, en las quebradas Ccoyabamba y Yuscamayo, los caudales entre los puntos de muestreo aguas arriba y aguas abajo de las captaciones fueron similares. Cabe

mencionar que, el río Velille presenta abundante caudal y por seguridad del personal no se realizó la medición de este parámetro; además, en la quebrada sin nombre 2, en el punto de muestreo ubicado aguas abajo de la captación, no se pudo medir el caudal por ser inaccesible. Los cálculos del parámetro caudal para cada punto se encuentran en el Anexo 2.

Tabla 6.1. Caudales de los puntos de muestreo de la zona I

Cuerpo de agua	Captación de toma de agua para riego de carretera	Código OEFA	Caudal (L/s)	Observación
Manantial sin nombre 01	---	MAP-01	---	No se midió el caudal (Flujo laminar)
	---	MAP-02	---	No se midió el caudal (Flujo laminar)
Quebrada sin nombre 1	---	ASP-01	1,6	Aguas arriba de CA-04
	CA-04	---	---	Punto activo
	---	ASP-02	0,59	Aguas abajo de CA-04
Quebrada Ccoyabamba	---	ASP-03	3,2	Aguas arriba de CA-5
	CA-5	---	---	Punto activo
	---	ASP-04	3	Aguas abajo de CA-5
Quebrada Yuscamay	---	ASP-05	2,5	Aguas arriba de CA-6
	CA-6	---	---	Punto solicitado por los acreditados
	---	ASP-06	2,4	Aguas abajo de CA-6
Quebrada sin nombre 2	---	ASP-07	1,7	Aguas arriba de CA-07 (ANA-27)
	CA-07 (ANA-27)	---	---	Punto activo
	---	ASP-08	---	Aguas abajo de CA-07 (ANA-27). Punto inaccesible.
Río Velille	---	ASP-09	---	Aguas arriba de ANA-24
	ANA-24	---	---	Punto activo
	---	ASP-10	---	Aguas abajo de ANA-24

Punto activo: Punto de toma de agua activo para el riego de carretera

6.1.2. Zona II: Paccaritambo

○ pH

En la Figura 6.3 se representa gráficamente los valores del parámetro pH de los cuerpos de agua evaluados en la zona II, donde se puede apreciar que en la quebrada Miscabamba II (ASP-12) el pH fue ligeramente alcalino de 8,51 unidades de pH. Considerando el porcentaje de incertidumbre de $\pm 0,013$ del potenciómetro ($\text{pH} = 7,02$), el parámetro registrado tiene un valor mínimo de 8,487 unidades de pH y un valor máximo de 8,513 unidades de pH; por ende, si se considera el valor mínimo se encontraría dentro del rango de los ECA para agua categoría 3 – D1: Riego de vegetales (6,5 – 8,5 unidades de pH), y si se considera el valor máximo se encontraría fuera del rango de los estándares mencionados; además, en ambos casos se encontraría por encima de los ECA para agua categoría 3 – D2: Bebida de animales (6,5 – 8,4 unidades de pH). Es importante mencionar que, el parámetro de pH en los demás cuerpos de agua evaluados se encontró dentro del rango establecido en los ECA para agua antes mencionado.

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

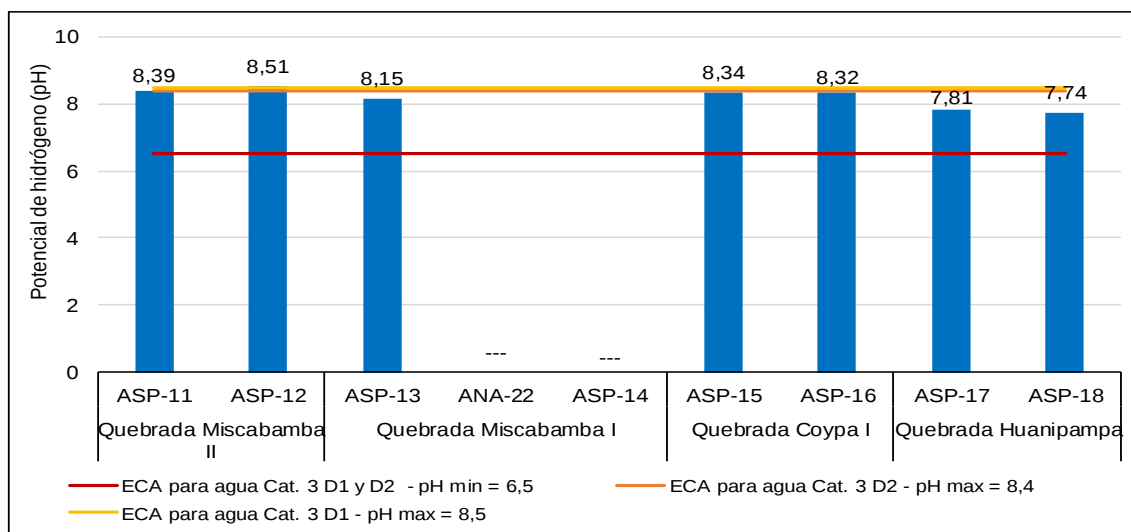


Figura 6.3. Potencial de hidrógeno (pH) en los cuerpos de agua evaluados en la zona II

○ Aluminio total

En la Figura 6.4 se presenta las concentraciones del parámetro aluminio total en los cuerpos de agua evaluados en la zona II, donde se puede observar que en la quebrada Miscabamba II (ASP-12) el parámetro antes mencionado superó los ECA para agua (2017) Cat. 3 - D1 (1 mg/L); mientras que, en los demás puntos de muestreo, el mencionado parámetro no superó la norma antes citada.

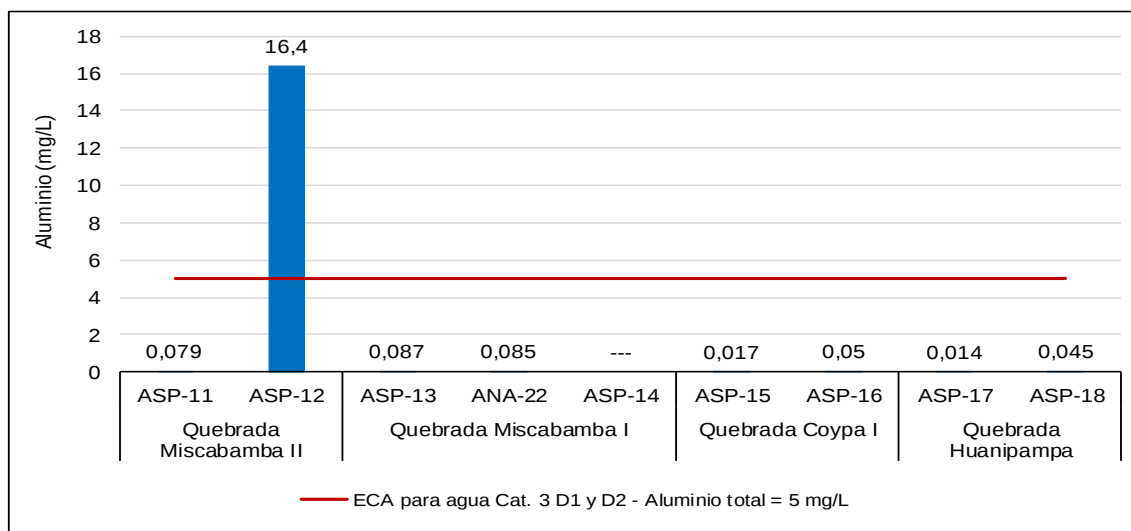


Figura 6.4. Concentraciones de aluminio total en los cuerpos de agua evaluados en la zona II

○ Manganeso total

En la Figura 6.5 se presenta las concentraciones del parámetro manganeso total en los cuerpos de agua evaluados en la zona II, donde se puede observar que en la quebrada Miscabamba II (ASP-12) el mencionado parámetro superó el valor establecido en los ECA para agua (2017) Cat. 3 - D1 y D2 (0,2 mg/L), mientras que los demás puntos de muestreo el parámetro antes citado no superó el valor establecido en la norma mencionada.

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

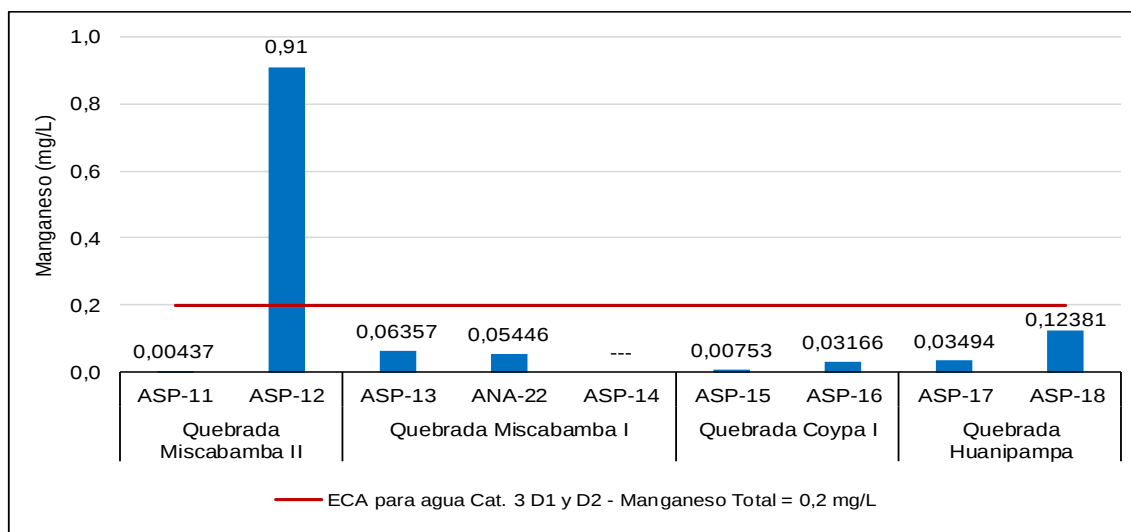


Figura 6.5. Concentraciones de manganeso total en los cuerpos de agua lóticos evaluados en la zona II

○ **Caudales**

En la Tabla 6.2 se presenta los resultados obtenidos del parámetro de campo caudal en los cuerpos de agua evaluados en la zona II, donde se puede observar que en la quebrada Coypa I hubo una disminución de caudal (de 9,3 L/s a 7,7 L/s) del punto de muestreo ubicado aguas arriba (ASP-15) al punto ubicado aguas abajo (ASP-16) de la captación de toma de agua para riego de carretera (PA-07). Mientras que, en las quebradas Miscabamba II y Huanipampa los caudales entre los puntos de muestreo ubicados aguas arriba y abajo de las captaciones de agua para riego de carretera, fueron similares. Cabe mencionar que, en la quebrada Miscabamba I, en el punto de muestreo ubicado aguas abajo de la captación, no se pudo medir el caudal por ser inaccesible. Los cálculos del parámetro caudal para cada punto se encuentran en el Anexo 2.

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

Cuerpo de agua	Captación de agua para riego de carretera	Código OEFA	Caudal (L/s)	Observación
Quebrada Miscabamba II	---	ASP-11	1,24	Aguas arriba de ANA-23
	ANA-23	---	---	Punto activo durante el muestreo
	---	ASP-12	1,20	Aguas abajo de ANA-23
Quebrada Miscabamba I	---	ASP-13	0,24	Aguas arriba de ANA-22
	ANA-22	---	---	Punto inactivo durante el muestreo
	---	ASP-14	---	Aguas abajo de ANA-22 (Punto inaccesible)
Quebrada Coypa I	---	ASP-15	9,3	Aguas arriba de PA-07
	PA-07	---	---	Punto activo durante el muestreo
	---	ASP-16	7,7	Aguas abajo de PA-07
Quebrada Huanipampa	---	ASP-17	3,7	Aguas arriba de PA-03
	PA-03	---	---	Punto activo durante el muestreo
	---	ASP-18	3,5	Aguas abajo de PA-03

Punto activo: Punto de toma de agua para el riego de carretera

Punto inactivo: Durante el monitoreo no se captaba agua para el riego de la carretera

6.1.3. Zona III: Yaurisque

○ Oxígeno disuelto

En la Figura 6.6 se presenta las concentraciones del parámetro oxígeno disuelto en los cuerpos de agua evaluados en la zona III, donde se puede observar que la concentración de oxígeno disuelto en los 2 puntos evaluados en la quebrada Paruro (ASP-19 y ASP-20) se encontró por debajo de los ECA para agua Cat. 3 – D1 (≥ 4 mg/L) y D2 (≥ 5 mg/L); mientras que, en los demás puntos se encuentran por encima de los valores establecidos en los ECA para agua Cat. 3 – D1 y D2.

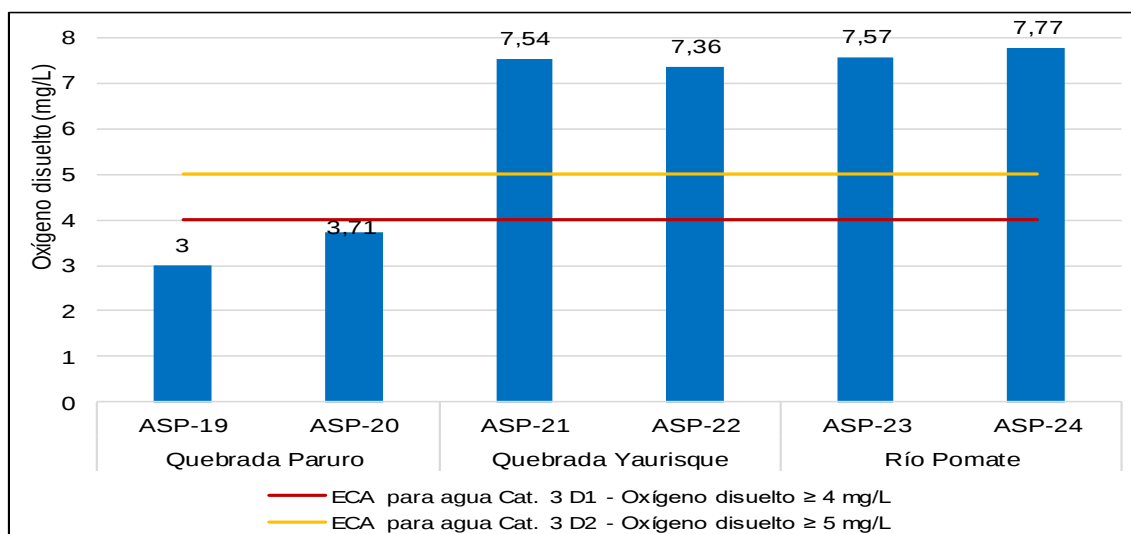


Figura 6.6. Concentración de oxígeno disuelto en los cuerpos de agua evaluados en la zona III

○ Manganeso total

En la Figura 6.7 se presenta las concentraciones del parámetro manganeso total en los cuerpos de agua evaluados en la zona III, donde se puede observar que en los 2 puntos evaluados en la quebrada Paruro (ASP-19 y ASP-20) superaron 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 no superaron los ECA antes mencionados.

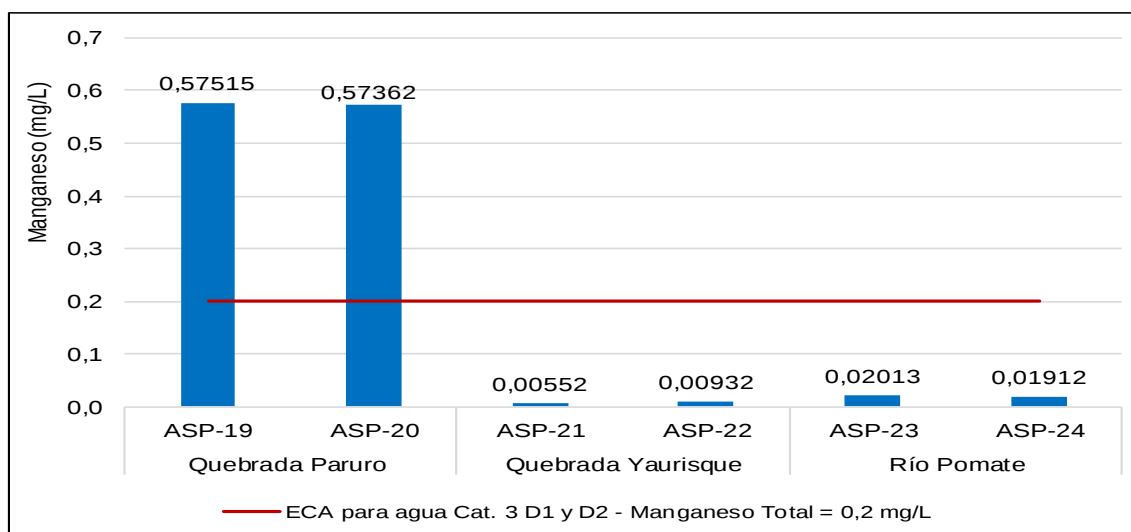


Figura 6.7. Concentración de manganeso total en los cuerpos de agua en la zona III

○ Caudales

En la Tabla 6.3 se presenta los valores registrados del parámetro de campo caudal en los cuerpos de agua evaluados en la zona III, donde se puede observar que en las quebradas Paruro y Yaurisque los caudales de los puntos ubicados aguas arriba y aguas abajo de las captaciones de agua para riego de carretera, fueron similares; asimismo, en el río Pomate los caudales fueron similares entre los puntos de muestreo ubicados aguas arriba y aguas abajo del punto usado como lavadero de vehículo. Los cálculos del parámetro caudal para cada punto se encuentran en el Anexo 2.

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

Cuerpo de agua	Captación de toma de agua para riego de carretera	Código OEFA	Caudal (L/s)	Observación
Quebrada Paruro	---	ASP-19	2	Aguas arriba de YA-04
	YA-04	---	---	Punto activo durante el muestreo
	---	ASP-20	2,6	Aguas abajo de YA-04
Quebrada Yaurisque	---	ASP-21	10,6	Aguas arriba de ANA-18
	ANA-18	---	---	Punto inactivo durante el muestreo
	---	ASP-22	10,4	Aguas abajo de ANA-18
Río Pomate	---	ASP-23	130,9	Aguas arriba de PO-03
	PO-03 *	---	---	Punto solicitado por los acreditados
	---	ASP-24	132,2	Aguas abajo de PO-03

Activo: Punto de toma de agua para el riego de carretera en actividad.

Inactivo: Durante el monitoreo no tomaban agua para el riego de la carretera de este punto

*La evaluación del punto PO-03 fue solicitado por los acreditados por ser usado como lavadero de vehículos.

6.2 Sedimento

6.2.1. Zona I: Ccapi

○ Cobre total

En la Figura 6.8 se aprecia las concentraciones de cobre total encontrados en los sedimentos de los cuerpos de agua evaluados en la zona I, donde se puede observar que en el sedimento del punto muestreo con código SEDP-02 ubicado en la quebrada sin nombre 1, superó referencialmente el valor ISQG (35,7 mg/kg) de la guía de calidad ambiental de Canadá - CEQG, mientras que en los demás puntos de muestreo el mencionado parámetro presentó concentraciones que no superaron los valores ISQG y PEL de la citada guía ambiental.

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

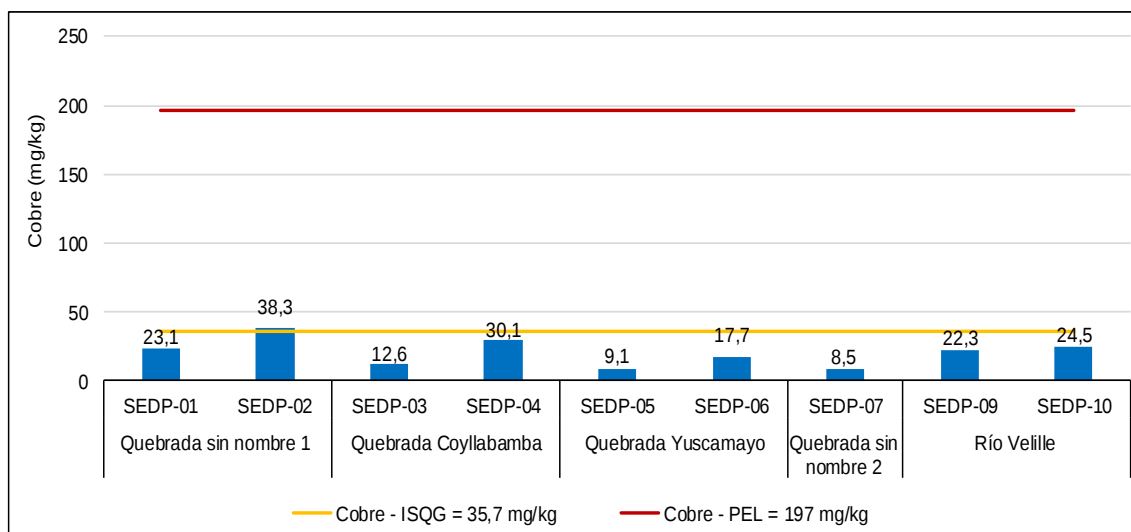


Figura 6.8. Concentraciones de cobre total en sedimentos de los cuerpos de agua evaluados en la zona I

○ Zinc total

En la Figura 6.9, se presenta las concentraciones de zinc total encontrados en los sedimentos de los cuerpos de agua evaluados en la zona I, donde se puede observar que el mencionado parámetro en el punto de muestreo con código SEDP-07 ubicado en la quebrada sin nombre 2 superó de manera referencial el valor ISQG (123 mg/kg) establecido en la guía de calidad ambiental de Canadá – CEQG. El parámetro antes citado en los demás puntos de muestreo presentó concentraciones que no superaron los valores ISQG y PEL de la citada guía ambiental.

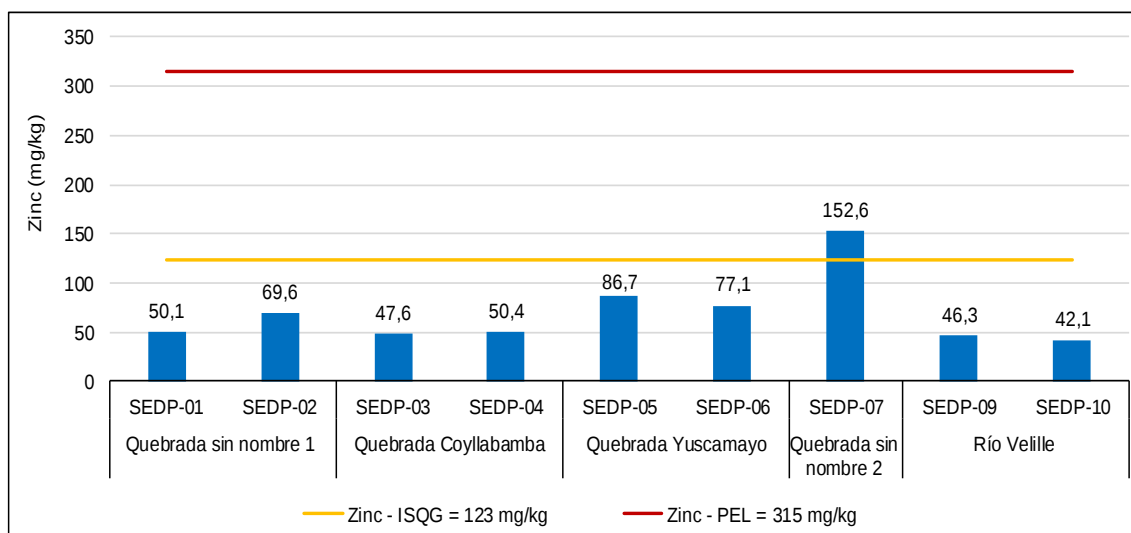


Figura 6.9. Concentraciones de zinc total en sedimentos de los cuerpos de agua evaluados en la zona I

6.2.2. Zona II: Paccaritambo

○ Cobre total

En la Figura 6.10 se aprecia las concentraciones de cobre total encontrados en los sedimentos de los cuerpos de agua evaluados en la zona II, donde se puede observar que

el mencionado parámetro en el sedimento de los puntos muestreo con códigos SEDP-11 y SEDP-12 ubicados en la quebrada Miscabamba II y en el punto de muestreo con código SEDP-13 ubicado en la quebrada Miscabamba I, referencialmente superó el valor ISQG (35,7 mg/kg) de la guía de calidad ambiental de Canadá – CEQG; mientras que los demás puntos de muestreo el citado parámetro presentó concentraciones que no superaron los valores ISQG y PEL de la citada guía ambiental.

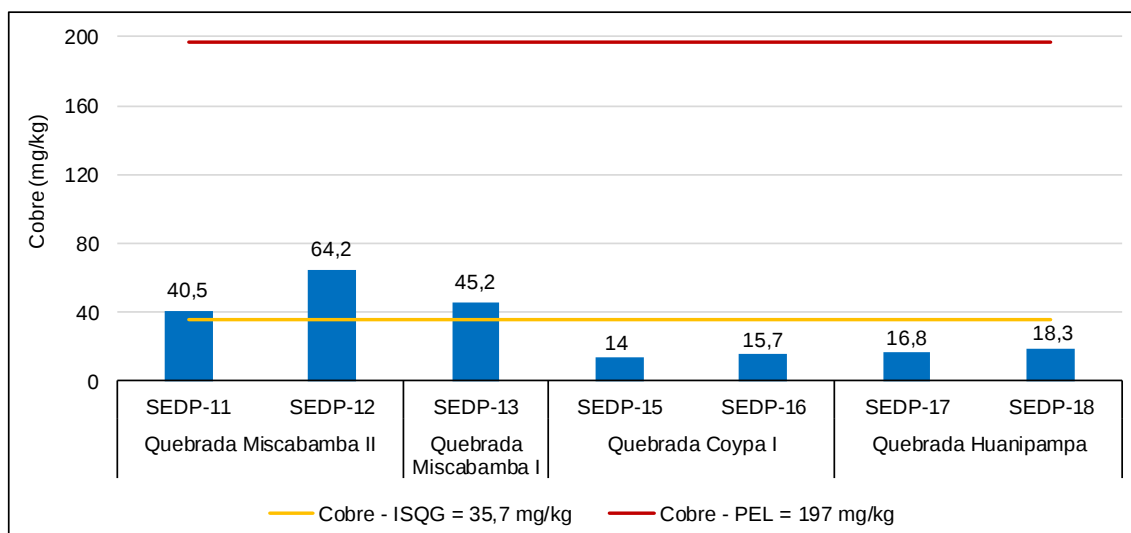


Figura 6.10. Concentraciones de cobre total en sedimentos de los cuerpos de agua evaluados en la zona II

6.2.3. Zona III: Yaurisque

Las concentraciones de metales totales en los sedimentos de los cuerpos de agua en la zona III, fueron comparados referencialmente con los valores ISQG y PEL establecidos en la guía de calidad ambiental de Canadá – CEQG. La Tabla 6.4 muestra las concentraciones de metales totales de cobre, cromo, plomo y zinc en los puntos de muestreo con códigos SEDP-20, SEDP-21, SEDP-22, SEDP-23 y SEDP-24, donde se observa que, aunque hay presencia de los metales totales, ninguno de los valores superó los valores ISQG de la guía mencionada.

Tabla 6.4. Concentración de metales en sedimento en ambientes lóticos de la zona III

Cuerpo de agua		Quebrada Paruro	Quebrada Yaurisque			Río Pomate		Guía Canadiense	
Código		SEDP-20	SEDP-21	SEDP-22	SEDP-23	SEDP-24	ISQG	PEL	
Arsénico	mg/kg	< 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	0,6	3,5	
Cromo	mg/kg	9,8	5,9	6,8	8	8	37,3	90	
Cobre	mg/kg	21,1	16,9	17,3	18,1	17,9	35,7	197	
Mercurio	mg/kg	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,17	0,486	
Plomo	mg/kg	14	< 10	< 10	12	< 10	35	91,3	
Zinc	mg/kg	64,7	47,4	55,6	65,9	60,7	123	315	

6.3 Comunidades hidrobiológicas

A continuación, se presentan los resultados obtenidos del análisis de las comunidades hidrobiológicas en el ámbito del Corredor vial Yaurisque – Paccaritambo - Ccapi que

atraviesa la provincia de Paruro, departamento de Cusco, 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 y quebradas), los cuales están influenciados por las captaciones de agua para uso de riego.

6.3.1. Zona I: Ccapi

○ Macroinvertebrados bentónicos

a. Riqueza y densidad

En la zona I: Ccapi, la comunidad de macroinvertebrados bentónicos estuvo representada por 42 especies agrupadas en 28 familias, 3 phyla, 5 clases y 11 órdenes. El orden díptera registró la mayor riqueza con 14 especies, seguida por los órdenes Ephemeroptera y Trichoptera con 7 especies cada una. En el anexo C correspondiente al reporte de resultados se presenta el registro completo de macroinvertebrados bentónicos.

En las Figuras 6.11 y 6.12 se observa la distribución de la riqueza y densidad de los grupos de especies macroinvertebrados bentónicos presentes en los cuerpos de agua evaluados en la zona I donde se registró lo siguiente:

En la quebrada sin nombre 1 en el punto de muestreo HBP-01 ubicado aguas arriba del punto de captación CA-04 se registró una mayor riqueza con 11 especies y una menor densidad con 405 individuos/0,27m², con respecto al punto de muestreo HBP-02 que se ubica aguas abajo (6 especies y 493 individuos/0,27m²); el punto de muestreo HBP-01 se encuentra representado por el orden Ephemeroptera con el dominio de la especie *Andesiops* sp., mientras que en el punto HBP-02 el orden Díptera fue abundante siendo más representativa la especie *Cricotopus* sp.

En la quebrada Ccoyabamba en el punto de muestreo HBP-03 ubicado aguas arriba del punto de captación para riego CA-05 se registró tanto la mayor riqueza con 10 especies como la mayor densidad con 1024 individuos/0,27m² con respecto al punto de muestreo HBP-04 (8 especies y 185 individuos/0,27m²), ubicado aguas abajo; siendo representado por los órdenes Ephemeroptera y Coleoptera con el dominio de la especie *Meridialaris* sp. y *Austrelmis* sp.

La quebrada Yuscamayo registró una riqueza similar en los dos puntos de muestreo evaluados HBP-05 y HBP-06, con 8 especies cada una; sin embargo, fue mayor la densidad en el punto HBP-06, ubicado aguas abajo del punto CA-6 (punto de captación inactivo) con 102 individuos/0,27m² con respecto al punto de muestreo HBP-05 que registró 52 individuos/0,27m².

En la quebrada sin nombre 2, en el punto de muestreo HBP-07 ubicado aguas arriba del punto de captación CA-07 (ANA-27) se registró una riqueza de 12 especies y una densidad de 93 individuos/0,27m², encontrándose representada principalmente por el orden Ephemeroptera. El punto de muestreo HBP-08 ubicado aguas abajo fue inaccesible para la evaluación.

El río Velille registro una mayor riqueza y densidad en el punto de muestreo HBP-09 ubicado aguas arriba del punto de captación ANA-24, con 16 especies y 1068 de individuos/0,27m² con respecto al punto de muestreo ubicado aguas abajo (HBP-10) con 9 especies y 308 individuos/0,27m²; siendo representativos los órdenes Ephemeroptera y Diptera.

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

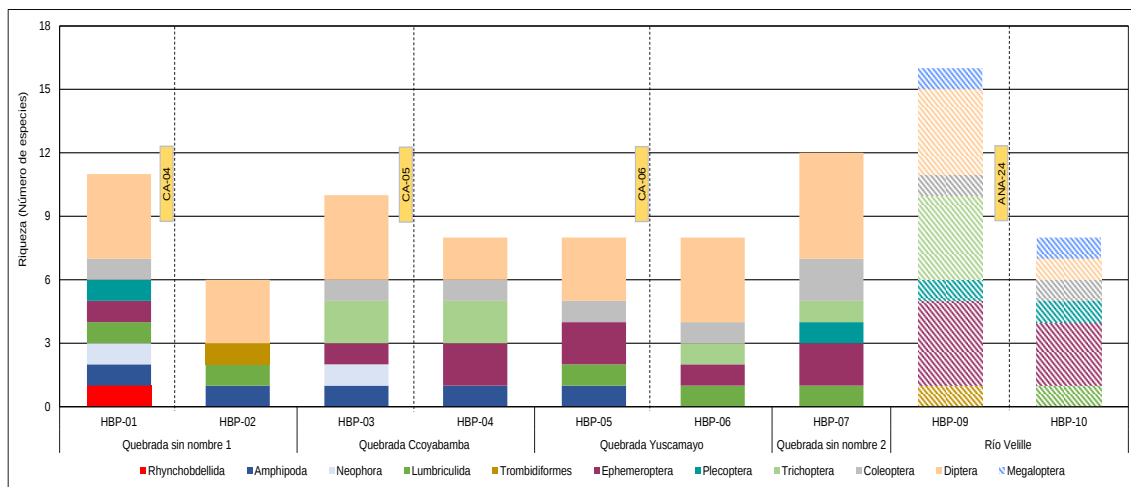


Figura 6.11. Riqueza de macroinvertebrados bentónicos por orden en la zona I: Ccapi

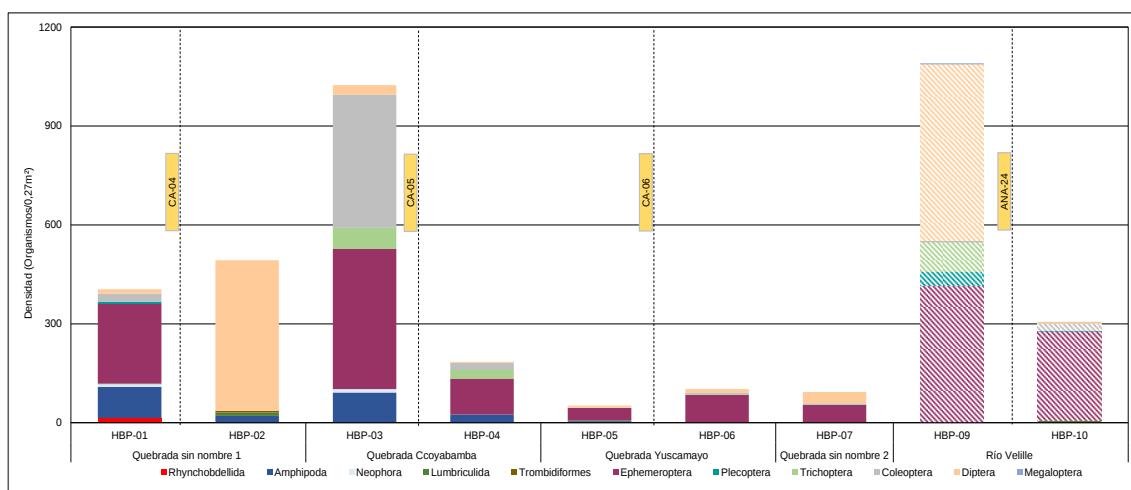


Figura 6.12. Densidad de macroinvertebrados bentónicos por orden en la zona I: Ccapi

b. Índices de diversidad

• Diversidad alfa

En base a la riqueza de taxones y abundancia de macroinvertebrados bentónicos, en la Figura 6.13 se detallan los valores del índice de diversidad de Hill (N1), la equidad de Pielou (J') y la dominancia de Simpson para cada punto de muestreo.

Los máximos valores de diversidad N1 y de equidad se registraron en los puntos de muestreo HBP-09 y HBP-04, ubicados en el río Velille y la quebrada Ccoyabamba respectivamente. Por otro lado, los más bajos valores de equidad y de diversidad, se registró en el punto de muestreo HBP-02, el cual reportó la menor diversidad en la zona I con 8 especies y la dominancia de la especie *Cricotopus* sp.

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

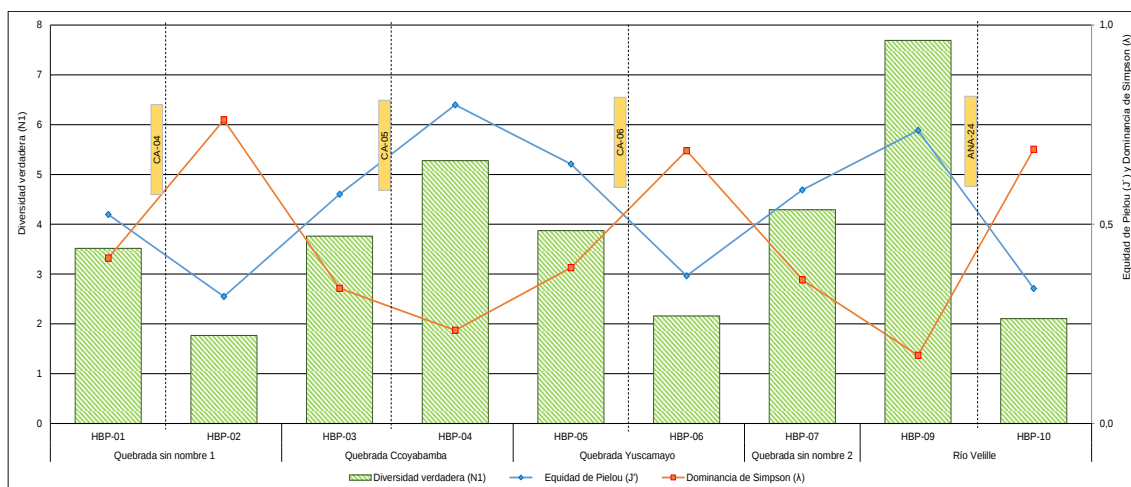


Figura 6.13. Diversidad alfa de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en la zona I: Ccapi

c. Resultados del protocolo CERA-S modificado

En la Tabla 6.5 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 buena calidad en 4 puntos: HBP-01, HBP-02, HBP-03 y HBP-07, representando el 44,4 % del total de puntos evaluados y moderada calidad en 4 puntos de muestreo: HBP-04, HBP-06, HBP-09 y HBP-10 (44,4% del total de puntos evaluados), mientras que el punto de muestreo con código HBP-05, ubicado en la quebrada Yuscamayo, presentó una calidad hidromorfológica mala.

Con referencia a la calidad biológica (ABI), se obtuvo mala calidad en el punto de muestreo HBP-02 (11,1% del total de puntos evaluados), moderada calidad en 3 puntos (HBP-04, HBP-05 y HBP-06), representando el 33,3% del total de puntos evaluados y buena calidad en 4 puntos (HBP-01, HBP-03, HBP-07 y HBP-10), representando el 44,4 % del total de puntos evaluados, mientras que el punto de muestreo HBP-09, ubicado en el río Velille presentó una excelente calidad biológica.

Finalmente, la calidad ecológica se obtuvo a través de una combinación de la calidad hidromorfológica y la calidad biológica, según este análisis el punto de muestreo HBP-02 presentó una calidad ecológica mala, mientras que los demás puntos evaluados presentaron una calidad ecológica entre buena y moderada.

Tabla 6.5. Resultados de la calidad ecológica según el protocolo CERA-S modificado

Cuerpo de agua	Puntos de muestreo	CERA-S		
		Calidad hidromorfológica	Calidad Biológica (ABI)	Estado ecológico
Quebrada sin nombre 1	HBP-01	Buena (30)	Buena (47)	Buena
	HBP-02	Buena (31)	Mala (17)	Mala
Quebrada Ccoyabamba	HBP-03	Buena (29)	Buena (53)	Buena
	HBP-04	Moderada (28)	Moderada (43)	Moderada
Quebrada Yuscamayo	HBP-05	Mala (20)	Moderada (34)	Moderada
	HBP-06	Moderada (21)	Moderada (21)	Moderada

Cuerpo de agua	Puntos de muestreo	CERA-S		
		Calidad hidromorfológica	Calidad Biológica (ABI)	Estado ecológico
Quebrada sin nombre 2	HBP-07	Buena (31)	Bueno (58)	Buena
Río Velille	HBP-10	Moderada (23)	Bueno (46)	Moderada
	HBP-09	Moderada (24)	Excelente (80)	Buena

6.3.2. Zona II: Paccaritambo

○ Macroinvertebrados bentónicos

a. Riqueza y densidad

En la zona II: Paccaritambo, la comunidad de macroinvertebrados bentónicos estuvo representada por 28 especies agrupadas en 19 familias, 2 phyla, 3 clases y 9 órdenes. El orden díptera registró la mayor riqueza con 13 especies, seguida por el orden Trichoptera con 4 especies.

En las Figuras 6.14 y 6.15 se observa la distribución de la riqueza y densidad de los grupos de especies macroinvertebrados bentónicos registradas en los cuerpos de agua evaluados en la zona II donde se registró lo siguiente:

En la quebrada Miscabamba II en el punto de muestreo HBP-11 ubicado aguas arriba del punto de captación ANA-23 se registró la mayor riqueza con 8 especies y una densidad superior con 38 individuos/0,27m², con respecto al punto de muestreo HBP-12, ubicado aguas abajo del punto de captación ANA-23, donde se registró la menor diversidad del área evaluada (2 especies y 2 individuos/0,27m²); el punto de muestreo HBP-11 se encuentra representado por el orden Lumbriculida con el dominio de la especie *Lumbriculus* sp.

En la quebrada Coypa I, en el punto de muestreo HBP-15 ubicado aguas arriba del punto de captación para riego PA-07 se registró tanto la mayor riqueza con 12 especies y densidad con 1023 individuos/0,27m² con respecto al punto de muestreo HBP-16 ubicado aguas abajo del punto de captación para riego PA-07, donde se registró 6 especies y 511 individuos/0,27m²; siendo representado por los órdenes Ephemeroptera y Coleoptera con el dominio de la especie *Andesiops* sp. y *Austrelmis* sp.

La quebrada Huanipampa registró una diversidad similar en dos puntos de muestreo evaluados, siendo mayor la riqueza en el punto de muestreo HBP-17, ubicado aguas arriba del punto de captación PA-03 con 17 especies con respecto al punto de muestreo HBP-18 (14 especies), el cual se encuentra ubicado aguas abajo del punto de captación PA-03; siendo más representativos los órdenes Diptera y Coleoptera con el dominio un Chironomido no determinado y la especie *Austrelmis* sp. Mientras que la densidad fue ligeramente mayor en el punto de muestreo HBP-18, ubicado aguas abajo del punto de captación PA-03, con 1598 individuos/0,27m².

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

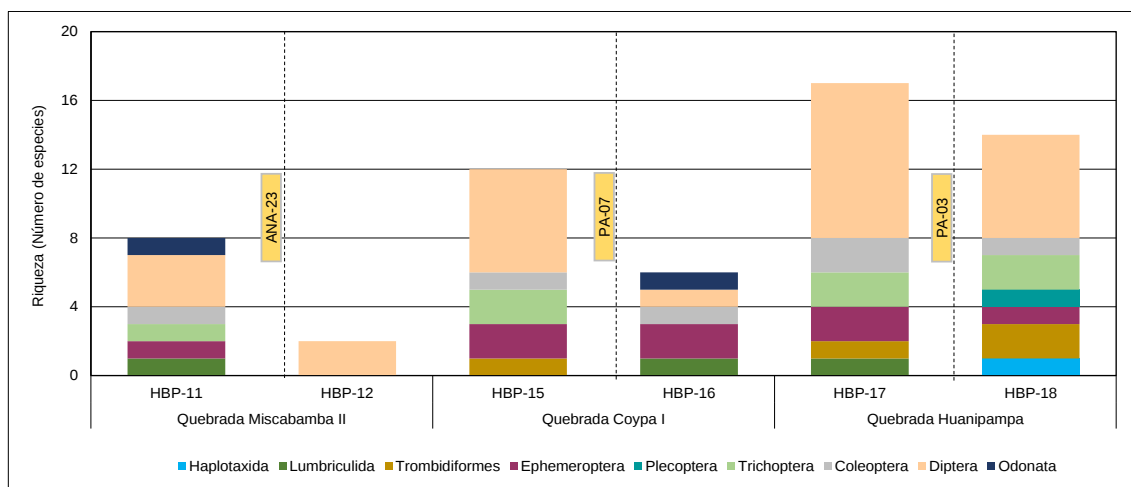


Figura 6.14. Riqueza de macroinvertebrados bentónicos por orden en la zona II: Paccaritambo

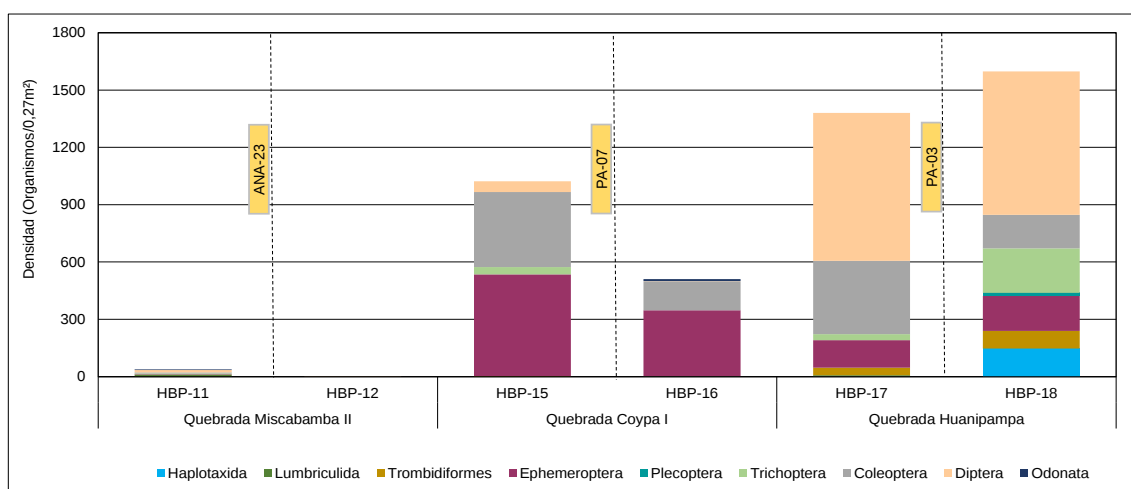


Figura 6.15. Densidad de macroinvertebrados bentónicos por orden en la zona II: Paccaritambo.

6.3.3. Índices de diversidad

• Diversidad alfa

En base a la riqueza de taxones y abundancia de macroinvertebrados bentónicos, en la Figura 6.16 se detallan los valores del índice de diversidad de Hill (N_1), la equidad de Pielou (J') y la dominancia de Simpson para cada punto de muestreo.

Los máximos valores de diversidad N_1 y de equidad se registraron en los puntos de muestreo con códigos HBP-17 y HBP-18, ubicados en la quebrada Huanipampa, así como también en el punto de muestreo HBP-11, ubicado en la quebrada Miscabamba II. Por otro lado, los más bajos valores de equidad y de diversidad, se registró en el punto de muestreo HBP-12, el cual reportó la menor diversidad en la zona II con 2 especies.

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

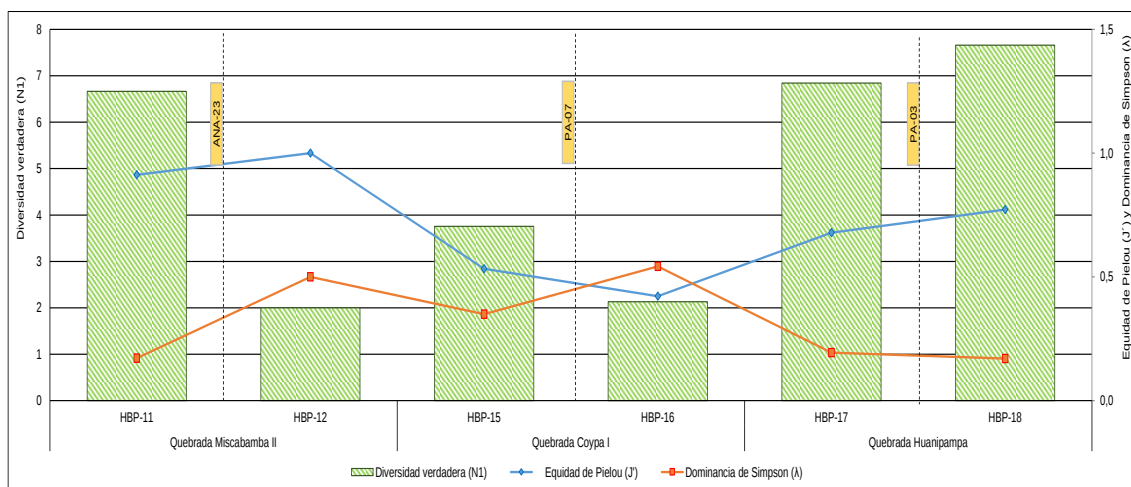


Figura 6.16. Diversidad alfa de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en la zona II: Paccaritambo

b. Resultados del protocolo CERA-S modificado

En la Tabla 6.6 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 buena calidad en el punto de muestreo HBP-16, representando el 16,7 % del total de puntos evaluados, moderada calidad en 3 puntos de muestreo: HBP-11, HBP-15 y HBP-17 (50 % del total de puntos evaluados), mientras que la quebrada Huanipampa en el punto de muestreo HBP-18 y la quebrada Miscabamba II, en el punto de muestreo HBP-12, presentaron una calidad hidromorfológica mala.

Con respecto a la calidad biológica (ABI) se obtuvo buena calidad en 3 puntos de muestreo: HBP-15, HBP-17 y HBP-18 (48,4 % del total de puntos evaluados), moderada calidad en 2 puntos de muestreo: HBP-11 y HBP-16 (32,54 % del total de puntos evaluados). El punto de muestreo HBP-12, ubicado en la quebrada Miscabamba II presento una pésima calidad biológica.

Con respecto a la calidad ecológica, el punto de muestreo HBP-12 presentó una calidad ecológica pésima, mientras que los demás puntos evaluados presentaron una calidad ecológica moderada.

Tabla 6.6. Resultados de la calidad ecológica según el protocolo CERA-S modificado

Cuerpo de agua	Puntos de muestreo	CERA-S		
		Calidad hidromorfológica	Calidad Biológica (ABI)	Estado ecológico
Quebrada Miscabamba II	HBP-11	Moderada (28)	Moderada (39)	Moderada
	HBP-12	Mala (19)	Pésima (7)	Pésima
Quebrada Coypa I	HBP-15	Moderada (28)	Buena (58)	Moderada
	HBP-16	Buena (31)	Moderada (27)	Moderada
Quebrada Huanipampa	HBP-17	Moderada (26)	Bueno (61)	Moderada
	HBP-18	Mala (18)	Bueno (69)	Moderada

○ **Peces**

– **Composición, riqueza, densidad**

Se colectó la especie *Trichomycterus* cf. *rivulatus* (Bagre), perteneciente al orden Siluriformes (Figura 6.17), en el punto de muestreo con código HBP-15, ubicado aguas arriba del punto de captación PA-07, en la quebrada Coypa I, registrándose un total de 14 individuos. Cabe mencionar que aguas abajo no se colectaron individuos de esta especie a pesar de que el esfuerzo de pesca promedio utilizado en cada punto muestreo fue 172 segundos.



Figura 6.17. Especie *Trichomycterus* cf. *rivulatus*

6.3.4. Zona III: Yaurisque

Macroinvertebrados bentónicos

a. Riqueza y densidad

En la zona III, la comunidad de macroinvertebrados bentónicos estuvo representada por 28 especies agrupadas en 17 familias, 3 phyla, 5 clases y 11 órdenes. El orden díptera registró la mayor riqueza con 13 especies, seguida por el orden Ephemeroptera con 4 especies.

En las Figuras 6.18 y 6.19 se observa la distribución de la riqueza y densidad de los grupos de especies macroinvertebrados bentónicos registradas en los cuerpos de agua evaluadas en la zona III: Yaurisque donde se registró lo siguiente:

En la quebrada Paruro en el punto de muestreo HBP-20 ubicado aguas abajo del punto de captación YA-04 se registró una riqueza de 6 especies y una densidad de 33 individuos/0,27m², siendo dominante una especie de Dugesiidae no determinado, cabe precisar que en el punto de muestreo HBP-19 ubicado aguas arriba no se realizó toma de muestra porque el cauce estaba lleno de sacos de papa para elaboración de chuño lo que dificultó la toma de muestra.

En la quebrada Yaurisque en el punto de muestreo HBP-21 ubicado aguas arriba del punto de captación para riego ANA-18 se registró tanto la mayor riqueza con 13 especies y la mayor densidad con 1186 individuos/0,27m² con respecto al punto de muestreo HBP-22 (11 especies y 50 individuos/0,27m²), ubicado aguas abajo. En el punto de muestreo HBP-21 el orden más representativo fue Ephemeroptera con el dominio de las especies *Andesiops* sp. y *Meridialaris* sp.

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

El río Pomate registró una diversidad similar en los dos puntos de muestreo evaluados, siendo mayor la riqueza en el punto de muestreo HBP-24, con 14 especies con respecto al punto de muestreo HBP-23 con 9 especies, mientras que la densidad fue ligeramente mayor en este último punto con 1629 individuos/0,27m², siendo más representativos los órdenes Ephemeroptera y Diptera con el dominio de las especies *Andesiops* sp. y *Cricotopus* sp.

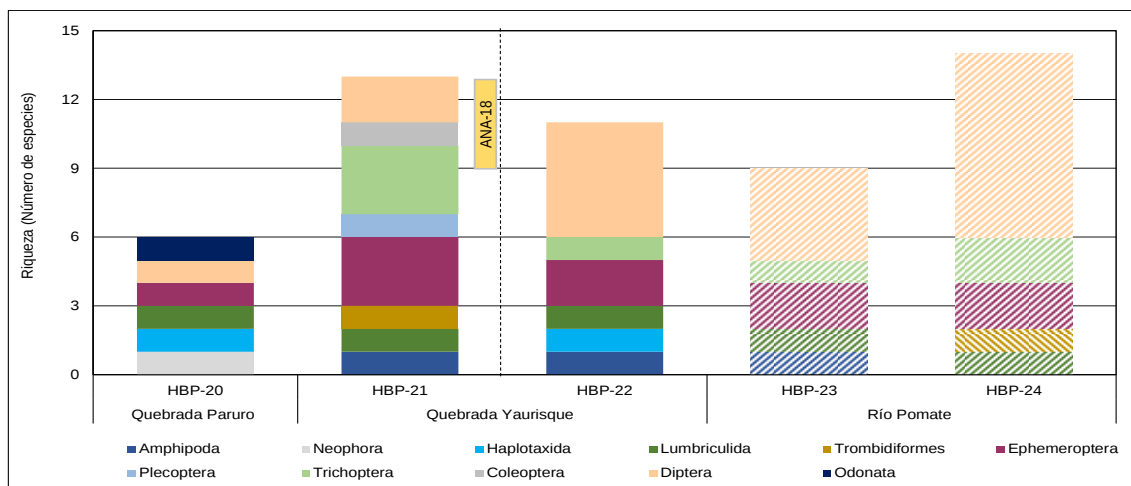


Figura 6.18. Riqueza de macroinvertebrados bentónicos por orden en la en la zona III: Yaurisque

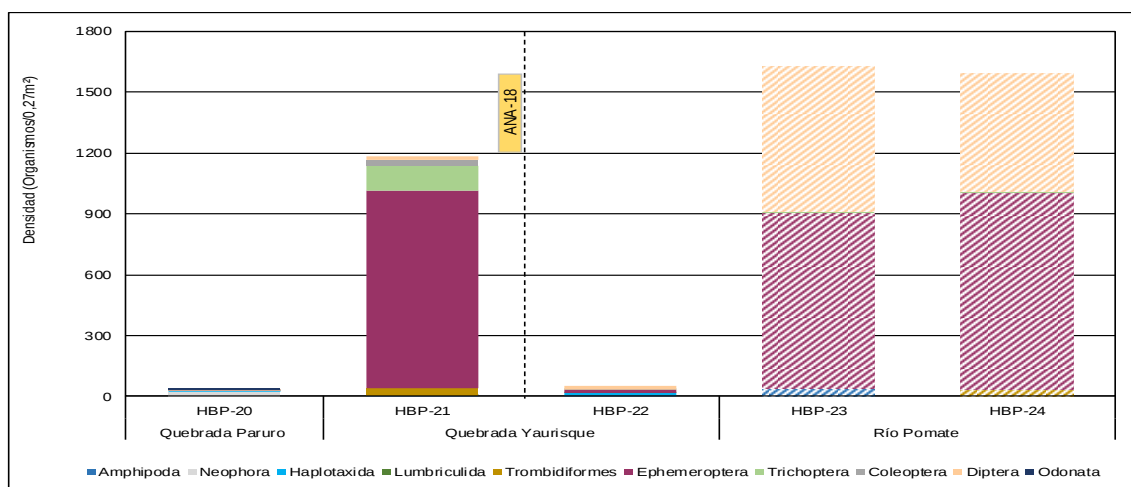


Figura 6.19. Densidad de macroinvertebrados bentónicos por orden en la en la zona III: Yaurisque

b. Índices de diversidad

• Diversidad alfa

En base a la riqueza de taxones y abundancia de macroinvertebrados bentónicos, en la Figura 6.20 se detallan los valores del índice de diversidad de Hill (N1), la equidad de Pielou (J') y la dominancia de Simpson para cada punto de muestreo.

Los máximos valores de diversidad N1 y de equidad se registraron en el punto de muestreo HBP-21, ubicado en la quebrada Yaurisque. Por otro lado, los más bajos valores de equidad y de diversidad, se registró en el punto de muestreo HBP-20, el cual registro la menor diversidad en la zona III con 6 especies.

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

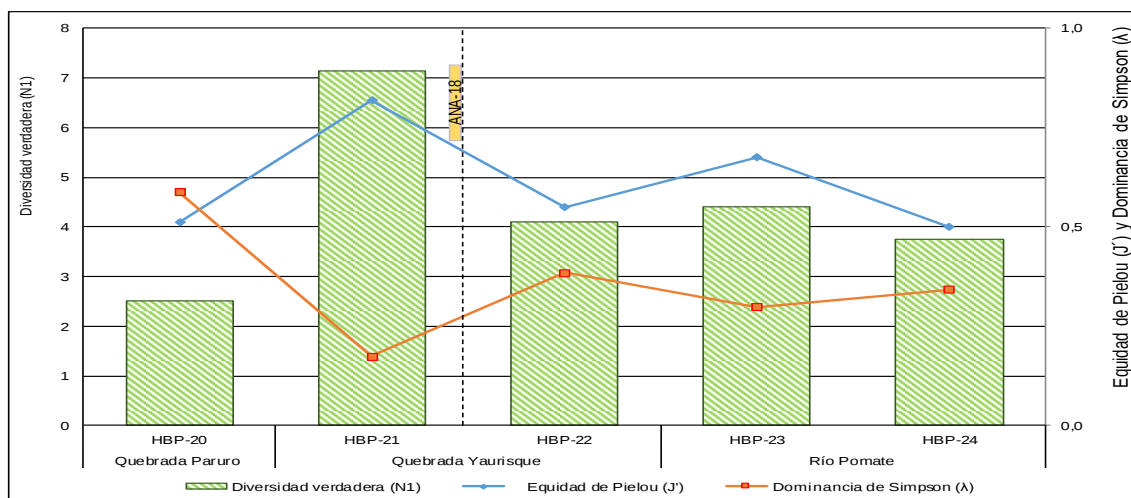


Figura 6.20. Diversidad alfa de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en la zona III: Yaurisque

c. Resultados del protocolo CERA-S modificado

En la Tabla 6.7 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 moderada calidad en 4 puntos de muestreo: HBP-20, HBP-21, HBP-23 y HBP-24 (80 % del total de puntos evaluados), mientras que en el punto de muestreo HBP-22 se obtuvo mala calidad representando el 20 % del total de puntos evaluados.

Para la calidad biológica (ABI) en los puntos de muestreo se obtuvo buena calidad en 3 puntos de muestreos: HBP-22, HBP-21 y HBP-24 (60% del total de puntos evaluados), moderada calidad en el punto de muestreo HBP-23 (20 % del total de puntos evaluados). Mientras que el punto de muestreo HBP-20, ubicado en la quebrada Paruro, presentó una mala calidad biológica.

Finalmente, con respecto a la calidad ecológica, se registró una calidad ecológica moderada en todos los puntos evaluados excepto en el punto de muestreo HBP-20, el cual que presentó un estado ecológico malo.

Tabla 6.7. Resultados de la calidad ecológica según el protocolo CERA-S modificado

Cuerpo de agua	Puntos de muestreo	CERA-S		
		Calidad hidromorfológica	Calidad Biológica (ABI)	Estado ecológico
Quebrada Paruro	HBP-20	Moderada (22)	Mala (19)	Mala
Quebrada Yaurisque	HBP-22	Mala (18)	Bueno (51)	Moderada
	HBP-21	Moderada (28)	Bueno (71)	Moderada
Río Pomate	HBP-23	Moderada (27)	Moderada (38)	Moderada
	HBP-24	Moderada (23)	Bueno (52)	Moderada

- **Peces**

- **Composición, riqueza, densidad**

En la quebrada Yaurisque se colectó la especie *Trichomycterus cf. rivulatus*, perteneciente al orden Siluriformes, en el punto de muestreo HBP-21, ubicada aguas arriba del punto de captación ANA-18, (Figura 6.17). Se registró un total de 7 individuos, colectados con un esfuerzo de pesca de 286 segundos.

7. DISCUSIÓN

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

7.1. Zona I: Ccapi

- Quebrada sin nombre 1

En la quebrada sin nombre 1, evaluada en los puntos de muestreo ASP-01 y ASP-02, las concentraciones de los parámetros evaluados en el agua superficial cumplieron con los ECA para agua Cat.3; mientras que, en el sedimento del punto de muestreo SEDP-02 el cobre total referencialmente superó el valor ISGQ de la guía canadiense. Con respecto a las comunidades hidrobiológicas el punto de muestreo HBP-01 (ubicado aguas arriba del punto de captación para riego de carretera CA-04), registró mayor riqueza de macroinvertebrados bentónicos (11 especies) y un estado ecológico bueno explicado por la presencia de la especie *Claudioperla* sp., perteneciente a la familia Gripopterygidae, familia que requiere buena calidad de agua para su desarrollo, especialmente con suficiente oxígeno disuelto disponible (Roldán-Perez, 1996, Beeckman, 2017). Por el contrario, el punto de muestreo HBP-02 (ubicado aguas abajo del punto de captación para riego de carretera CA-04), presentó menor riqueza (6 especies) y un estado ecológico malo, explicado principalmente por la dominancia de especies tolerantes de la familia Chironomidae (Ej. *Cricotopus* sp.) (Figura 7.4), que están presentes en ambientes con elevada carga de materia orgánica (Navarrete *et al.*, 2004)

Los resultados encontrados en los macroinvertebrados bentónicos guardarían relación con la disminución del caudal (de 1,6 a 0,59 L/s) aguas abajo de la captación, en comparación al punto de muestreo localizado aguas arriba; indicando que esta quebrada estaría siendo afectada por el empozamiento y la extracción del agua para el riego de la carretera (cantidad) (Figura 7.1). 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 y la disminución de la disponibilidad del agua (Richter *et al.* 1997).

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

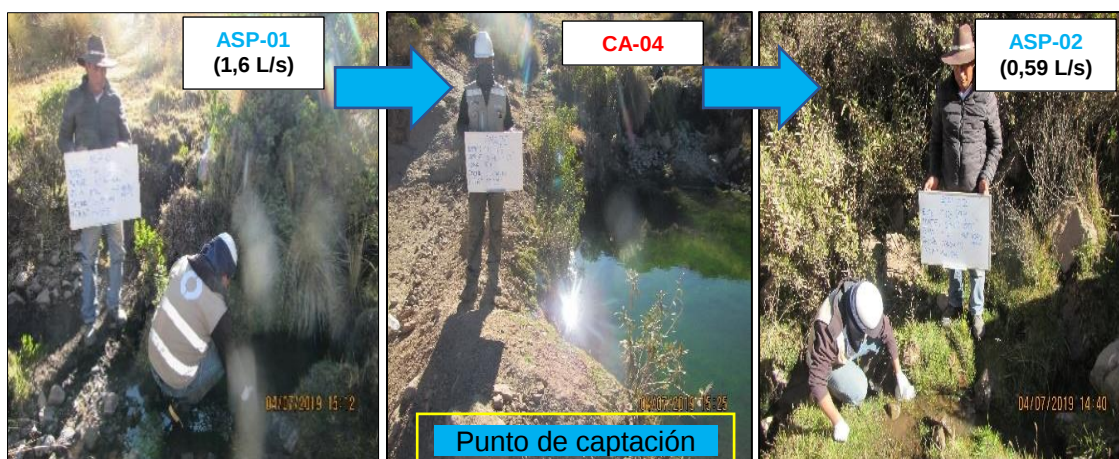


Figura 7.1. Disminución de flujo de agua en la quebrada sin nombre 1

○ Quebrada Ccoyabamba

En la quebrada Ccoyabamba (ASP-03 y ASP-04) los valores y concentraciones de los parámetros evaluados en el agua y sedimento se encontraron en el rango descrito en el ECA para agua Cat.3 y de manera referencial la guía canadiense respectivamente; sin embargo, con respecto a las comunidades hidrobiológicas el punto de muestreo HBP-03 (ubicado aguas arriba del punto de captación para riego de carretera CA-05), registró mayor diversidad de macroinvertebrados bentónicos (10 especies y 1024 individuos/0,27m²) y presentó un estado ecológico bueno explicado por la presencia de especies de la familia Leptophlebiidae (Ej. *Meridialaris* sp.), esta familia es considerada como altamente sensible a algún tipo de contaminación (Roldán-Pérez, 1988, Junqueira y Campos, 1998). Mientras que el punto de muestreo HBP-04 (ubicado aguas abajo del punto de captación), presentó menor diversidad (8 especies y 185 individuos/0,27m²) y un estado ecológico moderado, por lo que se puede inferir que la comunidad de macroinvertebrados en este punto de muestreo estaría siendo afectado por el empozamiento, extracción del agua para el riego de la carretera y el rebose del agua de las cisternas durante la toma de agua, el cual estaría arrastrado material particulado del suelo hacia la quebrada Ccoyabamba y aguas abajo estos sólidos sedimentan en el sustrato, impidiendo el desarrollo normal de los macroinvertebrados bentónicos (Figura 7.2).

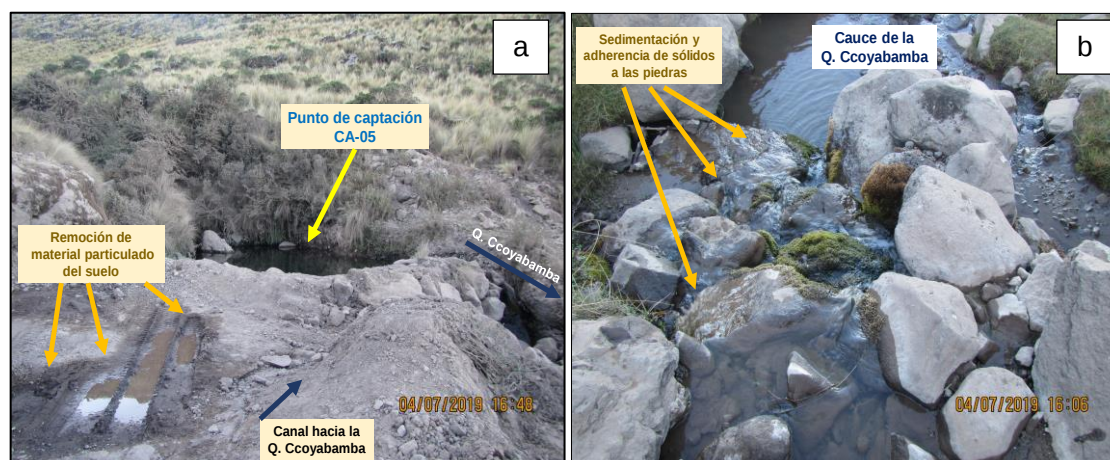


Figura 7.2. a) Empozamiento y remoción de suelos en el punto de captación CA-05, y b) Sólidos adheridos sobre las piedras del cauce de la quebrada Ccoyabamba (ASP-04).

- Quebrada Yuscamayo

En la quebrada Yuscamayo (ASP-05 y ASP-06) los valores y concentraciones de los parámetros evaluados en el agua y sedimento se encontraron en el rango descrito en el ECA para agua Cat.3 y de manera referencial la guía canadiense respectivamente. Además, se registró una diversidad similar de macroinvertebrados bentónicos en los dos puntos de muestreo evaluados presentando en su composición principalmente especies tolerantes y facultativas (Figura 7.4), de la misma forma ambos puntos de muestreo presentaron un estado ecológico moderado.

- Quebrada sin nombre 2

El punto de muestreo ASP-07 de la quebrada sin nombre 2 (ubicado aguas arriba del punto de captación CA-07/ANA-27), presentó un pH ligeramente alcalino y considerando el porcentaje de incertidumbre de $\pm 0,013$ del potenciómetro, el parámetro registrado tiene un valor mínimo de 8,487 unidades de pH y un valor máximo de 8,513 unidades de pH; por ende, si se considera el valor mínimo se encontraría dentro del rango de los ECA para agua categoría 3 – D1: Riego de vegetales, y si se considera el valor máximo se encontraría fuera del rango de los estándares mencionados; además, en ambos casos se encontraría por encima de los ECA para agua categoría 3 – D2: Bebida de animales. El sedimento de este punto de muestreo (SEDP-07) presentó concentraciones de zinc que referencialmente superó el valor ISQG de la guía canadiense; además en este punto se registró una diversidad moderada de macroinvertebrados bentónicos, con 12 especies y 93 individuos/0,27m², encontrándose en su composición especies de las familias Leptophlebiidae y Gripopterygidae, reportadas como altamente sensibles a algún tipo de alteración y que requieren buena calidad de agua, especialmente con suficiente oxígeno disuelto disponible a ambientes alterados (Roldán-Pérez, 1988, Junqueira y Campos, 1998, Beeckman, 2017); además, su estado ecológico fue bueno. Cabe mencionar que, no se pudo evidenciar la influencia de la captación y la extracción del agua para riego de la carretera, debido a que el punto ubicado aguas abajo (ASP-08) de la captación fue inaccesible.

- Río Velille

En el río Velille en los dos puntos de muestreo evaluados (ASP-09 y ASP-10) se registró un pH alcalino que superó el rango de los ECA para agua Cat. 3 y las concentraciones de los metales totales evaluados en los sedimentos se encontraron por debajo de los valores (referenciales) ISQG y PEL de la guía canadiense. Por otro lado, se registró una mayor riqueza y densidad de macroinvertebrados bentónicos en el punto de muestreo HBP-09 ubicado aguas arriba del punto de captación ANA-24, con respecto al punto de muestreo ubicado aguas abajo (HBP-10), cabe mencionar que ambos puntos presentaron un estado ecológico entre moderado y bueno, siendo representativos las familias Leptophlebiidae, Gripopterygidae y Perlidae, estas familias son reportadas ampliamente como indicadoras de buena calidad acuática (Roldán-Pérez, 1988, Junqueira y Campos, 1998, Tomanova, Tedesco, 2007). Es importante señalar que aguas arriba del punto de captación se observa mayor disponibilidad de hábitats y condiciones ambientales (velocidad de agua y sustrato) que podrían estar influenciando en el mayor asentamiento y proliferación de individuos de esta comunidad (Figura 7.3).

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

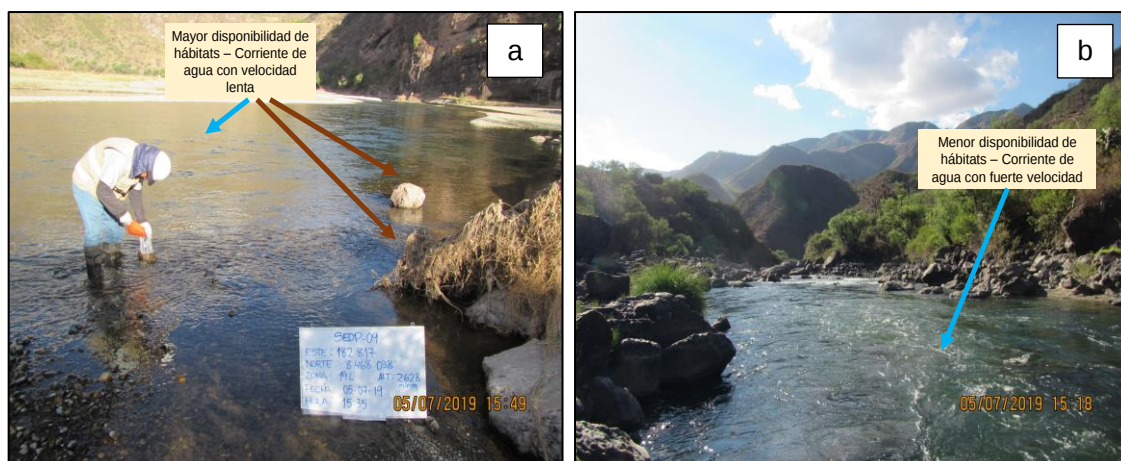


Figura 7.3. Río Velille a) Punto ASP-09, curso de agua lento y mayores hábitats para el desarrollo de los macroinvertebrados bentónicos b) Punto ASP-10, curso de agua rápido y menores hábitats para el desarrollo de los macroinvertebrados bentónicos

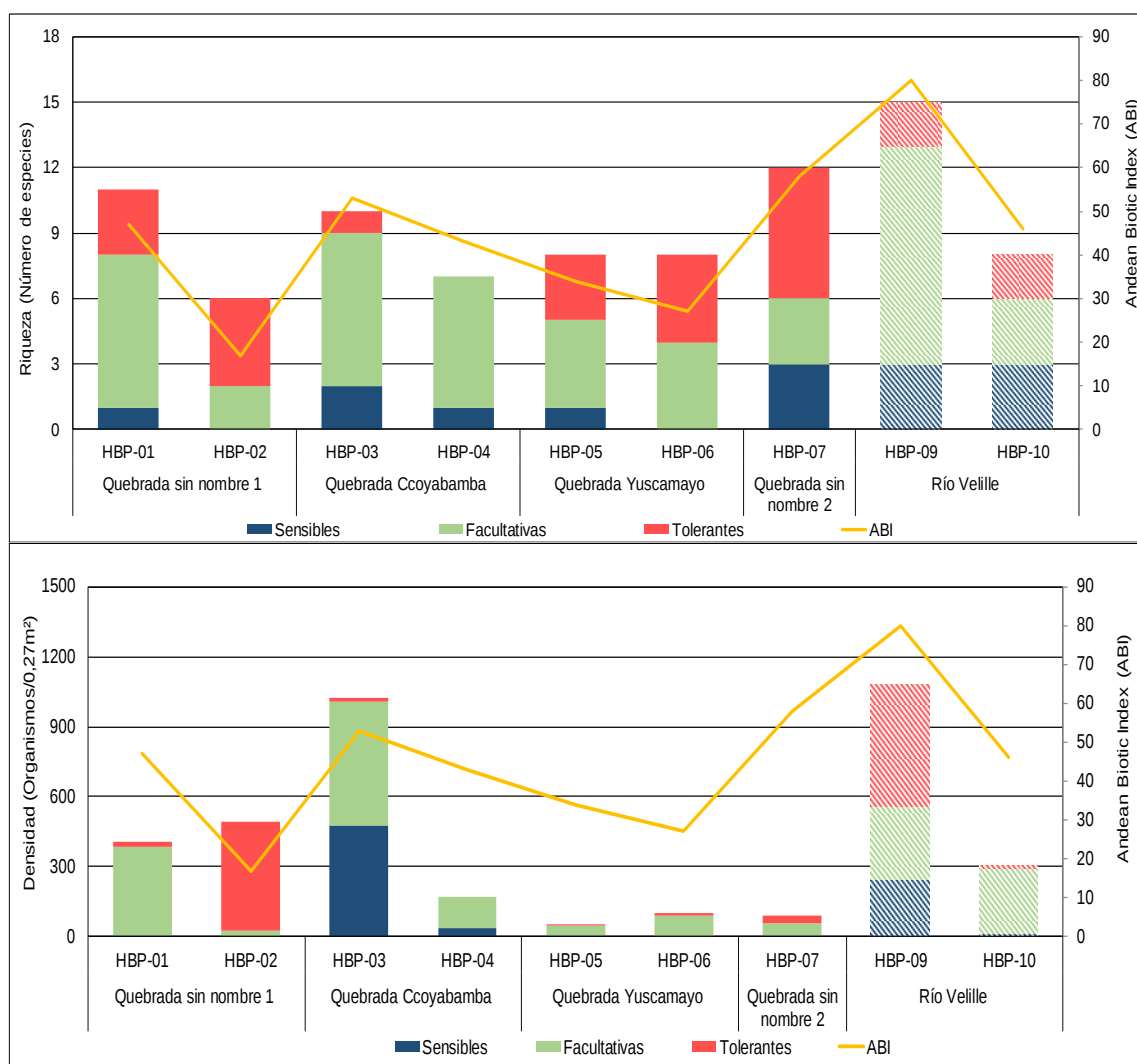


Figura 7.4. Riqueza y densidad de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos descritos en la zona I: Ccapi, para las categorías sensibles, facultativos y tolerantes.

○ Manantial sin nombre 1

En este punto de muestreo solo se realizó la evaluación del agua superficial, ya que no hubo condiciones para el muestreo de sedimentos ni de comunidades hidrobiológicas. En el punto MAP-02 se registró un oxígeno disuelto (4,83 mg/L) que se encuentra por debajo de los ECA para agua Cat.3 - D2: Bebida de animales, debido a que las aguas de un manantial tienen similares características a las aguas subterráneas⁸ con bajo contenido de oxígeno disuelto. Además, el punto de muestreo MAP-01 (ubicado aguas abajo de la carretera), presentó un pH ligeramente alcalino (8,54 unidades de pH) el cual superó el rango de los estándares antes mencionados, es importante mencionar que el agua derivada del punto de muestreo MAP-02, transcorre cerca de la carretera (cuneta) antes de llegar al punto de muestreo MAP-01, lo que podría estar influenciando en el pH registrado (Figura 7.5).

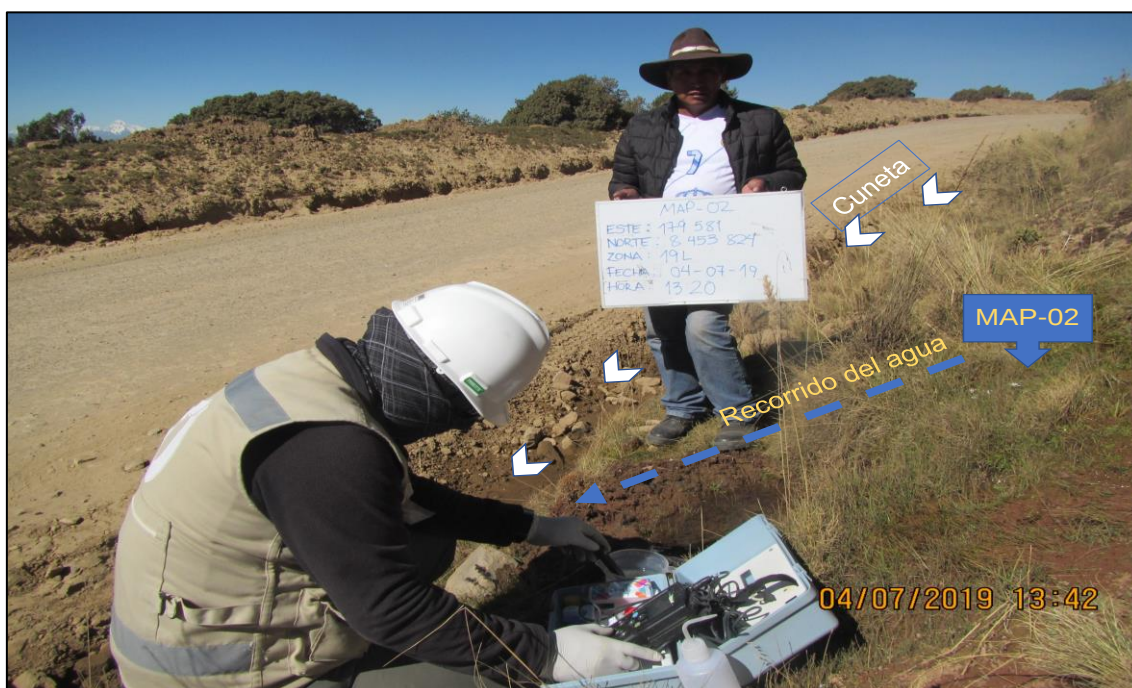


Figura 7.5. Manantial sin nombre punto MAP-02

7.2. Zona II: Paccaritambo

○ Quebrada Miscabamba II

La quebrada Miscabamba II en el punto de muestreo ASP-12 presentó un pH de 8,51 unidades de pH, que considerando el porcentaje de incertidumbre de $\pm 0,013$ del potenciómetro, el pH varía de un valor mínimo de 8,487 unidades de pH y un valor máximo de 8,513 unidades de pH; por ende, si se considera el valor mínimo se encontraría dentro del rango de los ECA para agua categoría 3 – D1: Riego de vegetales, pero si se considera el valor máximo se encontraría fuera del rango de los estándares mencionados; además, en este punto las concentraciones de aluminio total y manganeso total superaron los ECA para agua Cat.3.

Los resultados de sedimentos de los dos puntos evaluados (SEDP-11 y SEDP-12) reportaron concentraciones de cobre total que referencialmente superaron el valor ISQG de la guía canadiense. Con respecto a la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en el

⁸

Propiedades de las aguas subterráneas: <https://www.lenntech.es/agua-subterranea/propiedades.htm>

punto de muestreo HBP-11, ubicado aguas arriba del punto de captación ANA-23, se registró la mayor diversidad (8 especies y 38 individuos/0,27m²), siendo representado principalmente por las especies *Andesiops* sp. y *Meridalaris* sp., pertenecientes a las familias Baetidae y Leptophlebiidae respectivamente. Si bien las especies de la familia Baetidae pueden tolerar algún nivel de degradación de la calidad de agua, especies de la familia Leptophlebiidae son usadas como indicadores de buena calidad ecológica debido a su baja tolerancia a ambientes contaminados (Junqueira y Campos, 1998). Por el contrario, el punto de muestreo HBP-12, ubicado aguas abajo de la captación de agua para riego, presentó la menor diversidad presentando sólo 2 especies y un estado ecológico pésimo, reportando solamente especies tolerantes y facultativas (Figura 7.9). Estos resultados estarían relacionados a las concentraciones altas de sólidos totales suspendidos observados en el agua (Figura 7.7), que se genera debido a que el agua del curso de la quebrada se empoza en la carretera y el paso constante de vehículos remueve sólidos que son arrastrados por el agua hacia la quebrada (Figura 7.6 a, b y c), incrementando también las concentraciones de metales totales (aluminio y manganeso). El incremento de sólidos totales suspendidos aumenta la turbidez del agua, parámetro que está fuertemente asociado a disminuir el proceso fotosintético en el agua (Vergara, 2009), afectando el desarrollo normal de las comunidades acuáticas. Además, se observó que en este cuerpo de agua hay actividades de mantenimiento de vehículos, llegando a disponer sus residuos en el cauce de la quebrada (Figura 7.6 d).

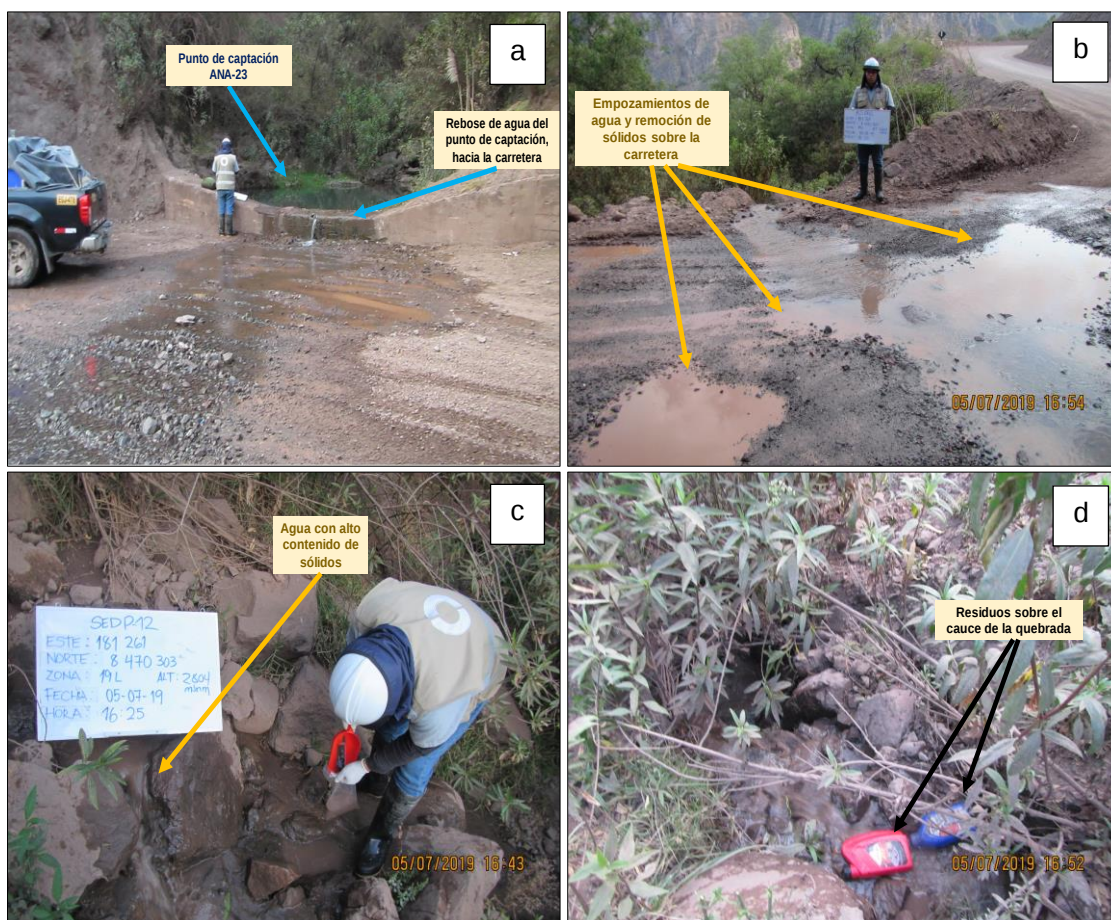


Figura 7.6. a) Rebose de agua del punto de captación sobre la carretera, b) empozamiento del agua sobre la carretera y remoción de sólidos por el tránsito vehicular, c) curso de agua de la quebrada Miscabamba II con alto contenido de sólidos y d) desechos de las actividades de mantenimiento de vehículos sobre el curso de la quebrada Miscabamba II.

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

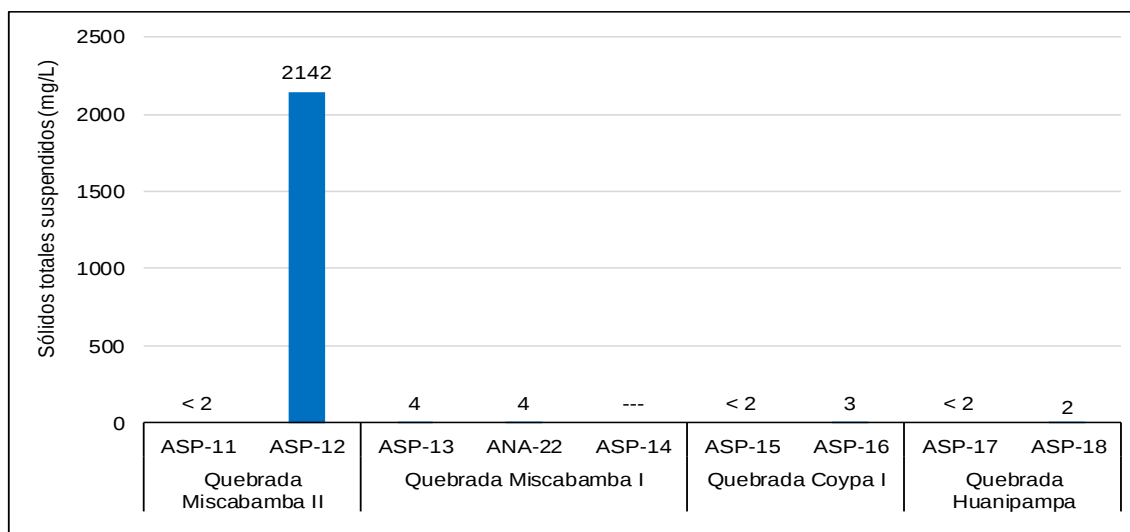


Figura 7.7. Concentración de sólidos totales en suspensión en la zona II

○ Quebrada Coypa I

En la quebrada Coypa I (ASP-15 y ASP-16) los valores y concentraciones de los parámetros evaluados en el agua y sedimento cumplieron con los ECA para agua Cat.3 y de manera referencial la guía canadiense respectivamente. Con respecto a las comunidades hidrobiológicas el punto de muestreo HBP-15 (ubicado aguas arriba del punto de captación para riego de carretera PA-07), registró mayor diversidad de macroinvertebrados bentónicos (12 especies y 1023 individuos/0,27m²) y presencia de peces (*Trichomycterus cf. rivulatus*), en comparación al punto de muestreo HBP-16 (ubicado aguas arriba del punto de captación para riego de carretera PA-07), donde se reportó baja diversidad de macroinvertebrados bentónicos (6 especies, 255 individuos/0,27m²), resultado que guardaría relación con la disminución del caudal (de 9,3 a 7,7 L/s) del punto ubicado aguas arriba de la captación, al punto ubicado aguas abajo. La disminución del caudal se debe al empozamiento y la extracción del agua para el riego de la carretera, los cuales estarían influenciando en la disminución de la diversidad de las comunidades hidrobiológicas evaluadas en este cuerpo de agua (Figura 7.8). Adicionalmente, aguas arriba se registró mayor densidad de especies sensibles (Figura 7.9) pertenecientes a la familia Leptophlebiidae, reportada como altamente sensible a algún tipo de alteración (Roldán- Pérez, 1988, Junqueira y Campos, 1998).

Es importante señalar que la especie *Trichomycterus cf. rivulatus*, conocido como bagre en la zona de estudio, es un pez endémico de la región sur andina, el cual se encuentra amenazado por la introducción de especies exóticas como la trucha y la pérdida de los ambientes acuáticos donde se desarrollan (Treviño *et al*, 1991).

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



Figura 7.8. Disminución de flujo de agua en la quebrada Coypa I

○ Quebrada Huanipampa

En la quebrada Huanipampa (ASP-17 y ASP-18) los valores y concentraciones de los parámetros evaluados en el agua y sedimento cumplieron con los ECA para agua Cat.3 y de manera referencial la guía canadiense respectivamente. De igual manera las comunidades de macroinvertebrados bentónicos presentaron similar composición de especies y un estado ecológico moderado, adicionalmente en ambos puntos evaluados se registró similar composición de especies tolerantes, sensibles y facultativas (Figura 7.9).

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

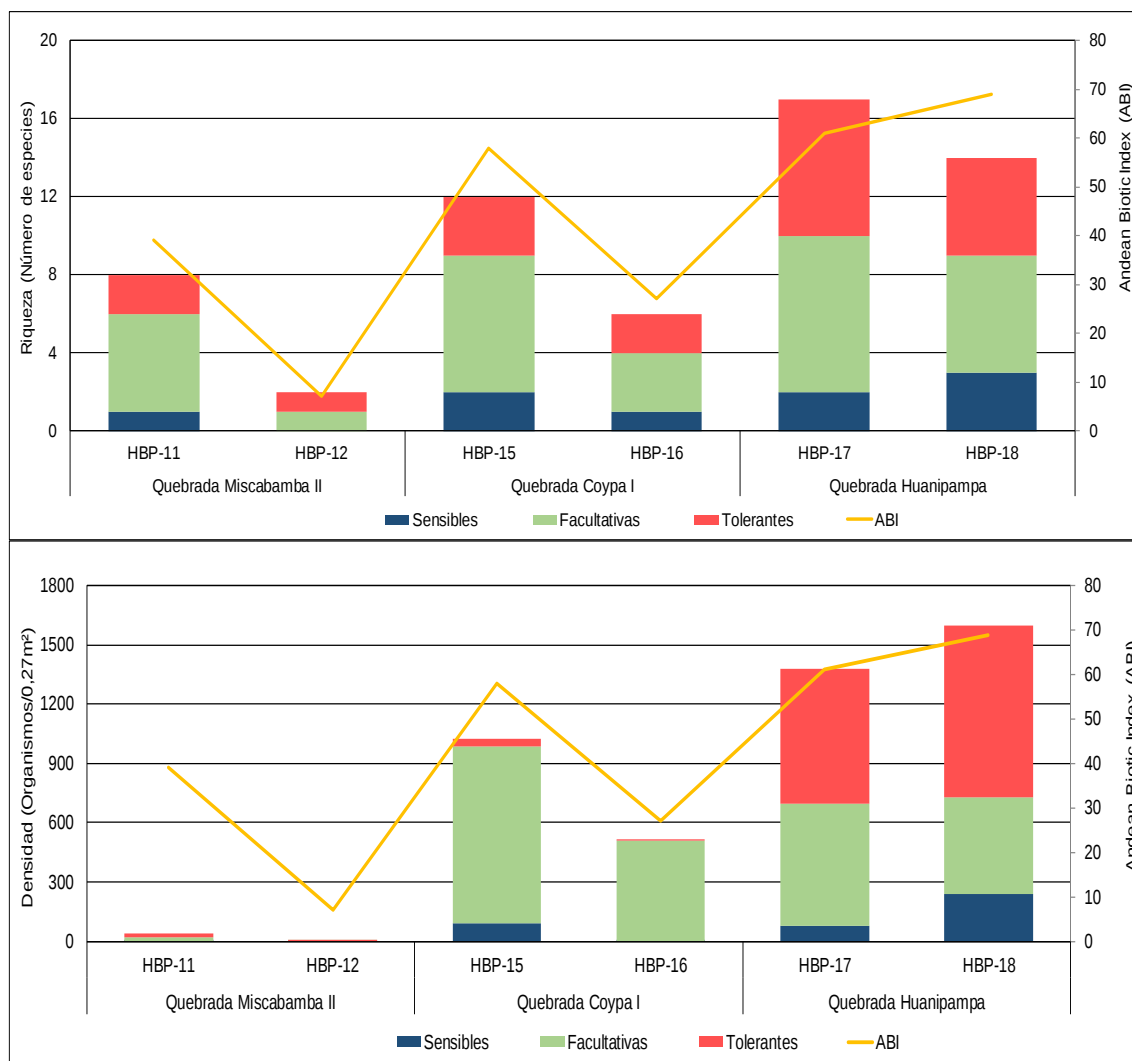


Figura 7.9. Riqueza y densidad de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos descritos en la zona II: Pacaritambo, para las categorías sensibles, facultativos y tolerantes.

○ Quebrada Miscabamba I

En la quebrada Miscabamba I (ASP-13), los parámetros evaluados en el agua superficial cumplieron con los ECA para agua Cat.3; sin embargo, en el sedimento de este punto (SEDP-13), se registró una concentración de cobre total que referencialmente superó el valor ISQG de la guía canadiense. Es importante resaltar que, no se pudo evidenciar la influencia de la captación y la extracción del agua para riego de la carretera, debido a que el punto ubicado aguas abajo (ASP-14) de la captación, se encontró inaccesible.

7.3. Zona III: Yaurisque

○ Quebrada Paruro

La quebrada Paruro evaluada en los puntos de muestreo ASP-19 y ASP-20, presentó concentraciones de oxígeno disuelto y manganoso total, que se encontraron fuera de los valores ECA para agua Cat.3. La baja concentración de oxígeno disuelto guardaría relación con lo reportado por las comunidades de macroinvertebrados, ya que aguas abajo de la captación, en el punto de muestreo HBP-20, se reportó especies tolerantes a aguas con bajo contenido de oxígeno disuelto perteneciente a la familia Chironomidae (Navarrete *et al*,

2004); además, este punto registró un estado ecológico malo, debido a la presencia sólo de especies tolerantes y facultativas (Figura 7.12). Cabe mencionar que, en el punto de muestreo ubicado aguas arriba (HBP-19) del punto de captación de agua para riego, no se realizó la colecta de macroinvertebrados bentónicos debido a que en este punto se evidenció abundantes sacos de papa (chuño) en el cauce que impidieron la colecta (Figura 7.10). Respecto a los metales en los sedimentos, estos se encontraron por debajo de los valores ISQG y PEL de la guía canadiense.



Figura 7.10. Sacos de papa (chuño) sobre el cauce de la quebrada Paruro

○ Quebrada Yaurisque

En la quebrada Yaurisque (ASP-21 y ASP-22) los valores y concentraciones de los parámetros evaluados en el agua y sedimento cumplieron con los ECA para agua Cat.3 y de manera referencial la guía canadiense respectivamente. Sin embargo, respecto a la comunidad de macroinvertebrados bentónicos se registró una mayor riqueza y densidad (13 especies y 1186 individuos/0,27m²) aguas arriba del punto de captación de agua para riego ANA-18 con respecto al punto ubicado aguas abajo (11 especies y 50 individuos/0,27m²). Además aguas arriba se registró la mayor diversidad de especies sensibles pertenecientes a los órdenes Ephemeroptera y Trichoptera, (Ej. *Meridialaris* sp. y *Cailloma* sp., respectivamente), los cuales son reportados en ambientes con buena calidad (Landa y Soldán, 1995, Springer, 2010); mientras que, aguas abajo se registró mayor densidad de la especie *Cricotopus* sp, perteneciente a la familia Chironomidae, familia reportada en ambientes con alta carga de materia orgánica (Navarrete et al, 2004) (Figura 7.13). De igual manera, la comunidad de peces fue representativa aguas arriba donde se colectó la especie endémica *Trichomycterus* cf. *rivulatus*. Cabe mencionar que, el punto de captación se encontró inactivo al momento de la evaluación, además aguas abajo, la quebrada recibe el aporte de nutrientes provenientes principalmente de las actividades domésticas que se realizan alrededor (Figura 7.11).

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



Figura 7.11. Desechos domésticos sobre la quebrada Yaurisque.

○ Río Pomate

En el río Pomate (ASP-23 y ASP-24) los valores y concentraciones de los parámetros evaluados en el agua y sedimento cumplieron con los ECA para agua Cat.3 y de manera referencial la guía canadiense respectivamente, de igual manera las comunidades de macroinvertebrados bentónicos presentaron similar composición de especies (sensibles, facultativas y tolerantes) (Figura 7.12) y un estado ecológico moderado.

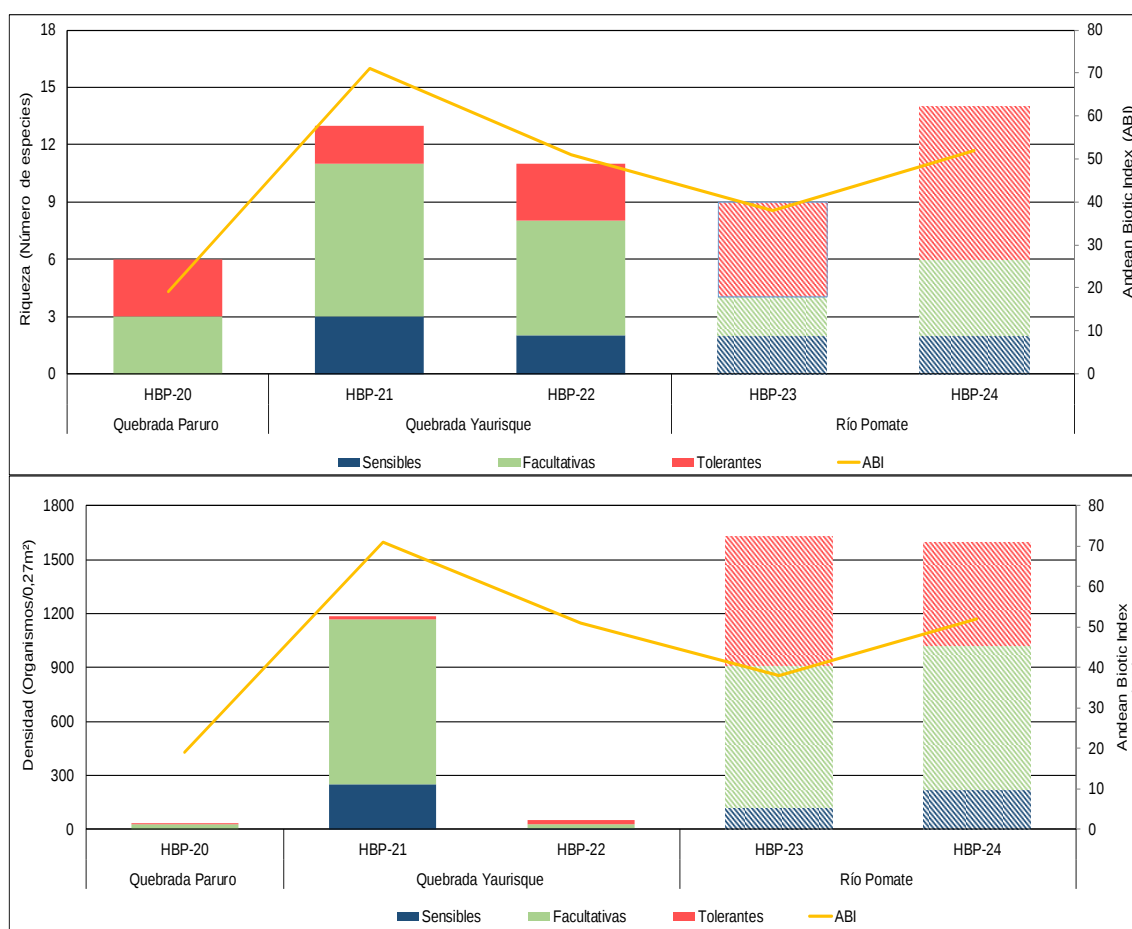


Figura 7.12. Riqueza y densidad de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos descritos en la zona III: Yaurisque, para las categorías sensibles, facultativos y tolerantes.

8. CONCLUSIONES

• Zona I: Ccapi

La quebrada sin nombre 1, estaría siendo afectada por el empozamiento y por la extracción del agua para el riego de la carretera, debido a que aguas abajo de la captación se registró una disminución del caudal lo que estaría afectando el desarrollo de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos, ya que aguas abajo del punto de captación se registró menor riqueza de esta comunidad, un estado ecológico malo, así como la dominancia de especies tolerantes, respecto al punto de muestreo ubicado aguas arriba. Sin embargo, los parámetros evaluados (tanto aguas arriba como aguas abajo del punto de captación) cumplieron con los ECA para agua categoría 3 (2017), por otro lado, la concentración de cobre total en el sedimento del punto ubicado aguas abajo de la captación superó referencialmente el valor ISQG de la guía canadiense (CEGQ - *Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life - Fresh Water*).

La quebrada Ccoyabamba, estaría siendo afectada por el empozamiento, la extracción del agua para el riego de la carretera y el rebose de agua de las cisternas, ya que aguas abajo de la captación se registró una disminución de la diversidad de macroinvertebrados bentónicos, respecto al punto ubicado aguas arriba. Sin embargo, los parámetros evaluados, tanto aguas arriba como aguas abajo del punto de captación, en agua superficial cumplieron con los ECA para agua categoría 3 (2017); además, las concentraciones de metales y metaloides totales evaluadas en sedimento se encontraron referencialmente por debajo de los valores ISQG de la guía canadiense (CEGQ).

La quebrada Yuscamayo y el río Velille 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 la quebrada sin nombre 2 no se pudo evidenciar la influencia de la captación y la extracción del agua para riego de la carretera, debido a que el punto ubicado aguas abajo de la captación fue inaccesible.

• Zona II: Paccaritambo

La quebrada Miscabamba II, no estaría siendo afectada por el empozamiento, la extracción del agua para el riego de la carretera; sin embargo, si presenta alteración por el arrastre de material particulado de la carretera hacia la quebrada, producto de la acumulación del agua en la carretera y la remoción de sólidos por el paso constante de vehículos, ya que aguas abajo del punto de captación se registró altos contenidos de sólidos totales suspendidos; así también presentó concentraciones de aluminio total y manganeso total que superaron los ECA para agua categoría 3 (2017). Además, en este punto se registró menor riqueza y densidad de macroinvertebrados bentónicos, compuesta sólo por especies tolerantes y facultativas, en comparación al punto ubicado aguas arriba de la captación donde se reportó una mayor diversidad con presencia de especies sensibles.

La quebrada Coypa I, estaría siendo afectada por el empozamiento, la extracción del agua para el riego de la carretera, ya que aguas abajo de la captación se registró una disminución del caudal, situación que estaría influyendo en el desarrollo de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos, ya que este punto de muestreo presentó menor riqueza y densidad de macroinvertebrados bentónicos, respecto al punto ubicado aguas arriba del punto de captación. Sin embargo, todos los parámetros evaluados (tanto aguas arriba como aguas abajo del punto de captación) en agua superficial cumplieron con los ECA para agua

categoría 3 (2017) y la concentración de metales o metaloides evaluadas en el sedimento se encontraron por debajo de los valores ISQG de la guía canadiense (CEQG).

La quebrada Huanipampa no fue influenciada por el empozamiento ni por la extracción de agua para el riego de la carretera, debido a que aguas arriba y aguas abajo del punto de captación, la calidad de agua superficial, sedimento, así como la diversidad de las comunidades hidrobiológicas y el caudal fueron similares; asimismo ambos puntos evaluados registraron similar composición de especies tolerantes, sensibles y facultativas.

En la quebrada Miscabamba I no se pudo evidenciar la influencia de la captación y la extracción del agua para riego de la carretera, debido a que el punto ubicado aguas abajo de la captación fue inaccesible.

- **Zona III: Yaurisque**

La quebrada Paruro no fue influenciada por el empozamiento ni por la extracción del agua para el riego de la carretera; debido a que aguas arriba y aguas abajo del punto de captación, la calidad de agua superficial y el caudal fueron similares.

La quebrada Yaurisque no fue influenciada por el empozamiento ni por la extracción del agua para el riego de la carretera debido a que aguas arriba y aguas abajo del punto de captación, la calidad de agua superficial, sedimento fueron similares. Sin embargo, se registró una mayor riqueza y densidad de macroinvertebrados bentónicos, con dominancia de especies sensibles, en el punto de muestreo ubicado aguas arriba de la captación de agua para riego, con respecto al punto ubicado aguas abajo. Además, aguas abajo del punto de captación, se registró mayor riqueza de especies tolerantes; la presencia de dichas especies se debería a la influencia de las actividades antrópicas que se desarrollan alrededor de este punto de muestreo.

En el río Pomate (ASP-23 y ASP-24) los valores y concentraciones de los parámetros evaluados en el agua y sedimento cumplieron con los ECA para agua categoría 3 (2017) y la concentración de metales o metaloides evaluadas en el sedimento se encontraron por debajo de los valores ISQG de la guía canadiense (CEQG), de igual manera las comunidades de macroinvertebrados bentónicos presentaron similar composición de especies y un estado ecológico moderado en ambos puntos. Cabe indicar, que durante la evaluación no se evidenció lavado de vehículos.

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.

Beeckman, E. 2017. Ecological impact assessment of gold mining in a river basin in Cajamarca (Peru) based on macroinvertebrate community traits. Master's Dissertation submitted to Ghent University in partial fulfilment of the requirements for the degree of Master of Science in Bioscience Engineering: Environmental Technology.

Bispo, PC., Froehlich, CG. and Oliveira, LG. 2002. Stonefly (Plecoptera) fauna of streams in a mountainous area of Central Brazil: abiotic factors and nymph density. *Revista Brasileira de Zoologia*, vol. 19, p. 325-334. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81752002000500026>.

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

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.

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.

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

Junqueira, V. M. & Campos, S. C. M. 1998. Adaptation of the “BMWP” method for water quality evaluation to Rio das Velhas watershed (Minas Gerais, Brazil). *Acta Limnologica Brasiliensia* 10(2):125-135.

Landa V, Soldán T (1995). Mayflies as bioindicators of water quality and environmental change on a regional and global scale. Pages 21-29 in Corkum LD; Ciborowski JJH. *CurrentDirections in Research on Ephemeroptera*. Canadian Scholars' Press, Inc. Toronto.

Lenntech (1998). Propiedades de las aguas subterráneas Disponible desde <https://www.lenntech.es/agua-subterranea/propiedades.htm>

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.

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.

Roldán-Perez, G. 1996. Guía para el estudio de macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia. Fondo Fen. Colciencias. Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia. 217 pp.

Springer, M. (2010). Trichoptera. *Revista de Biología Tropical*, 58(suppl. 4), 151-198.

Tomanová S. & Tedesco PA. 2007. Biological and ecological characteristics of genus *Anacroneuria* (Perlidae, Plecoptera) from South America: body size, ecological tolerance and potential for water quality bioindication. *International Journal of Tropical Biology*, 55: 67-81.



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

Treviño, H., J. Torres, D. J. Choquehuanca, D.A. Levy, y T.G. Northcote. 1991. Efectos de la eutroficación sobre la fauna piscícola. In: T.G. Northcote, P. Morales, D.A. Levy, and M.S. Greaven (eds.), Contaminación en el Lago Titicaca, Perú: Capacitación, Investigación y Manejo. University of British Columbia, Vancouver, Canadá. Pp. 123-137.

Vergara, D. (2009). Entomofauna Lótica Bioindicadora de la Calidad del Agua. (Tesis de grado). Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia. Recuperado de: http://www.bdigital.unal.edu.co/2177/1/43615961.2009_1.pdf

10. ANEXOS

Anexo 1: Mapas

Anexo 2: Reporte de campo

Anexo 3: Reporte de resultados

Anexo 4: Acta de conformidad entre OEFA y acreditados de los distritos de Ccapi, Paccaritambo y Yaurisque.

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: 03076276"



03076276