

# ANEXOS



Organismo  
de Evaluación  
y Fiscalización  
Ambiental

# ANEXO N.º 1



Organismo  
de Evaluación  
y Fiscalización  
Ambiental

**DETALLE DE LA EVALUACIÓN  
AMBIENTAL DE CAUSALIDAD  
EN EL ÁREA DE INFLUENCIA  
DE LA CENTRAL  
HIDROELÉCTRICA EL  
PLATANAL DE LA COMPAÑÍA  
ELÉCTRICA EL PLATANAL,  
EN EL AÑO 2021**

---

**DETALLE DE LA EVALUACIÓN AMBIENTAL DE CAUSALIDAD EN EL ÁREA  
DE INFLUENCIA DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA EL PLATANAL DE LA  
COMPAÑÍA ELECTRICA EL PLATANAL S.A., EN EL AÑO 2021**

---

**SUBDIRECCIÓN TÉCNICA CIENTÍFICA  
DIRECCIÓN DE EVALUACIÓN AMBIENTAL**

**2021**



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Organismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica  
Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
«Año del Bicentenario del Perú: 200 años de independencia»

Firmas de los profesionales que aportaron a este documento:





## ÍNDICE DEL CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. ANTECEDENTES .....	2
3. OBJETIVOS .....	3
3.1. Objetivo general .....	3
3.2. Objetivos específicos .....	3
4. ÁREA DE ESTUDIO .....	4
4.1. Geología regional .....	5
4.2. Climatología e hidrología .....	5
4.3. Comunidades hidrobiológicas .....	7
4.4. Contexto social .....	8
5. METODOLOGÍA .....	8
5.1. Objetivo específico 1: Evaluar que el agua superficial, agua residual doméstica tratada, sedimentos y comunidades hidrobiológicas se encuentren sin influencias de las actividades de operación de la C.H. El Platanal .....	10
5.1.1. Guías utilizadas para la evaluación .....	10
5.1.2. Ubicación de puntos de muestreo .....	10
5.1.3. Parámetros y métodos de análisis .....	13
5.1.4. Equipamiento y materiales utilizados .....	14
5.1.5. Aseguramiento de la calidad .....	15
5.1.6. Procesamiento de datos .....	15
5.1.7. Criterios de evaluación .....	22
5.2. Objetivo específico 2: Determinar y comparar el caudal ecológico en el río Cañete para la sostenibilidad de las comunidades hidrobiológicas en el tramo de influencia ambiental directa de la C.H. El Platanal .....	24
5.2.1. Guías utilizadas para la evaluación .....	24
5.2.2. Ubicación de puntos de muestreo .....	24
5.2.3. Parámetros y variables .....	25
5.2.4. Equipamiento y materiales utilizados .....	25
5.2.5. Procesamiento de datos .....	26
5.2.6. Criterios de evaluación .....	33
5.3. Objetivo específico 3: Evaluar el impacto de la purga de sedimentos del embalse Capillucas en el 2021 .....	33
5.3.1. Ubicación de puntos de muestreo .....	33
5.3.2. Parámetros y métodos de análisis .....	34
5.3.3. Criterios de evaluación .....	35



6.	RESULTADOS .....	35
6.1.	Objetivo específico 1: Evaluar que el agua superficial, agua residual doméstica tratada, sedimentos y comunidades hidrobiológicas se encuentren sin influencias de las actividades de operación de la C.H. El Platanal .....	35
6.1.1.	Agua superficial .....	35
6.1.2.	Agua residual doméstica tratada.....	41
6.1.3.	Sedimentos.....	41
6.1.4.	Comunidades hidrobiológicas .....	45
6.2.	Objetivo específico 2: Determinar y comparar el caudal ecológico en el río Cañete para la sostenibilidad de las comunidades hidrobiológicas en el tramo de influencia ambiental directa de la C.H. El Platanal .....	69
6.2.1.	Geomorfología fluvial.....	69
6.2.2.	Caudales.....	79
6.2.3.	Especies registradas .....	80
6.2.4.	Curvas de idoneidad de hábitat.....	82
6.2.5.	Curvas de uso de hábitat.....	92
6.3.	Objetivo específico 3: Evaluar el impacto de la purga de sedimentos del embalse Capillucas en el 2021 .....	99
7.	DISCUSIÓN .....	113
8.	CONCLUSIONES.....	137
9.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	139

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 5.1.</b>	Referencias para el muestreo de agua, sedimento y comunidades hidrobiológicas .....	10
<b>Tabla 5.2.</b>	Ubicación de puntos de muestreo de agua superficial, sedimento y comunidades hidrobiológicas evaluados en la temporada húmeda (abril 2021) .....	11
<b>Tabla 5.3.</b>	Ubicación de puntos de muestreo de agua superficial, sedimento y comunidades hidrobiológicas evaluados en la temporada húmeda (agosto 2021) .....	12
<b>Tabla 5.4.</b>	Ubicación de punto de muestreo de agua residual doméstica tratada evaluado en abril y agosto 2021 .....	13
<b>Tabla 5.5.</b>	Parámetros y métodos de análisis de agua, sedimento y comunidades hidrobiológicas.....	14
<b>Tabla 5.6.</b>	Valores aceptables de error en función a la conductividad eléctrica.....	17
<b>Tabla 5.7.</b>	Cuerpo de agua y categoría de comparación para los cuerpos de agua en el área de influencia de la C.H. El Platanal.....	22
<b>Tabla 5.8.</b>	Valores de referencia para metales en sedimentos.....	23
<b>Tabla 5.9.</b>	Referencias para el levantamiento de información de caudal ecológico.....	24
<b>Tabla 5.10.</b>	Ubicación de tramos evaluados .....	24
<b>Tabla 5.11.</b>	Parámetros y variables determinados para caudal ecológico .....	25
<b>Tabla 5.12.</b>	Clasificación de tipos de valles.....	26
<b>Tabla 5.13.</b>	Relación de encajonamiento .....	28
<b>Tabla 5.14.</b>	Relación de ancho profundidad.....	28
<b>Tabla 5.15.</b>	Sinuosidad .....	29



<b>Tabla 5.16.</b> Material del canal.....	29
<b>Tabla 5.17.</b> Descripción de las funciones de distribución de probabilidad .....	32
<b>Tabla 5.18.</b> Ubicación de puntos de muestreo durante la purga de sedimentos.....	33
<b>Tabla 5.19.</b> Parámetros y métodos de análisis .....	34
<b>Tabla 6.1.</b> Porcentaje de los metales disueltos de los puntos de muestreo de agua superficial .....	39
<b>Tabla 6.2.</b> Resultados de metales en los sedimentos del río Cañete comparados con los valores ISQG y PEL de la guía de calidad ambiental de Canadá –CEQG .....	43
<b>Tabla 6.3.</b> Resumen de las características y evaluación visual de quebradas.....	46
<b>Tabla 6.4.</b> Composición comunitaria total de microalgas del perifiton en el río Cañete y Laguna Paucarcocha.....	47
<b>Tabla 6.5.</b> Riqueza de microalgas del perifiton en el río Cañete y laguna Paucarcocha ....	49
<b>Tabla 6.6.</b> Abundancia por phylum de microalgas del perifiton en el río Cañete y Laguna Paucarcocha.....	51
<b>Tabla 6.7.</b> Índices de diversidad para microalgas del perifiton en el río Cañete y Laguna Paucarcocha.....	53
<b>Tabla 6.8.</b> Índice de similitud de Bray-Curtis para microalgas del perifiton del río Cañete y laguna Paucarcocha.....	55
<b>Tabla 6.9.</b> Valores y concentraciones de variables físicas y químicas en el agua superficial y sedimentos del río Cañete y laguna Paucarcocha .....	56
<b>Tabla 6.10.</b> Correlaciones de Spearman entre las variables ambientales y las dimensiones del escalamiento multidimensional no métrico para la comunidad de microalgas del perifiton .....	57
<b>Tabla 6.11.</b> Composición comunitaria total de macroinvertebrados bentónicos en el río Cañete y laguna Paucarcocha .....	58
<b>Tabla 6.12.</b> Riqueza de macroinvertebrados bentónicos en el río Cañete y laguna Paucarcocha.....	59
<b>Tabla 6.13.</b> Abundancia por taxon de macroinvertebrados bentónicos en cada punto de muestreo.....	62
<b>Tabla 6.14.</b> Índices de diversidad para macroinvertebrados bentónicos en el río Cañete y laguna Paucarcocha.....	65
<b>Tabla 6.15.</b> Índice de similitud de Bray-Curtis para macroinvertebrados bentónicos en el río Cañete y laguna Paucarcocha .....	67
<b>Tabla 6.16.</b> Correlaciones de Spearman entre las variables ambientales y las dimensiones del escalamiento multidimensional no métrico para la comunidad de macroinvertebrados bentónicos del río .....	68
<b>Tabla 6.17.</b> Resumen de las características geomorfológicas.....	69
<b>Tabla 6.18.</b> Caudales para los transectos en el Tramo de Caudal ecológico San Juanito .	79
<b>Tabla 6.19.</b> Caudales para los transectos en el Tramo de Caudal ecológico Puente Matica .....	79
<b>Tabla 6.20.</b> Especies registradas por temporada.....	80
<b>Tabla 6.21.</b> Especies de macroinvertebrados bentónicos en contenido estomacal .....	81
<b>Tabla 6.22.</b> Registros de macroinvertebrados bentónicos en las muestras de caudal ecológico.....	82
<b>Tabla 6.23.</b> Parámetros de las funciones de distribución de probabilidad para las velocidades de las especies seleccionadas.....	83
<b>Tabla 6.24.</b> Valores de idoneidad de las especies seleccionadas para los diferentes valores de velocidad.....	86
<b>Tabla 6.25.</b> Parámetros de las funciones de distribución de probabilidad para las profundidades de las especies seleccionadas.....	87



**Tabla 6.26.** Valores de idoneidad de las especies seleccionadas para los diferentes valores de profundidad.....89

**Tabla 6.27.** Combinación de los tipos de sustrato y cobertura asignados a los respectivos códigos de índice de canal.....89

**Tabla 6.28.** Valores de idoneidad de las especies seleccionadas para las categorías de índice de canal .....92

**Tabla 6.29.** Concentración de Cadmio en la estación Capillucas.....99

**Tabla 6.30.** Parámetros que excedieron los ECA para Agua 2017 Categoría 1-A2 en la estación Chavín..... 101

**Tabla 6.31.** Parámetros que excedieron los ECA para Agua 2017 Categoría 1-A2 en la estación Catapalla..... 104

**Tabla 6.32.** Parámetros que excedieron los ECA para Agua 2017 Categoría 1-A2 en la estación Socsi ..... 106

**Tabla 6.33.** Parámetros que excedieron los ECA para Agua 2017 Categoría 1-A2 en la estación Fortaleza ..... 109

**Tabla 6.34.** Parámetros que excedieron los ECA para Agua 2017 Categoría 1-A2 en la estación Pampilla ..... 111

**Tabla 7.1.** Valores de pendiente para camarón adulto y bagre costero ..... 120

**Tabla 7.1.** Purga de sedimentos considerando valores de STS superior a 1000 mg/L..... 133

**Tabla 7.2.** Purga de sedimentos considerando valores de STS superior a 200 mg/L..... 133

### ÍNDICE DE FIGURAS

**Figura 4.1.** Ubicación hidrográfica de la C.H. El Platanal .....4

**Figura 4.2.** Área de estudio de la EAC El Platanal .....5

**Figura 4.3.** Régimen anual de las descargas medias mensuales del río Cañete en la estación Socsi (1964-2019): AP (año promedio), AMS (año más seco), AMH (año más húmedo).....6

**Figura 4.4.** Esquema hidráulico del río Cañete.....7

**Figura 5.1.** Esquema conceptual de las actividades que se desarrollan en el área de influencia de la C.H. El Platanal .....9

**Figura 5.2.** Distribución de los puntos de muestreo en el área de estudio de la EAC El Platanal.....9

**Figura 5.3.** Relación de los sólidos totales disueltos (STD) con los valores de K para diferentes tipos de agua .....16

**Figura 5.4.** Diagrama de Stiff.....18

**Figura 5.5.** Diagrama de Piper .....19

**Figura 5.6.** Curva granulométrica acumulada continua .....20

**Figura 5.7.** Esquema de una celda computacional definida en PHABSIM.....31

**Figura 6.1.** Concentración de aceites y grasas en los puntos evaluados en abril y agosto 2021 .....37

**Figura 6.2.** Relación entre la conductividad eléctrica y los sólidos totales disueltos (STD)38

**Figura 6.3.** Relación entre la conductividad eléctrica y la suma de cationes .....39

**Figura 6.4.** Relación lineal entre la conductividad eléctrica y la suma de aniones .....39

**Figura 6.5.** Diagrama de Piper de los puntos de muestreo evaluados.....40

**Figura 6.6.** Diagrama de Stiff de los puntos de muestreo evaluados en el río Cañete. ....41

**Figura 6.7.** Metales totales de los elementos mayores en sedimentos.....42

**Figura 6.8.** Concentración de elementos menores en sedimentos del río Cañete durante temporada seca y húmeda del 2021 .....42

**Figura 6.9.** Concentración de elementos trazas en sedimentos del río Cañete en época húmeda y época seca del 2021 .....43



**Figura 6.10.** Variación de la concentración de arsénico en sedimentos del río Cañete evaluados en época seca y época húmeda del 2021.....44

**Figura 6.11.** Concentración en porcentaje de grava, arena y finos en sedimentos del río Cañete evaluados en época seca y época húmeda del 2021 .....44

**Figura 6.12.** Curva granulométrica sedimentos del río Cañete .....45

**Figura 6.13.** Análisis de coordenadas principales de las comunidades hidrobiológicas del río Cañete. ....47

**Figura 6.14.** Distribución porcentual de la composición de especies por phylum en el río Cañete y Laguna Paucarcocha. ....48

**Figura 6.15.** Composición de riqueza de microalgas del perifiton en el río Cañete y laguna Paucarcocha .....50

**Figura 6.16.** Abundancia por taxon de microalgas del perifiton en el río Cañete y laguna Paucarcocha.....52

**Figura 6.17.** Índices de diversidad para microalgas del perifiton en el río Cañete y laguna Paucarcocha.....54

**Figura 6.18.** Escalamiento multidimensional no métrico para la comunidad de microalgas del perifiton del río Cañete y laguna Paucarcocha .....55

**Figura 6.19.** Distribución porcentual de la composición de especies por phylum .....59

**Figura 6.20.** Composición de riqueza de macroinvertebrados bentónicos en el río Cañete y laguna Paucarcocha.....61

**Figura 6.21.** Abundancia por taxon de macroinvertebrados bentónicos en punto de muestreo en el río Cañete y laguna Paucarcocha.....64

**Figura 6.22.** Índices de diversidad para macroinvertebrados bentónicos en el río Cañete y laguna Paucarcocha.....66

**Figura 6.23.** Escalamiento multidimensional no métrico para la comunidad de macroinvertebrados bentónicos del río Cañete y la laguna Paucarcocha .....67

**Figura 6.24.** Dendograma mostrando los grupos con características geomorfológicas similares.....70

**Figura 6.25.** Clasificación por grupos de las secciones en el tramo de caudal ecológico del río Cañete.....71

**Figura 6.26.** Transecto 2 a Transecto 11 en el Tramo II (Tramo de caudal ecológico San Juanito): A) Ubicación área. B) Ubicación a nivel longitudinal .....72

**Figura 6.27.** Subrápido del Tramo San Juanito (Transecto 2 al 10): A) Subrápido, B) Corte transversal del Transecto 2, C) Corte transversal del transecto 3, D) Corte transversal del transecto 4, E) Corte transversal del transecto 5, F) Corte transversal del transecto 6, G) Corte transversal del transecto 7, H) Corte transversal del transecto O, I) Corte transversal del transecto 9, J) Corte transversal del transecto 10. ....73

**Figura 6.28.** Tabla (Transecto 11) del Tramo San Juanito: A) Transecto 11, B) Corte transversal del Transecto 11. ....74

**Figura 6.29.** Tabla (Transecto 1) del Tramo Puente Matica: A) Ubicación aérea (Cuadrado blanco), B) Ubicación a nivel longitudinal (cuadrado azul), C) Corte transversal del Transecto 1, D) Transecto 1 .....75

**Figura 6.30.** Rápido (Transecto 2) del Tramo Puente Matica: A) Ubicación aérea (Cuadrado blanco), B) Ubicación a nivel longitudinal (Cuadrado azul), C) Corte transversal del Transecto 2, D) Transecto 2.....76

**Figura 6.31.** Poza (Transecto 4) y Cola de Poza (Transecto 3) del Tramo Puente Matica: A) Ubicación aérea (Cuadrado blanco), B) Ubicación a nivel longitudinal (Cuadrado azul), C) Corte transversal del Transecto 3, D) Corte transversal del Transecto 4, E) Transecto 3 y 4. ....77



**Figura 6.32.** Rápido (Transecto 5) del Tramo Puente Matica, A) Ubicación aérea (Cuadrado blanco), B) Ubicación a nivel longitudinal (Cuadrado azul), C) Corte transversal del Transecto 5, D) Transecto 5.....78

**Figura 6.33.** Curvas de las funciones de distribución de probabilidad para las velocidades de las especies a) *Cryphiops caementarius* juvenil b) *Cryphiops caementarius* adulto c) *Basilichthys semotilus*, d) *Etmobrycon peruanus* e) *Trichomycterus punctulatus* f) Baetidae g) Leptohephidae h) Hydropsychidae.....85

**Figura 6.34.** Curvas de las funciones de distribución de probabilidad para las profundidades de las especies a) *Cryphiops caementarius* juvenil b) *Cryphiops caementarius* adulto c) *Basilichthys semotilus*, d) *Etmobrycon peruanus* e) *Trichomycterus punctulatus* f) Baetidae g) Leptohephidae h) Hydropsychidae.....88

**Figura 6.35.** Tipos de sustrato y cobertura .....90

**Figura 6.36.** Índice de canal de las especies en el río a) *Cryphiops caementarius* juvenil b) *Cryphiops caementarius* adulto c) *Basilichthys semotilus*, d) *Etmobrycon peruanus* e) *Trichomycterus punctulatus* f) Baetidae g) Leptohephidae h) Hydropsychidae.....91

**Figura 6.37.** Curvas de uso de hábitat para *Cryphiops caementarius* juvenil y adulto en el tramo de caudal ecológico San Juanito. ....93

**Figura 6.38.** Curvas de uso de hábitat para *Basilichthys semotilus*, *Etmobrycon peruanus* y *Trichomycterus punctulatus* en el tramo de caudal ecológico San Juanito.....94

**Figura 6.39.** Curvas de uso de hábitat para Baetidae, Leptohephidae e Hydropsychidae en el tramo de caudal ecológico San Juanito. ....95

**Figura 6.40.** Curvas de uso de hábitat para *Cryphiops caementarius* juvenil y adulto en el tramo de caudal ecológico Puente Matica .....96

**Figura 6.41.** Curvas de uso de hábitat para *Basilichthys semotilus* en el tramo de caudal ecológico Puente Matica .....97

**Figura 6.42.** Curvas de uso de hábitat para Baetidae, Leptohephidae e Hydropsychidae en el tramo de caudal ecológico Puente Matica .....98

**Figura 6.43.** Concentraciones de sólidos totales suspendidos registrados en enero 2021 en la estación Capillucas..... 100

**Figura 6.44.** Concentraciones de sólidos totales suspendidos registrados en enero 2021 en la estación Capillucas..... 101

**Figura 6.45.** Concentraciones de sólidos totales suspendidos registrados en enero en la estación Chavín..... 103

**Figura 6.46.** Concentraciones de sólidos totales suspendidos registrados en marzo 2021 en la estación Chavín..... 103

**Figura 6.47.** Concentraciones de sólidos totales suspendidos registrados en enero en la estación Catapalla..... 105

**Figura 6.48.** Concentraciones de sólidos totales suspendidos registrados en marzo en la estación Catapalla..... 106

**Figura 6.49.** Concentraciones de sólidos totales suspendidos registrados en enero 2021 en la estación Socsi..... 108

**Figura 6.50.** Concentraciones de sólidos totales suspendidos registrados en marzo 2021 en la estación Socsi..... 108

**Figura 6.51.** Concentraciones de sólidos totales suspendidos registrados en enero 2021 en la estación Fortaleza ..... 110

**Figura 6.52.** Concentraciones de sólidos totales suspendidos registrados en marzo 2021 en la estación Fortaleza ..... 110

**Figura 6.53.** Concentraciones de sólidos totales suspendidos registrados en enero 2021 en la estación Pampilla..... 112

**Figura 6.54.** Concentraciones de sólidos totales suspendidos registrados en marzo de 2021 en la estación Pampilla ..... 112





<b>Figura 7.1.</b> Caudales reportados durante las supervisiones realizadas .....	113
<b>Figura 7.2.</b> Esquema conceptual de las principales actividades que se desarrollan en el entorno del tramo de caudal reducido por las actividades de la C.H. El Platanal.....	115
<b>Figura 7.3.</b> Curvas de uso de hábitat en el tramo de caudal ecológico de San Juanito y su extrapolación a otras zonas del río según las similitudes en características geomorfológicas. ....	117
<b>Figura 7.4.</b> Curvas de uso de hábitat en el tramo de Puente Matica y su extrapolación a otras zonas del río según las similitudes en características geomorfológicas. ....	118
<b>Figura 7.5.</b> Curvas de uso de hábitat y sus funciones estimadas para camarón adulto y bagre costero. ....	120
<b>Figura 7.6.</b> Curvas de uso de hábitat para adultos y juveniles de camarón de río, bagre costero, pejerrey de río, carachita y los macroinvertebrados bentónicos: Baetidae, Leptohyphidae e Hydropsychidae.....	121
<b>Figura 7.5.</b> Variación altitudinal y temporal de la temperatura. ....	124
<b>Figura 7.6.</b> Variación altitudinal y temporal del pH.....	125
<b>Figura 7.7.</b> Variación altitudinal y temporal del oxígeno disuelto.....	126
<b>Figura 7.8.</b> Variación altitudinal y temporal de la dureza (mg/L). ....	127
<b>Figura 7.9. A)</b> Biomasa estimada en toneladas desde 0 a 1700 msnm para cada monitoreo de camarón. <b>B)</b> Abundancia estimada desde 0 a 1700 msnm para cada monitoreo de camarón.....	128
<b>Figura 7.10. A)</b> Biomasa estimada (toneladas) desde 900 a 1500 msnm (tramo de caudal reducido) para cada monitoreo de camarón <b>B)</b> Abundancia estimada (en miles) desde 900 a 1500 msnm (tramo de caudal reducido) para cada monitoreo de camarón.....	129
<b>Figura 7.11.</b> Efecto de la acumulación de sedimentos y respuesta de los macroinvertebrados bentónicos durante la purga de sedimentos. a) antes de la purga b) primer pulso de sedimentos c) acumulación de sedimentos d) reducción de hábitat. ....	130
<b>Figura 7.12.</b> Variación de la sólidos totales suspendidos y turbidez durante la purga de sedimentos del embalse Capillucas en enero y marzo del 2021. a) 29 y 30 de enero del 2021, b) 19 y 20 de marzo del 2021 .....	132
<b>Figura 7.13.</b> Serie histórica de la riqueza de macroinvertebrados bentónicos desde el 2006-2021 .....	136
<b>Figura 7.14.</b> Jaulas flotantes en la laguna Paucarcocha donde se cultiva <i>Oncorhynchus mykiss</i> (trucha arco iris). ....	137



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Organismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica  
Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
«Año del Bicentenario del Perú: 200 años de independencia»

## LISTADO DE SIGLAS Y ACRÓNIMOS

AC: Correspondencia Canónica

ANA: Autoridad Nacional del Agua

APHA: American Public Health Association

ASTM: American Society for Testing and Materials

AWWA: American Water Works Association

CE: Conductividad eléctrica

DEAM: Dirección de Evaluación Ambiental

EAC: Evaluación Ambiental de Causalidad

EIA: Estudio de Impacto Ambiental

EPA: Environmental Protection Agency

EMNM: Escalamiento multidimensional no métrico

IGA: Instrumento de Gestión Ambiental

INGEMMET: Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico

ITS: Informe Técnico Sustentatorio

NMDS: Escalamiento multidimensional no métrico

OEFA: Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental

OD: Oxígeno Disuelto

pH: Potencial de hidrógeno

STEC: Subdirección Técnica Científica

SST: Sólidos Suspendedos Totales

STD: Sólidos Totales Disueltos

SVAP: Stream Visual Assessment Protocol (Protocolo de valoración visual de quebradas)

UTM: Universal Transverse Mercator (Sistema de coordenadas universal transversal de Mercator)

WGS 84: World Geodetic System 1984

ECA-Agua: Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua

MINAM: Ministerio del Ambiente

Senamhi: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú





## 1. INTRODUCCIÓN

El presente informe corresponde a la Evaluación ambiental de causalidad (en adelante, EAC<sup>1</sup>) realizada durante el 2021 en el área de influencia de la Central Hidroeléctrica El Platanal (en adelante, C.H. El Platanal) de la Compañía Eléctrica El Platanal, realizada con la finalidad de determinar el riesgo hídrico del río Cañete producto de las actividades de operación de la C.H. El Platanal.

El área de influencia ambiental directa<sup>2</sup> de la C.H. El Platanal comprende las provincias de Yauyos y Cañete donde se ubican los principales componentes de la C.H. El Platanal específicamente las zonas de Capillucas, San Juanito, Morro de Arica y laguna Paucarcocha, el área de influencia ambiental indirecta involucra toda la cuenca hidrográfica del río Cañete por las implicancias socioeconómicas<sup>1</sup>. Hidrográficamente los componentes de la C.H. El Platanal se distribuyen entre la parte alta y media de la cuenca del río Cañete.

El esquema hidráulico de la C.H. El Platanal comprende el aprovechamiento estacional de las aguas de la laguna Paucarcocha ubicada a 4220 m s. n. m. con capacidad de 70 MMC; el reservorio Capillucas ubicado a 1520 m s. n. m. con capacidad de 1,8 MMC; un túnel de aducción de 12,5 km que conduce las aguas desde el reservorio Capillucas hasta la casa de máquinas ubicada en la localidad San Juanito que cuenta con 2 turbinas y una capacidad de 220 MW de potencia instalada; posterior se ubica el embalse de restitución ubicada a 900 m s. n. m. con capacidad de 0,54 MMC cuya función es devolver el agua turbinada al río de forma regulada.

Las aguas que se derivan con fines energéticos disminuyen notablemente el caudal natural del río en un tramo del cauce, siendo esto más notorio en ríos costeros y de flujo estacional como lo es el río Cañete. Asimismo, tal como indica Summers *et al.* (2015) el establecimiento de los regímenes de caudal debido a pequeños embalses y a los requerimientos energéticos de centrales hidroeléctricas puede tener impactos a nivel ecológico.

Por otro lado, los embalses también constituyen la acumulación de sumideros de sedimentos y nutrientes (Molina *et al.*, 2018). La acumulación de los sedimentos del embalse Capillucas genera problemas en cuanto a la capacidad de diseño del embalse, por lo cual, la central hidroeléctrica El Platanal de la Compañía Eléctrica El Platanal (en adelante, el administrado) realiza el mantenimiento mediante su purgado para mantener la capacidad hídrica útil del embalse. Sin embargo, la descarga de grandes volúmenes de agua con altos contenidos de sedimentos (suspendido y de fondo) podría alterar la calidad fisicoquímica del agua del cuerpo receptor, así como las características del ecosistema acuático.

Mediante Memorando N.º 00160-2020-OEFA/DSEM y ratificado mediante Memorando N.º 00112-2021-OEFA/DSEM la Dirección de Supervisión Ambiental en Energía y Minas (DSEM) solicitó la priorización de la Evaluación de causalidad del riesgo hídrico por

<sup>1</sup> De acuerdo con el Artículo 24 del Reglamento de Evaluación del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental-OEFA, aprobado mediante Resolución de Consejo Directivo N.º 013-2020-OEFA/CD, establece: La Evaluación Ambiental de Causalidad (EAC) se realiza mediante acciones técnicas, con la finalidad de establecer la relación causa-efecto entre la alteración de la calidad ambiental y las actividades sujetas a fiscalización ambiental. Se desarrolla a partir de la identificación de un indicio o evidencia de impacto ambiental negativo.

<sup>2</sup> EIA - Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto hidráulico del Platanal aprobado mediante Oficio N.º 519-99-MITINCI-VMI-DNI-DAN, el 23 de agosto de 1999. PMA-Plan de Manejo Ambiental del Embalse de la Laguna Paucarcocha del Proyecto Hidroeléctrico El Platanal aprobado mediante oficio N.º 3411-2008-MEM/AEE, el 18 de diciembre de 2008.



operación de la C.H. El Platanal a fin de verificar la eficacia de los compromisos ambientales asumidos en los instrumentos de gestión ambiental del administrado.

Con la finalidad de recabar información técnica para el desarrollo del estudio se realizaron trabajos de reconocimiento técnico ambiental del 20 al 25 de febrero de 2020<sup>3</sup> y supervisiones en el marco de EAC del 14 al 23 de abril de 2021 y del 8 al 21 de agosto de 2021 donde se realizó monitoreo de agua superficial, agua residual doméstica tratada, sedimentos, comunidades hidrobiológicas y datos para el estudio especializado de caudal ecológico<sup>4</sup> mediante el método de simulación de hábitat<sup>5</sup>.

Los métodos de simulación del hábitat permiten comprender la cantidad de hábitat disponible en base a diferentes valores de caudal, esto brinda un panorama de los límites para la reducción del caudal en proyectos que dispongan del caudal natural. Entre los programas conocidos, se encuentra el PHABSIM que forma parte de un enfoque más amplio de evaluación de impactos respecto a la alteración del caudal, este enfoque es conocido como IFIM (siglas del inglés *Instream Flow Incremental Methodology*). Sin embargo, solamente con el uso del PHABSIM se obtiene las relaciones entre los caudales y el hábitat disponible, a partir del conocimiento de la topografía del río, la hidráulica y los valores de idoneidad de las especies escogidas (USGS, 2001).

Es importante mencionar que todas las actividades programadas en el estudio de acuerdo al informe de Plan de evaluación ambiental de causalidad N.º 00011-2021-OEFA-DEAM-STEC fueron realizadas dentro del marco de la función evaluadora del OEFA.

El estudio consideró también el análisis del registro histórico de los monitoreos realizados por el administrado, el OEFA y otras entidades respecto a la calidad de agua, sedimentos y comunidades hidrobiológicas, caudal ecológico.

## 2. ANTECEDENTES

Para entender el contexto de los resultados de agua, sedimento, comunidades hidrobiológicas, y preferencia de hábitat en el río Cañete dentro del área de influencia de la C.H. El Platanal se realizó la recopilación, revisión, análisis y síntesis de la información ambiental existente. A continuación, se describe el resumen de la información y datos referente a las diversas fuentes de consulta de las entidades públicas y privadas.

<sup>3</sup> Ejecución postergada durante el 2020 debido a la declaratoria de emergencia mediante el Decreto Supremo N.º 044-2020 «Decreto Supremo que declara Estado de Emergencia Nacional por las graves circunstancias que afectan la vida de la Nación a consecuencia del brote del COVID-19» del 15 de marzo de 2020, en donde se declara el Estado de Emergencia Nacional por el plazo de quince (15) días calendario, y dispóngase el aislamiento social obligatorio (cuarentena), por las graves circunstancias que afectan la vida de la Nación a consecuencia del brote del COVID-19.

<sup>4</sup> El caudal ecológico se define dentro del Reglamento de la Ley de Recursos hídricos como «... el volumen de agua que se debe mantener en las fuentes naturales de agua para la protección o conservación de los ecosistemas involucrados, la estética del paisaje u otros aspectos de interés científico o cultural».

<sup>5</sup> Mediante la Resolución Jefatural N.º 267-2019-ANA la Autoridad Nacional del Agua- ANA publica los lineamientos generales para determinar caudales ecológicos, donde dependiendo de la clasificación del proyecto corresponde una determinada metodología para la determinación del caudal ecológico. Los proyectos de categoría I caracterizados por tener una Declaración de Impacto Ambiental- DIA como Instrumento de Gestión Ambiental le corresponde a una metodología hidrológica – hidráulica, mientras que proyectos de categoría II (Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado) o categoría III (Estudio de Impacto Ambiental Detallado) le corresponden determinar el caudal ecológico mediante el uso de métodos de simulación de hábitat u holístico.



La C.H. El Platanal cuenta con 2 Instrumentos de Gestión Ambiental (IGA) aprobados desde 1999 por el Ministerio de Energía y Minas (Minem) dentro de los cuales se encuentra el «Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Hidroeléctrico del Platanal» (en adelante, EIA)<sup>6</sup> y el «Plan de Manejo Ambiental del Embalse de la laguna Paucarcocha del proyecto hidroeléctrico El Platanal»<sup>7</sup>. En adición a dichos instrumentos en el año 2019 la Compañía Eléctrica El Platanal S.A. (en adelante, Celepsa) solicita ante el Servicio Nacional de Certificación Ambiental para las inversiones sostenibles (Senace) la actualización del «Estudio de Impacto Ambiental de la Central Hidroeléctrica G1 El Platanal», sin embargo, de acuerdo con la última búsqueda realizada el 12 de noviembre de 2021 en el portal de Senace el estado de dicha solicitud todavía se encuentra en trámite.

De acuerdo con la información del EIA de la C.H. El Platanal, antes del inicio de sus operaciones, el río Cañete en el año 1998 registró desde su cabecera hasta su desembocadura concentraciones que variaron de 56 a 355 mg/L de sólidos disueltos; 0,82 a 16,2 mg/L de sodio; 0,82 a 3,9 mg/L de potasio; 16 a 64,4 de calcio; 8,2 a 87,4 de sulfatos y bajas concentraciones de otros elementos como hierro, manganeso, zinc y cobre.

Respecto a las especies acuáticas registradas se destaca al *Cryphios caementarius* (camarón de río) por debajo de los 1500 m s. n. m. así como las especies de *Trichomycterus punctulatus* (bagre costero) y *Basilichthys semotilus* (pejerrey) de río entre los 1000 m s. n. m y 2000 m s. n. m.

El Servicio de Información Nacional de Denuncias Ambientales (Sinada), registró desde el año 2012, 5 denuncias, siendo la última registrada el 14 de mayo de 2019 mediante Código N° SC-0435-2019, la denuncia por presunta contaminación ambiental que se estaría generando a los ríos Cañete y Yauyos como consecuencia del mantenimiento de la Central hidroeléctrica operado por la compañía eléctrica El Platanal S.A. ubicadas en el distrito Catahuasi, provincia Yauyos, departamento Lima.

### 3. OBJETIVOS

#### 3.1. Objetivo general

Evaluar el riesgo hídrico del río Cañete relacionado a las actividades de operación de la C.H. El Platanal.

#### 3.2. Objetivos específicos

- Evaluar que el agua superficial, agua residual doméstica tratada, sedimentos y comunidades hidrobiológicas en el río Cañete se encuentren sin influencias de las actividades de operación de la C.H. El Platanal.
- Determinar y comparar el caudal ecológico en el tramo reducido del río Cañete para mantener la sostenibilidad de las comunidades hidrobiológicas asociadas a la operación de la C.H. El Platanal.
- Evaluar el impacto de la purga de sedimentos del embalse Capillucas sobre las aguas superficiales y comunidades hidrobiológicas.

<sup>6</sup> Aprobado mediante Oficio N.º 519-99-MITINCI-VMI-DNI-DAN, el 23 de agosto del 1999 por la Dirección de Asuntos Ambientales Energéticos (DGAAE) a favor de Cementos Lima S.A.

<sup>7</sup> Aprobado mediante Oficio N.º 3411-2008-ME/AAE, el 18 de diciembre del 2008 por la Dirección de Asuntos Ambientales Energéticos (DGAAE) a favor de la Compañía Eléctrica El Platanal S.A.



#### 4. ÁREA DE ESTUDIO

La C.H. El Platanal se encuentra ubicada en el departamento Lima entre las provincias Cañete y Yauyos. Los principales componentes tales como: casa de máquinas se encuentra en el distrito Zuñiga; el reservorio de regulación y obras de toma en el distrito Allauca, y el reservorio de regulación estacional de la laguna Paucarcocha en el distrito Tanta (figuras 4.1 y 4.2). La laguna Paucarcocha, ubicado en la naciente del río Cañete posee hasta 70 MMC de capacidad seguido por el embalse Capillucas (0,9 MMC) el cual permite elevar el nivel del agua y enviarlo al túnel de captación, para poder recorrer los 12,5 km del túnel de aducción para terminar en las turbinas con una capacidad de 220 MW, cuyas aguas son enviadas finalmente al embalse restitución de 0,54 MMC de capacidad. El área de estudio para la evaluación de causalidad comprendió la laguna Paucarcocha y tramos del río Cañete de influencia directa de sus principales componentes (captaciones, embalses, casa de máquinas y campamentos) hasta la restitución de agua turbinada de la C.H. El Platanal al río Cañete.

Hydrográficamente, la C.H. El Platanal se encuentra ubicada en la cuenca baja del río Cañete (UH:13754); desde la laguna Paucarcocha hasta la restitución de aguas turbinadas. El río Cañete nace en la laguna Ticllacocha, sus recursos hídricos previenen de los aportes de la lluvia, así como los deshielos de los nevados ubicados principalmente en el extremo norte de la cuenca y sobre 4500 m s. n. m. Los principales aportes que recibe el río Cañete son los ríos Miraflores y Yauyos, quebradas Huantuya y Aucampi por su margen derecha; y por su margen izquierda los ríos Tomas, Laraos, Caca y quebradas Tinco, Pampas y Tupe.

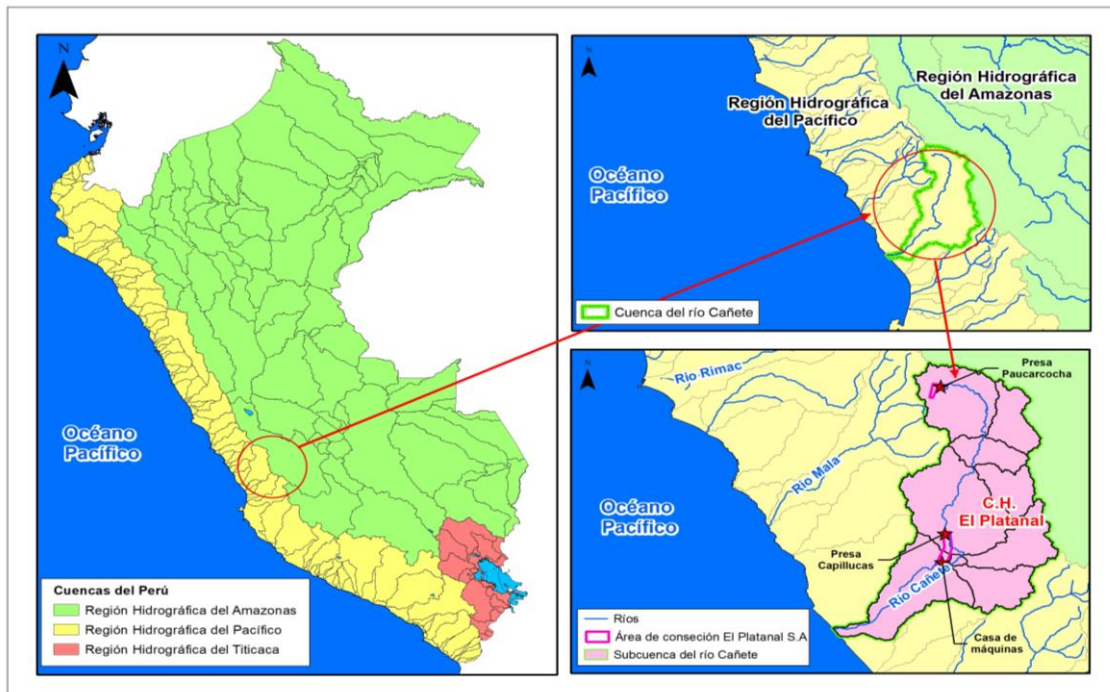


Figura 4.1. Ubicación hidrográfica de la C.H. El Platanal



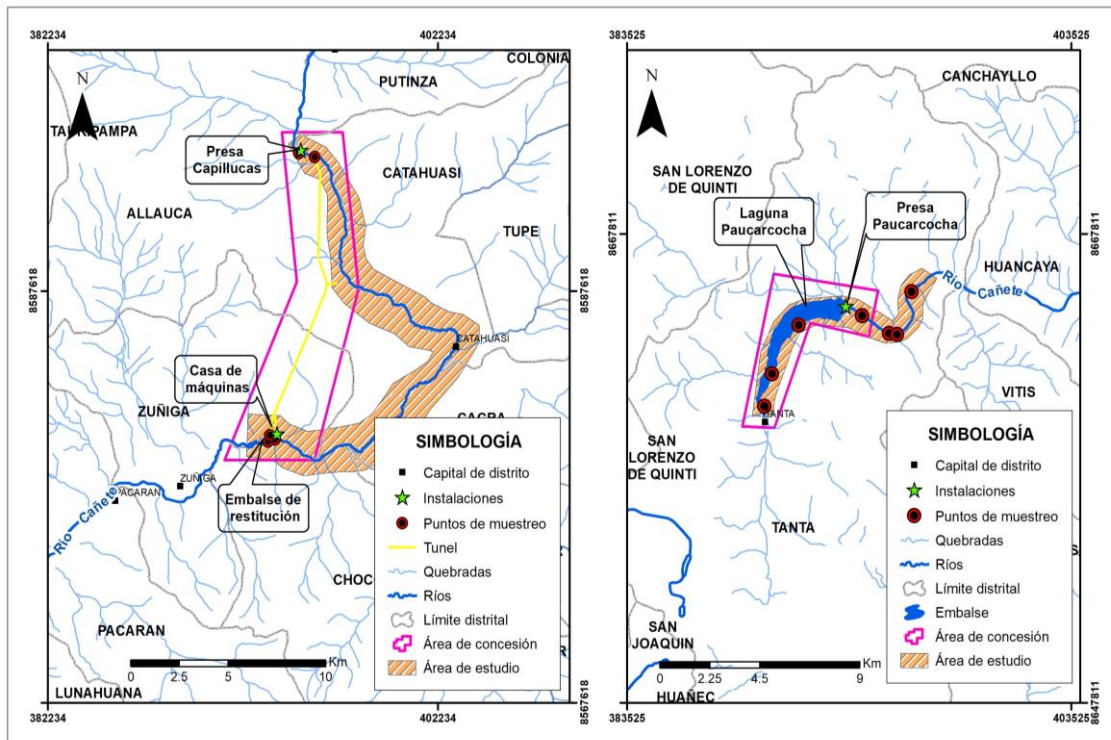


Figura 4.2. Área de estudio de la EAC El Platanal

#### 4.1. Geología regional

La cuenca del río Cañete, donde se ubica la C.H. El Platanal presenta unidades morfológicas denominados montañas y colinas de la cordillera de la Costa, estas geoformas tienen como recurso hídrico principal al río Cañete cuya dirección de cauce es noreste a suroeste con inflexiones bien definidas y con pendiente promedio de 2%. Esta cuenca está conformada por rocas sedimentarias e ígneas cuyas edades abarcan desde el Jurásico inferior hasta el Cuaternario reciente. Las formaciones sedimentarias más antiguas afloran principalmente en el sector más alto de la cuenca y se disponen en franjas que siguen una orientación general paralela a la Cordillera de los Andes. Los depósitos más recientes ocurren en el sector de la franja costanera, y rocas ígneas intrusivas y extrusivas, forman un gran bloque en el sector central de la zona, existiendo también otros afloramientos diseminados en toda la cuenca (INGEMMET, 1993).

#### 4.2. Climatología e hidrología

Según la metodología de Werren Thornthwaite (Senamhi, 2021), en la cuenca Cañete se pueden distinguir 4 tipos climáticos generales: zona de clima semifrío lluvioso (B(i)D'H3), que representa el 51,3 % del área total de la cuenca; zona de clima semiseco templado (C(o,i,p)B'2H3), que representa el 12 %; zona de clima semiseco semifrío (C(o,i,p)B'3H3), que representa el 17,6 %; y zona de clima semicálido desértico (E(d)B'1H3), que representa el 14,9 %.

De acuerdo con la ANA (2019), el régimen de precipitación anual en la cuenca se caracteriza por un incremento progresivo de la precipitación desde setiembre, alcanzando sus picos entre enero y marzo, para luego descender rápidamente durante abril. En la cuenca media,



la precipitación media anual varía de 10,8 mm, en la estación Pacarán (684 m s. n. m.), a 298,4 mm, en la estación Yauyos (2285 m s. n. m.). Por su parte, en la cuenca alta la precipitación media anual varía entre 587,7 mm, en la estación Carania (3820 m s. n. m.), a 1 021,8 mm en la estación Yauricocha (4560 m s. n. m.).

El comportamiento del río Cañete es el mismo que caracteriza a la mayoría de los ríos de la Costa peruana; es decir, de descargas torrentosas y de una gran irregularidad. Para el año promedio el caudal medio anual es de aproximadamente 50,0 m³/s equivalente a un volumen anual de 1 563 167 hm³. Durante el ciclo anual, los caudales medios mensuales van desde un mínimo de 10,2 m³/s, en setiembre, hasta un máximo de 140,6 m³/s, en marzo (ANA, 2019).

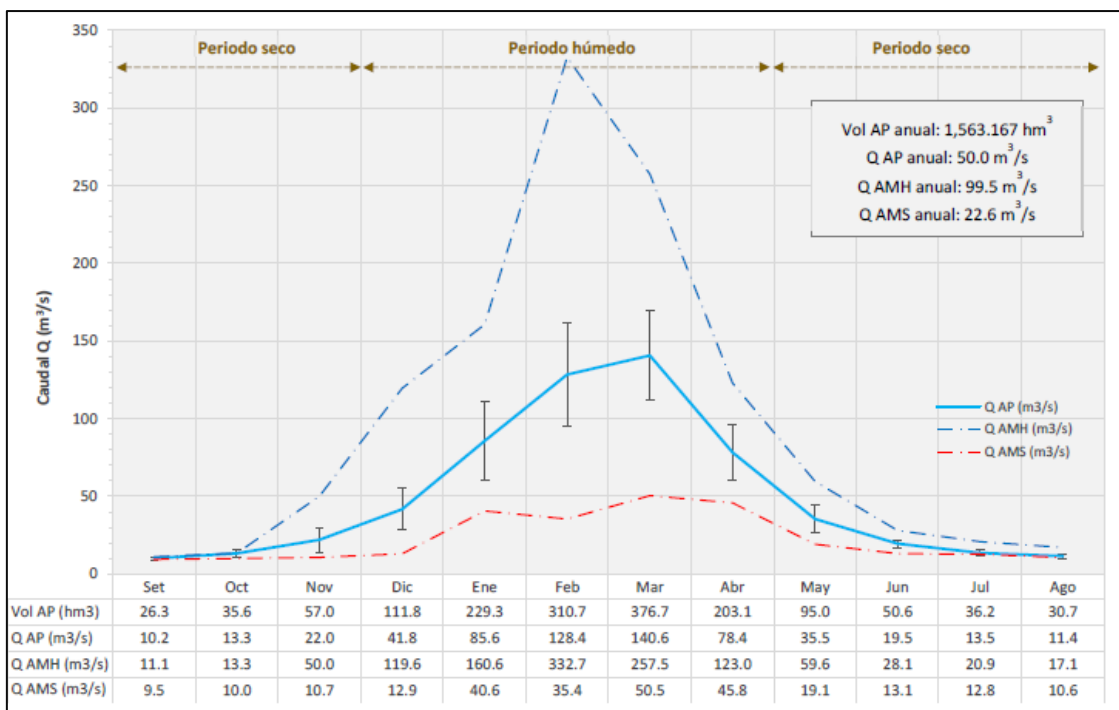


Figura 4.3. Régimen anual de las descargas medias mensuales del río Cañete en la estación Socsi (1964-2019): AP (año promedio), AMS (año más seco), AMH (año más húmedo) Fuente: ANA, 2019

En la cuenca se han definido 4 subsectores hidráulicos, todos se encuentran ubicados en el valle Cañete conformados para un total de 55 bloques de riego, de los cuales 34 cuentan con derechos otorgados (recursos del río Cañete) y 21 con permisos (recursos excedentes e infiltraciones). Asimismo, el valle cuenta con un área bajo riego total de 22 445 ha correspondientes a 6 229 usuarios y 8 076 predios, según el padrón de usuarios (ALA Mala-Omas-Cañete, 2018). El sistema hidráulico de la cuenca del río Cañete está conformado por infraestructuras hidráulicas de aprovechamiento hídrico como bocatomas, canales de derivación, canales de distribución, reservorios etc. En la Figura 4.4 se muestra el esquema hidráulico a nivel de bloques de riego propuesto por la ANA (2019).

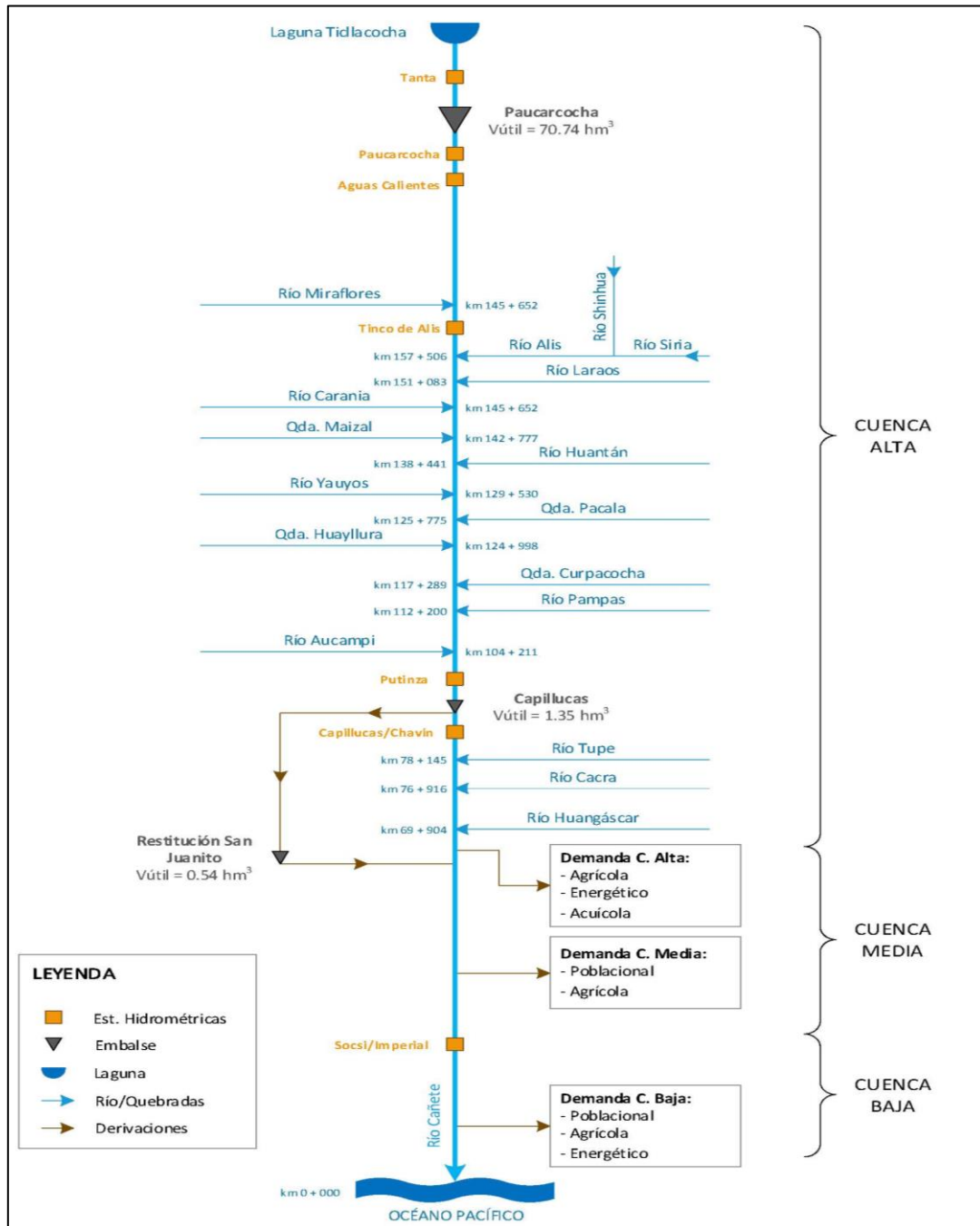


Figura 4.4. Esquema hidráulico del río Cañete Fuente: ANA, (2019).

### 4.3. Comunidades hidrobiológicas

El área de influencia de la C.H. El Platanal abarca quebradas y ríos que comprenden 3 ecorregiones. Esta región tiene una diversidad ictiológica que varía de acuerdo con la altitud, con especies del género *Orestias* por encima de los 3 000 m, *Trichomycterus punctulatus* es la especie más común en el estrato medio y una mayor representación de especies con hábitos dulceacuícolas y estuarinos como *Bryconamericus peruanus* y *Mugil cephalus* (Sifuentes, 2017). Las diferencias regionales están presentes también en la comunidad de



macroinvertebrados bentónicos, mostrando un recambio de la estructura comunitaria a nivel altitudinal con influencias de las características propias de las zonas regionales (Acosta, 2009).

Según los IGA del administrado, en el área de influencia se han realizado monitoreos poblacionales del camarón de río *Cryphiops caementarius* desde el 2001 hasta la actualidad, con el objetivo de determinar la abundancia y biomasa de la población de camarones en los sectores del río Cañete localizados entre los 50 y 1700 m s. n. m.

#### 4.4. Contexto social

La provincia de Cañete tiene por capital la ciudad de San Vicente de Cañete y cuenta con un total de 16 distritos, dentro de los cuales se destaca Zuñiga, caracterizado por sus productos agrícolas y donde se localiza el embalse de restitución de la C.H. El Platanal; así también Lunahuana famoso por el desarrollo de turismo de aventura y la producción de vinos. Cabe indicar que la provincia de Cañete cuenta con una población de 239 386 habitantes de acuerdo al último censo del INEI del año 2017.

La provincia Yauyos donde se encuentra ubicada la laguna Paucarcocha cuenta con 27 415 habitantes de acuerdo al último censo del INEI (2017). Parte de la provincia abarca a la reserva paisajista Nor Yauyos Cochas donde se albergan ecosistemas paisajísticos de gran belleza y singularidad coexistiendo con las actividades de las comunidades campesinas (SERNANP, 2021).

### 5. METODOLOGÍA

Para evaluar el posible riesgo hídrico en el río Cañete relacionado a las actividades de operación de la C.H. El Platanal previamente se identificaron los principales componentes de la operación, lo cual se realizó mediante la revisión de los IGA del administrado y el reconocimiento técnico de campo. Posteriormente se realizó el muestreo de parámetros de agua superficial, agua residual doméstica tratada, sedimentos, comunidades hidrobiológicas y preferencia de hábitat (caudal ecológico); Asimismo se consideraron resultados proporcionados por el administrado de los monitoreos realizados trimestralmente dentro de sus compromisos fiscalizables y de otros como el monitoreos de camarones entre otros, también los resultados de agua superficial que fueron tomados durante la purgas de sedimentos del embalse Capillucas durante el 2021. En la Figura 5.1 se presenta el esquema conceptual de las principales actividades que se desarrollan en la cuenca del río Cañete y en la Figura 5.2 se aprecia un esquema de la ubicación de los puntos de muestreo y tramos evaluados durante la presente EAC (agua superficial, sedimentos y comunidades hidrobiológicas, preferencia de hábitat).

Los resultados fueron comparados de acuerdo con el IGA del administrado y normativas vigentes y referenciales de acuerdo con los componentes ambientales evaluados de agua, sedimentos y comunidades hidrobiológicas. Para el análisis se consideró información histórica del administrado contenido en su IGA, reportes trimestrales (2010-2021), así como la remitida por el administrado durante las acciones de supervisión de la EAC (estudio de aprovechamiento hídrico; monitoreo de camarones, registro de caudales). Asimismo, se consideró informes del OEFA y la ANA.



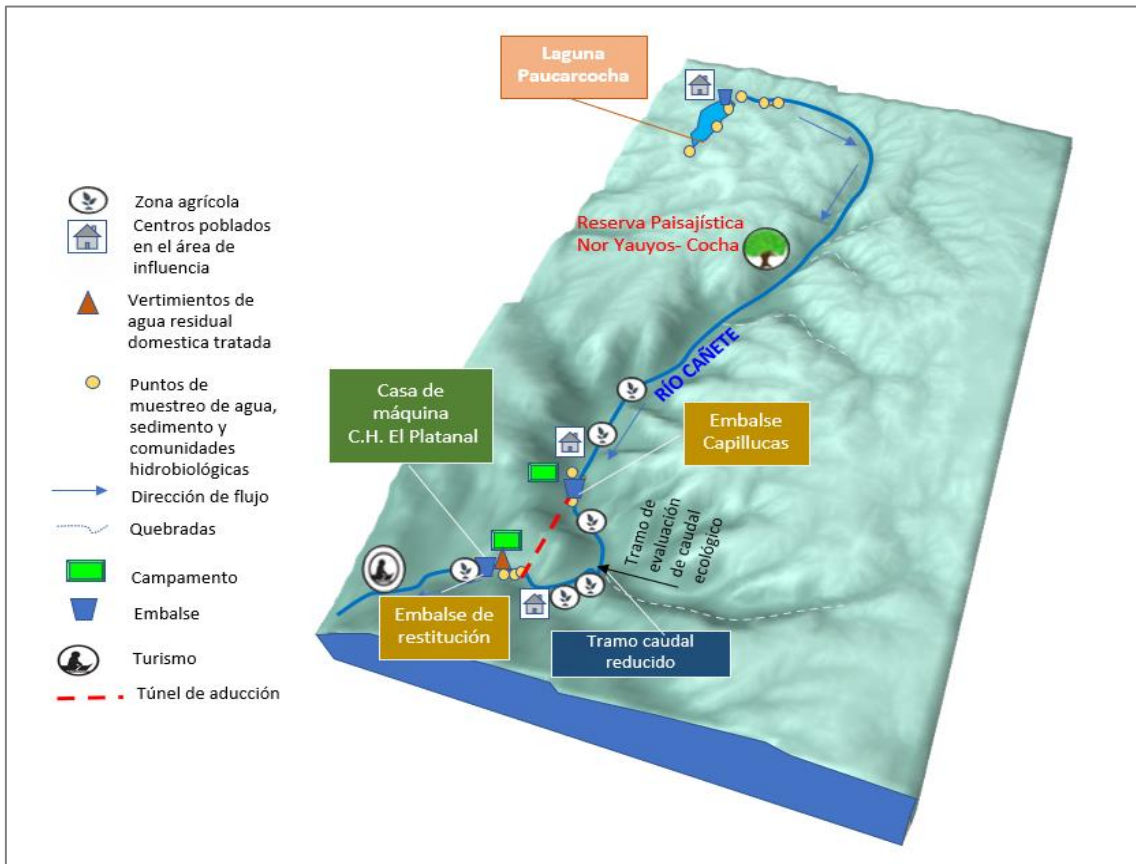


Figura 5.1. Esquema conceptual de las actividades que se desarrollan en el área de influencia de la C.H. El Platanal

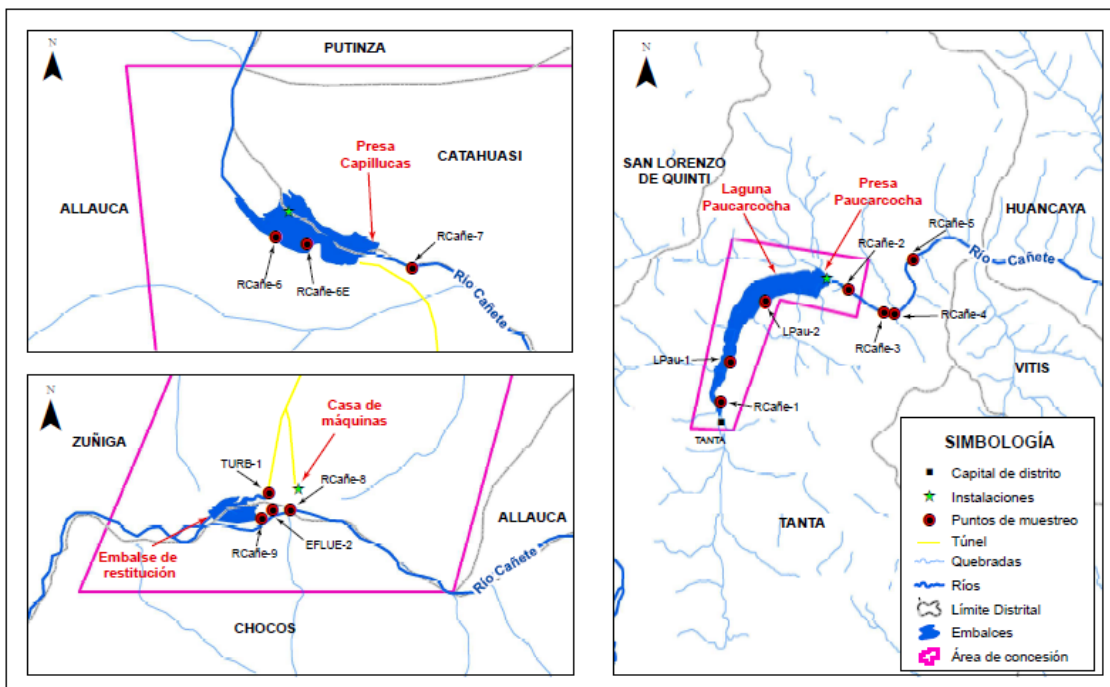


Figura 5.2. Distribución de los puntos de muestreo en el área de estudio de la EAC El Platanal

**5.1. Objetivo específico 1: Evaluar que el agua superficial, agua residual doméstica tratada, sedimentos y comunidades hidrobiológicas se encuentren sin influencias de las actividades de operación de la C.H. El Platanal**

A continuación, se describe la metodología considerada para evaluar la calidad de agua superficial, agua residual doméstica tratada, sedimentos y comunidades hidrobiológicas del río Cañete.

**5.1.1. Guías utilizadas para la evaluación**

Las referencias para el muestreo de agua superficial, agua residual doméstica tratada, sedimentos y comunidades hidrobiológicas se detallan en la Tabla 5.1

**Tabla 5.1.** Referencias para el muestreo de agua, sedimento y comunidades hidrobiológicas

Nombre	Sección	Dispositivo legal	Entidad	País
<b>Agua superficial</b>				
Protocolo Nacional para el monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales	5.1, 5.3, 5.4 y 6	Resolución Jefatural N.º 010-2016-ANA	Autoridad Nacional del Agua (ANA)	Perú
<b>Agua residual domestica tratada</b>				
Protocolo de Monitoreo de Calidad de Efluentes de las plantas de tratamiento de Agua Residual doméstica o municipales	6	Resolución Ministerial N.º 273-2013-VIVIENDA	Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento	Perú
<b>Sedimentos</b>				
Manual técnico Métodos para colección, almacenamiento y manipulación de sedimento para análisis químicos y toxicológicos de la Agencia para la Protección Ambiental de los Estados Unidos ( <i>Methods for collection, storage and manipulation of sediments for chemical and toxicological analyses: technical manual, 2001</i> )	4	-	Agencia de Protección Ambiental	Estados Unidos
Procedimiento de Operación Estándar – <i>Standard Operating Procedure (SOP)</i> . #EH-02, Muestreo de Sedimento, de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, adaptado del ERT/EAC SOP # 2016	11	-	EPA	
<b>Comunidades hidrobiológicas</b>				
Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados bentónicos) y necton (peces) en aguas continentales del Perú (UNMSM, 2014)	4 y 5	-	Ministerio del Ambiente (Minam)	Perú
<i>Stream Visual Assessment Protocol</i>	<i>Scoring descriptions</i>	-	USDA	Estados Unidos

**5.1.2. Ubicación de puntos de muestreo**

Los puntos de muestreo de agua, sedimento y comunidades hidrobiológicas fueron establecidos tomando de referencia el programa de monitoreo del Plan de Manejo Ambiental



de los IGAs del administrado<sup>8</sup>, así como puntos adicionales que el administrado ha propuesto dentro de la actualización de su EIA<sup>9</sup> y que actualmente viene monitoreando como medidas adicionales que no fueron contempladas en su IGAs. En la Tabla 5.2 se presenta la ubicación de puntos de muestreo, mayor detalle en el Anexo 2 (mapa de ubicación de puntos de muestreo).

**Tabla 5.2.** Ubicación de puntos de muestreo de agua superficial, sedimento y comunidades hidrobiológicas evaluados en la temporada húmeda (abril 2021)

N°	Nombre de cuerpo receptor	Código del punto de muestreo	Coordenadas UTM		Altitud (m s. n. m.)	Agua superficial	Sedimentos	Comunidades hidrobiológicas	Descripción
			WGS 84-Zona 18L						
			Norte (m)	Este (m)					
1	Laguna Paucarcocha	RCañe-1	8660456	389703	4310	X	---	X	Punto de muestreo ubicado al noroeste de la orilla de la laguna Paucarcocha, aproximadamente a 500 m aguas abajo de la comunidad de Tanta
2	Laguna Paucarcocha	LPau-1	8661839	390044	4261	X	---	X	Punto de muestreo ubicado al noroeste y orilla de la laguna Paucarcocha, aproximadamente a 1,5 km aguas abajo del punto RCañe-1
3	Laguna Paucarcocha	LPau-2	8663909	391247	4270	X	---	X	Punto de muestreo ubicado al noroeste y orilla de la laguna Paucarcocha, aproximadamente a 2,5 km aguas abajo del punto LPau-1 y 2 km del dique de la laguna
4	Río Cañete	RCañe-2	8664315	394109	4227	X	X	X	Punto de muestreo ubicado en el río Cañete, aproximadamente a 750 m aguas abajo del dique de la laguna Paucarcocha
5	Río Cañete	RCañe-3	8663555	395323	4201	X	X	X	Punto de muestreo ubicado en el río Cañete, aproximadamente a 1,4 km aguas abajo del punto de muestreo RCañe-2
6	Río Cañete	RCañe-4	8663508	395674	4202	X	---	X	Punto de muestreo ubicado en el río Cañete, aproximadamente a 350 m aguas abajo del punto de muestreo RCañe-3 y 150 m aguas arriba antes de la confluencia de la quebrada Mullucocha
7	Río Cañete	RCañe-5	8665350	396333	4127	X	X	X	Punto de muestreo ubicado en el río Cañete, aproximadamente a 2,5 km aguas abajo de la quebrada Mullucocha

<sup>8</sup> EIA - Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto hidráulico del Platanal aprobado mediante Oficio N.° 519-99-MITINCI-VMI-DNI-DAN, el 23 de agosto de 1999. PMA-Plan de Manejo Ambiental del Embalse de la Laguna Paucarcocha del Proyecto Hidroeléctrico El Platanal aprobado mediante oficio N.° 3411-2008-MEM/AAE, el 18 de diciembre de 2008.

<sup>9</sup> Actualización del «Estudio de Impacto Ambiental de la Central Hidroeléctrica G1 El Platanal» presentado al Senace el 21 de enero del 2019, con estado en trámite a la fecha 12 de noviembre de 2021.



N°	Nombre de cuerpo receptor	Código del punto de muestreo	Coordenadas UTM		Altitud (m s. n. m.)	Agua superficial	Sedimentos	Comunidades hidrobiológicas	Descripción
			WGS 84-Zona 18L						
			Norte (m)	Este (m)					
8	Río Cañete	RCañe-6	8594298	395116	1546	X	---	X	Punto de muestreo ubicado en la margen derecha del río Cañete, aproximadamente a 600 m aguas arriba del eje de presa Capillucas
9	Laguna Capillucas	RCañe-6E*	8594262	395247	1546	---	X	---	Punto de muestreo ubicado al noroeste de la presa Capillucas, aproximadamente a 150 m aguas abajo del punto RCañe6
10	Río Cañete	RCañe-7	8594116	395921	1536	X	X	X	Punto de muestreo ubicado en la margen derecha del río Cañete, aproximadamente a 250 m aguas abajo del del eje de presa Capillucas
11	Río Cañete	RCañe-8	8580400	393882	915	X	X	x	Punto de muestreo ubicado en el río Cañete, aproximadamente a 200 m, aguas arriba del vertimiento de aguas residuales domesticas tratadas provenientes del campamento San Juanito
12	Río Cañete	RCañe-9	8580291	393531	909	X	---	X	Punto de muestreo ubicado en el río Cañete, aproximadamente a 200 m, aguas abajo del vertimiento de aguas residuales domesticas tratadas provenientes del campamento San Juanito
13	Túnel de descarga	TURB-1	8580604	393621	909	X	---	---	Punto de muestreo a la salida del túnel de descarga de agua turbina hacia el embalse de Restitución

## Notas:

La precisión de la medición de las coordenadas fue de  $\pm 3$  m

Al código del punto de muestreo señalado para las muestras de sedimento se añadió el prefijo SED. Para el caso de las muestras de comunidades hidrobiológicas se mantiene el mismo código del punto.

**Tabla 5.3.** Ubicación de puntos de muestreo de agua superficial, sedimento y comunidades hidrobiológicas evaluados en la temporada húmeda (agosto 2021)

N°	Nombre de cuerpo receptor	Código del punto de muestreo	Coordenadas UTM WGS 84-Zona 18L		Altitud (m s. n. m.)	Agua superficial	Sedimentos	Comunidades hidrobiológicas	Descripción
			Norte (m)	Este (m)					
1	Río Cañete	RCañe-6	8594314	395095	1597	X	X	X	Punto de muestreo ubicado en la margen derecha del río Cañete, aproximadamente a 600 m aguas arriba del eje de presa Capillucas



N°	Nombre de cuerpo receptor	Código del punto de muestreo	Coordenadas UTM WGS 84-Zona 18L		Altitud (m s. n. m.)	Agua superficial	Sedimentos	Comunidades hidrobiológicas	Descripción
			Norte (m)	Este (m)					
2	Río Cañete	RCañe-7	8594118	395920	1528	X	X	X	Punto de muestreo ubicado en la margen derecha del río Cañete, aproximadamente a 250 m aguas abajo del eje de presa Capillucas
3	Río Cañete	RCañe-8	8580395	393876	908	X	---	X	Punto de muestreo ubicado en el río Cañete, aproximadamente a 200 m, aguas arriba del vertimiento de aguas residuales domésticas tratadas provenientes del campamento San Juanito
4	Río Cañete	RCañe-9	8580274	393514	903	X	---	X	Punto de muestreo ubicado en el río Cañete, aproximadamente a 200 m, aguas abajo del vertimiento de aguas residuales domésticas tratadas provenientes del campamento San Juanito
5	Túnel de descarga	TURB-1	8580604	393617	910	X	---	---	Punto de muestreo a la salida del túnel de descarga de agua turbina hacia el embalse de Restitución

Notas:

La precisión de la medición de las coordenadas fue de  $\pm 3$  m

Al código del punto de muestreo señalado para las muestras de sedimento se añadió el prefijo SED. Para el caso de las muestras de comunidades hidrobiológicas se mantiene el mismo código del punto.

**Tabla 5.4.** Ubicación de punto de muestreo de agua residual doméstica tratada evaluado en abril y agosto 2021

N°	Nombre	Código del punto de muestreo	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 18L		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
			Norte (m)	Este (m)		
1	Río Cañete	EFLU-2	8580325	393625	912	Vertimiento de aguas domésticas tratadas provenientes del campamento San Juanito

Notas: La precisión de la medición de las coordenadas fue de  $\pm 3$  m

### 5.1.3. Parámetros y métodos de análisis

En todos los puntos de muestreo de agua se analizaron *in situ* los parámetros: temperatura, potencial hidrógeno (pH), conductividad eléctrica (CE), oxígeno disuelto (OD), y se registraron datos para el cálculo de caudal en el punto de descarga de agua residual doméstica tratada.

Asimismo, se colectaron muestras para los parámetros incluidos en la Tabla 5.5, los cuales se seleccionaron en referencia a la actividad desarrollada por el administrado, programa de



monitoreo de su EIA y parámetros para establecer relaciones hidroquímicas, y se analizaron en un laboratorio acreditado con la ISO/IEC 17025, contratado por el OEFA.

**Tabla 5.5.** Parámetros y métodos de análisis de agua, sedimento y comunidades hidrobiológicas

Matriz	Parámetros de laboratorio	Método de análisis	Descripción
Agua superficial	Cloruros	PE-2090 Rev.11 2019	Cromatografía Iónica
	Fluoruros	PE-2090 Rev.11 2019	Cromatografía Iónica
	Sulfatos	PE-2090 Rev.11 2019	Cromatografía Iónica
	Sólidos suspendidos totales	SMEWW 2540 D. 23rd Ed. 2017	Gravimetría
	Sólidos Totales Disueltos	SMEWW 2540 C. 23rd Ed. 2017	Gravimetría
	Metales disueltos	EPA Method 200.8 Rev. 5.4 (1994)	Espect ICP-MS
	Metales totales	EPA Method 200.8 Rev. 5.4 (1994)	Espect ICP-MS
	Bicarbonatos	SMEWW 2320 B, 23rd Ed.2017	Volumetría
	Carbonatos	SMEWW 2320 B, 23rd Ed.2017	volumetría
	Demanda química de oxígeno	SMEWW 52200. 23rd Ed.2017	Espect UV-VIS
	Aceites y grasas	PP-226 (BASED ASTM D7066-04) Rev.1 2017	Espect FTIR
Bifenilos policlorados - PCB	EPA Method 8082 A Rev. 1 (2007)	Cromatog GC ECD	
Agua residual domestica	Sólidos suspendidos totales	SMEWW 2540 D. 23rd Ed. 2017	Gravimetría
	Sólidos Totales Disueltos	SMEWW 2540 C. 23rd Ed. 2017	Gravimetría
	Metales disueltos	EPA Method 200.8 Rev. 5.4 (1994)	Espect ICP-MS
	Metales totales	EPA Method 200.8 Rev. 5.4 (1994)	Espect ICP-MS
	Demanda química de oxígeno	SMEWW 52200. 23rd Ed.2017	Espect UV-VIS
	Aceites y grasas	PP-226 (BASED ASTM D7066-04) Rev.1 2017	Espect FTIR
	Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	SMEWW 5210B. 23rd Ed.2017	Electrometria
Coliformes fecales (termotolerables)	SMEWW9221	Tubos múltiples	
Sedimento	Materia orgánica	Norma Oficial Mexicana NOM-021-SERMANAT-2000; Item 7.1.7 AS-07. Determinación de Materia Orgánica (AS-07 Walkley y Black). (Validado) 2017.	ES_NOM21_AS07_MO_TOC
	Metales totales	EPA Method 3050B Rev.2 (1996) / EPA Method 6020B Rev.2 (2014)	Espect ICP-MS
	Análisis granulométrico	ASTM D422-63 (Reapproved 2007)	Particle - Size Analysis of Soils
Comunidades hidrobiológicas	Perifiton	SMEWW 10300 C (partes 1 y 2) SMEWW 10900	Organismos/cm <sup>2</sup>
	Macroinvertebrados bentónicos	SMEWW 10500 C (parte 2) SMEWW 10900	Organismos/muestra

\*Validado (VAL) para bismuto, boro, calcio, cerio, estaño, estroncio, fósforo, hierro, litio, magnesio, potasio, sodio, titanio y wolframio.

Fuente: Informes de Ensayo de Laboratorio de AGQ Perú S.A.C, ALS LS Perú S.A.C., SGS del Perú S.A.C. y OEFA (Anexo 4)

#### 5.1.4. Equipamiento y materiales utilizados

Los equipos y materiales utilizados para el muestreo de agua, sedimentos y comunidades hidrobiológicas, así como para la medición de los parámetros *in situ*, certificados de





calibración y equipo para el posicionamiento de los puntos de muestreo, se detallan en los reportes de campo N.º RC-007-2021-STEC y N.º RC-025-2021-STEC (Anexo 3).

### 5.1.5. Aseguramiento de la calidad

#### Agua

Para garantizar la representatividad de los resultados se realizó como control de calidad la toma de muestras duplicadas, blancos viajeros y blancos de campo, los que están incluidos en el protocolo citado en la Tabla 5.1. Se tomaron 1 duplicado por cada 10 muestras, 1 blanco de campo y 1 blanco viajero tanto para la matriz de agua superficial como de agua residual doméstica.

#### Sedimentos

Debido a que no se cuenta con un protocolo nacional para el monitoreo y las guías de referencia utilizadas tampoco incluye controles de calidad específicos, para la presente evaluación de sedimentos de agua continental se consideró realizar una muestra duplicada al 10 % del total de muestras analizadas.

### 5.1.6. Procesamiento de datos

#### Agua

Todos los resultados obtenidos fueron digitalizados y ordenados en una base de datos (hojas de cálculo), para luego ser comparados referencialmente mediante el uso de líneas en gráficos de barras con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua aprobadas en los IGA y la normativa vigente. Asimismo, la información colectada fue utilizada para otros gráficos y cálculos (relaciones iónicas, hidroquímica). Finalmente se realizó gráficos históricos con información de informes trimestrales del administrado y del OEFA.

A continuación, se describe las relaciones y análisis realizados:

- **Relación sólidos totales disueltos con la conductividad**

La conductividad o conductividad eléctrica (CE) y los sólidos totales disueltos (STD) son parámetros de calidad de agua usados para describir la salinidad (Rusydi, 2018). Dichos parámetros están correlacionados y su relación esta expresada de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$STD (mg/L) = k * Conductividad \left( \mu \frac{S}{cm} \right) \quad (\text{Ecuación 1})$$

No obstante, hay diversos factores como el incremento y la composición de la concentración de los iones (diferente mezcla de sales disueltas) como el agua de mar, continental y destilada que involucran diferentes valores de  $K$  con rango de 0,6 – 0,75 para obtener una relación precisa entre los STD y la conductividad (Walton, 1989)<sup>10</sup>.

<sup>10</sup> Otros 2 factores que involucran el cambio de los valores de  $k$  es la temperatura (que incrementa la movilidad de los iones a mayor temperatura, hay un incremento del 2 % de la conductividad por cada aumento de 1 °C el cual



Por tal motivo, no se justifica el uso de valor de  $K$  para todos los tipos de agua con valor estándar de 0,7 (promedio del rango de 0,5 a 0,9), número utilizado en muchos medidores comerciales de CE-STD ya que se puede alcanzar hasta el 25 % de error (Walton, 1989). Los valores de  $K$  se incrementan a medida que los iones son mayores; sin embargo, la relación entre la CE y STD no es directamente lineal, ya que depende de la actividad promedio de los iones disueltos específicos de todos los iones en el agua y su fuerza iónica (Hem, 1985 citado por Rusydi, 2018).

De esa manera, la Figura 5.3 muestra una vista general de los valores de  $K$  con el incremento de los STD en los distintos tipos de agua como: naturales (*fresh water*), destilada, permeada (*permeates*), salobres (*brackish water*), marina (*seawaters*) y salmueras (*brines*), los cuales pueden contener una variedad de sales disueltas, por lo que se puede obtener un rango de valores de  $K$  de 0,50 a 0,85 (Walton, 1989) y 0,54 a 0,75 (Hem, 1985).

La CE y los STD se utilizan con frecuencia como parámetros de calidad del agua, especialmente en la zona costera. Estos 2 parámetros son indicadores de la salinidad que los hace muy útiles para el estudio de la intrusión o influencia de agua de mar (Rusydi, 2018).

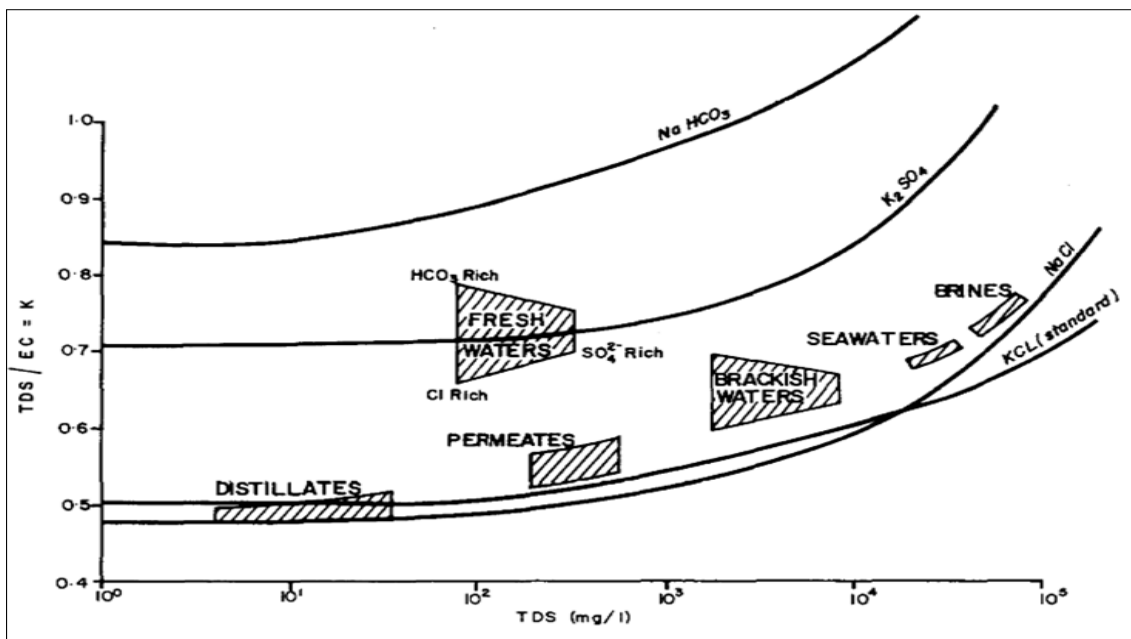


Figura 5.3. Relación de los sólidos totales disueltos (STD) con los valores de  $K$  para diferentes tipos de agua

Fuente: Walton (1989, p.290)

• **Balance iónico**

El objetivo del balance iónico es evaluar el equilibrio de los iones en el agua en base a la comparación de las concentraciones molares de la suma de aniones ( $\Sigma an$ ) y la suma de cationes ( $\Sigma cat$ ). Este cálculo se realizó antes del análisis hidroquímico y se conoce como error balance iónico (en adelante, EBI). El EBI verifica la consistencia de los iones.

es corregido por los equipos multiparámetros) y los efectos del pH en rango alto (> 9) y bajo (< 5), el cual contribuye al valor de la conductividad que otros cationes y aniones en el agua.





Los iones mayoritarios presentes en el agua fueron los cationes: calcio (Ca<sup>2+</sup>), magnesio (Mg<sup>2+</sup>), sodio (Na<sup>+</sup>) y potasio (K<sup>+</sup>) para el cálculo de la Σcat; y los aniones: bicarbonatos (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>), fluoruros (F<sup>-</sup>), sulfatos (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) y cloruros (Cl<sup>-</sup>) para la Σan<sup>11</sup>. Ambas sumas de concentraciones se expresaron en miliequivalentes por litro (meq/L). De esa manera, se estableció el error de balance iónico de acuerdo con la siguiente ecuación (Appelo *et al.*, 2005):

$$Error\ de\ Balance\ Iónico\ (EBI) = 100 \frac{\sum cat - \sum an}{\sum cat + \sum an} \% \tag{Ecuación\ 2}$$

Aunque el EBI es un valor en porcentaje, la ecuación 6.4 incorpora un signo para mostrar la predominancia de cargas de cationes (signo positivo) o de aniones (signo negativo). En el presente estudio el EBI aceptado estuvo en el rango de -10 % a +10 %, el cual fue considerado por Dinka *et al.* (2015) y López (2018).

Al respecto, los rangos del EBI están relacionados con la conductividad del agua de acuerdo con lo planteado por Custodio y Llamas (1976) en la Tabla 5.6 La interpretación de los porcentajes de error (EBI) se basa en la idea que el análisis debería ser más preciso cuanto más concentrada es la muestra analizada (Mariño y García, 2018).

**Tabla 5.6.** Valores aceptables de error en función a la conductividad eléctrica

Conductividad Eléctrica (µS/cm)	50	200	500	2000	>2000
Error aceptable (%)	±30	±10	±8	±4	±4

Fuente: Custodio y Llamas (1976)

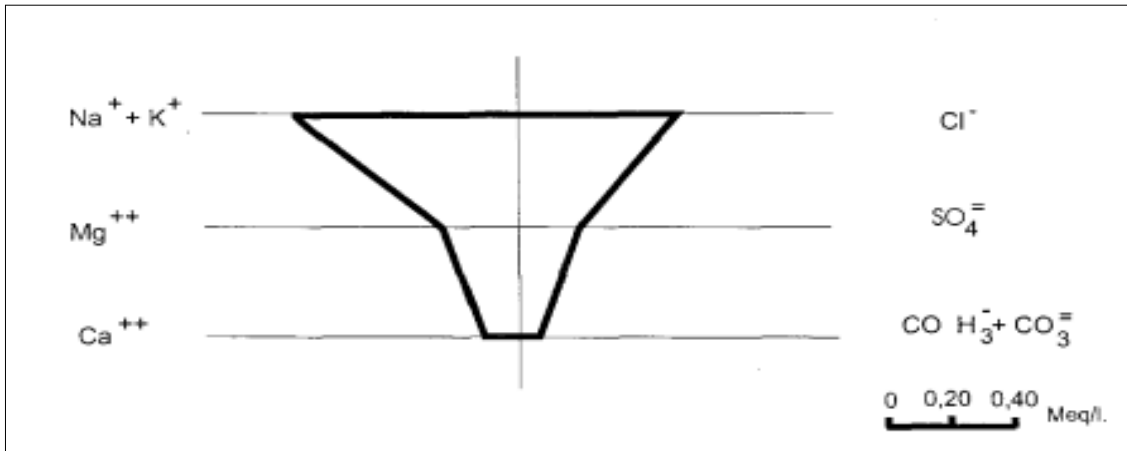
• **Diagrama de Stiff**

El diagrama de Stiff es un método sofisticado para demostrar cambios verticales en la composición química del agua (Stiff, 1951). Esta gráfica está compuesta por 3 ejes horizontales, cada uno de ellos uniendo el catión con anión. Todos los cationes se disponen al costado izquierdo del diagrama, y los aniones al derecho. El Na<sup>+</sup> se relaciona con el Cl<sup>-</sup>, el Ca<sup>2+</sup> con el HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> y el Mg<sup>2+</sup> con el SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>. Todos los ejes horizontales están a la misma escala (lineal) y las concentraciones están dadas en meq/L.

En este tipo de diagrama sobresalen 2 características, por un lado, permite visualizar claramente diferentes tipos de agua (cada una con una configuración particular) y, en forma simultánea, permite dar idea del grado de mineralización (ancho de la gráfica).

Los diagramas de Stiff se pueden utilizar para visualizar aguas relacionadas iónicamente del cual se puede determinar la trayectoria del flujo. Si se conoce la trayectoria del flujo, es posible mostrar cómo la composición iónica de un cuerpo de agua cambia con el espacio y el tiempo (Rekha, 2013). En la Figura 5.4 se muestra un ejemplo del diagrama de stiff.

<sup>11</sup> Los otros iones tomados en cuenta fueron los cationes: aluminio (Al<sup>3+</sup>), hierro (Fe<sup>2+</sup>), manganeso (Mn<sup>2+</sup>), bario (Ba<sup>2+</sup>), estroncio (Sr<sup>2+</sup>), litio (Li<sup>+</sup>), y los iones hidronio (H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>) del pH.



**Figura 5.4.** Diagrama de Stiff  
Fuente: Martínez (1998, p.105)

- **Diagrama de Piper**

Es el tipo de gráfico más utilizado ya que incluye aniones y cationes en forma simultánea. Este gráfico permite representar muchos análisis sin dar origen a confusiones. Las aguas geoquímicamente similares quedan agrupadas en áreas bien definidas (Custodio y Llamas, 1976).

Está formado por 2 triángulos equiláteros, donde se representan los cationes y aniones mayoritarios. Los vértices del triángulo de cationes son  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{Na}^+$  y  $\text{K}^+$ . Los vértices del triángulo de aniones son  $\text{SO}_4^{-2}$ ,  $\text{Cl}^-$  y  $\text{HCO}_3^-$ . Los datos de los diagramas triangulares se proyectan en un rombo central en el que se representa la composición del agua deducida a partir de aniones y cationes.

Las concentraciones de los iones dadas en meq/L se expresan como porcentaje con respecto a la suma de aniones y cationes, respectivamente. En cada triángulo se reúnen solo 3 aniones y 3 cationes. A cada vértice le corresponde el 100 % de un anión o catión (Figura 5.5).

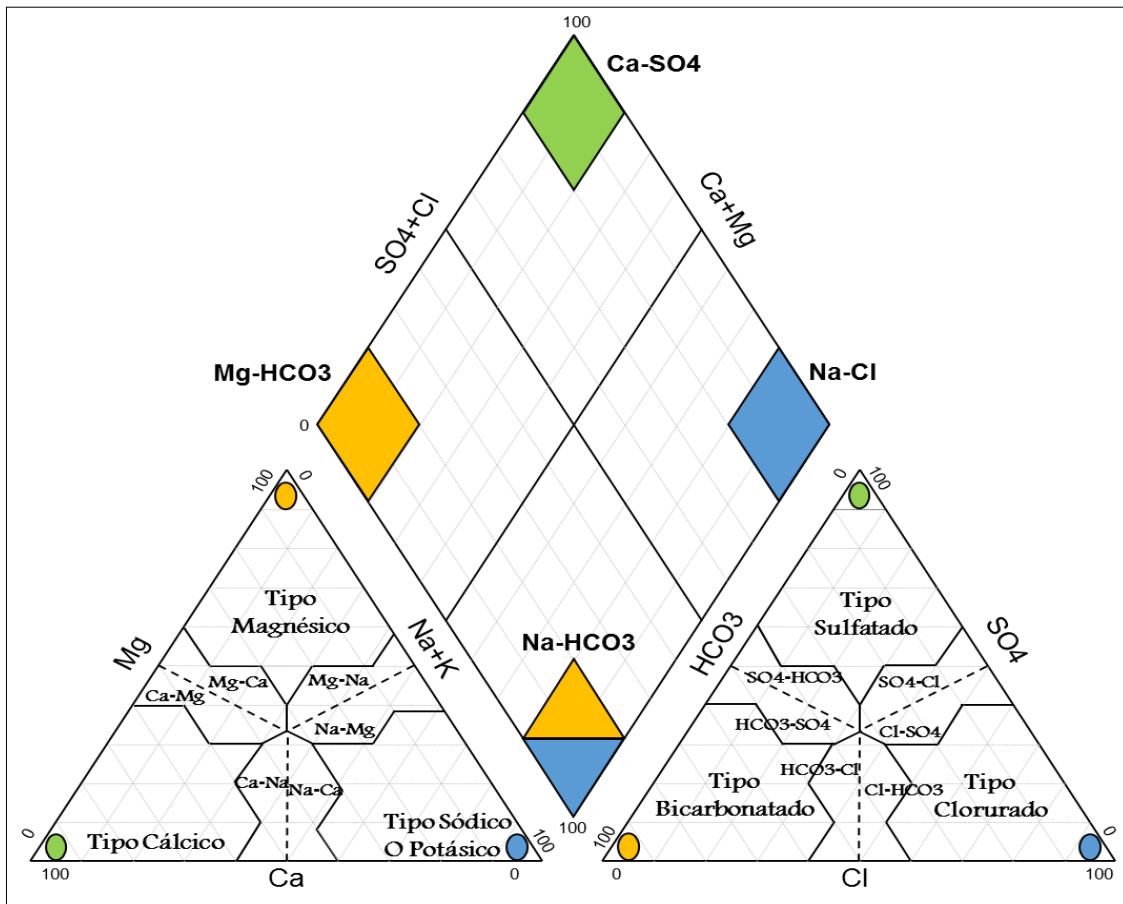


Figura 5.5. Diagrama de Piper  
Fuente: Modificado de Davis y Wiests (1971, p.168)

**Manejo de datos por debajo del límite de cuantificación:**

Los resultados de algunos parámetros de calidad de agua estuvieron por debajo del límite de detección o cuantificación del procedimiento analítico del laboratorio. Estos datos desconocidos fueron descritos como no detectados por el laboratorio, con la descripción «< límite».

Tomando en cuenta los criterios indicados por Farnham *et al.* (2002) al sustituir valores por debajo del límite de detección «<LD» por la mitad (LD/2) cuando el porcentaje de los valores no detectables es menor al 30 % por variable, para la presente evaluación se estableció que los parámetros cuyos valores no detectables menores o iguales al 30 % de datos se consideren en el análisis multivariado, tomando los valores del límite de detección o cuantificación, al no existir diferencias en los resultados en cuanto a sustituir por la mitad del citado límite.

**Sedimentos**

Todos los resultados obtenidos se digitalizaron y ordenaron en una base de datos (hojas de cálculo), para luego ser comparados referencialmente mediante el uso de líneas en gráficos de barras con normativa referencial para sedimentos, Asimismo, la información colectada se utilizó para otros gráficos y cálculos (análisis granulométrico).



A continuación, se describe las relaciones y análisis realizados:

### Análisis geoquímico

Para el análisis geoquímico de los sedimentos se procedió a dividir a los elementos en mayores (>1000 ppm, menores (>1 ppm), y traza (< 1 ppm) (Rivera, 2007), con el fin de visualizar los elementos de acuerdo a la abundancia en la corteza terrestre:

- Elementos mayores > 1 %
  - Elementos menores > 0,1 % - 1,0 %
  - Elementos traza < 0,1 %
- 
- **Análisis granulométrico**

El comportamiento de los sedimentos en un río depende de la distribución granulométrica (Ryan y Porth, 1999). Los resultados de dichos análisis se presentaron como curvas de distribución acumulativa de frecuencias de tamaños, en las que se graficó el tamaño versus la fracción de porcentaje en peso de un sedimento que es mayor o menor a un determinado tamaño (Figura 5.6).

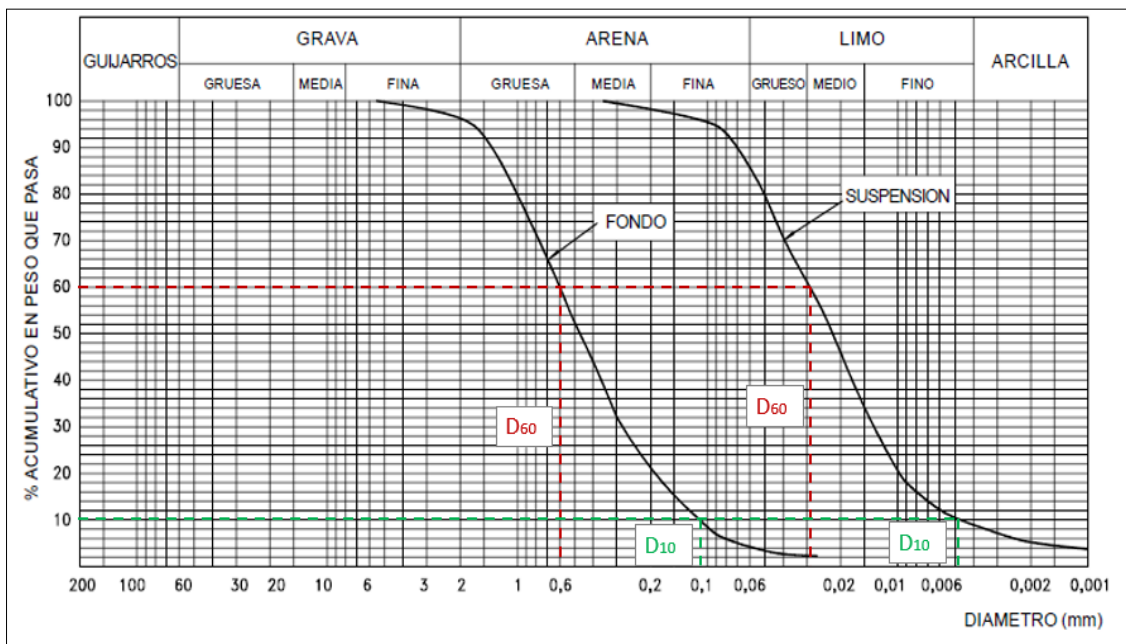


Figura 5.6. Curva granulométrica acumulada continúa  
Fuente: Modificado de Rocha, B (1998, p.92)

### Comunidades hidrobiológicas

- **Perifiton y macroinvertebrados bentónicos**

Los componentes de la comunidad hidrobiológica (perifiton, y macroinvertebrados bentónicos) se analizaron individualmente mediante la composición porcentual de los taxa en toda la estructura comunitaria. Para el caso de perifiton, se analizaron las microalgas, aquellos organismos exclusivamente autótrofos. Posteriormente se calculó la riqueza de



especies y sus abundancias en cada punto de muestreo por cada componente hidrobiológico (perifiton y macroinvertebrados bentónicos).

La diversidad se evaluó mediante los Índices de Shannon-Wiener (H') y el Índice de Berger-Parker (d), mostrados a continuación (Moreno, 2021):

- Índice de Shannon-Wiener (H'): creado por Shannon (1948) y diseñado inicialmente para medir la cantidad de información transmitida en un código. Aplicado al campo ecológico, su definición se puede establecer como la medida del grado del promedio de incertidumbre en predecir a que especie o morfotipo pertenecerá un individuo escogido al azar de una muestra (Magurran, 1988). Su fórmula es:

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \times \ln(p_i) \quad (\text{Ecuación 3})$$

Donde:

H': Índice de Shannon-Wiener

$p_i$ : Proporción de individuos de la especie  $i$  respecto al total de individuos

S: Número de morfoespecies

$\ln$ : Logaritmo en base natural

- Índice de Berger-Parker (d): este índice refleja la existencia de dominancia de alguna especie o morfotipo en la muestra, donde 0 equivale a no dominancia y 1 a dominancia total de una especie o morfotipo. Su fórmula es:

$$d = \frac{n_{max}}{n_{total}} \quad (\text{Ecuación 4})$$

Donde:

d: Índice de Berger-Parker

$n_{max}$ : Número de individuos de la especie más abundante

$n_{total}$ : Número de individuos totales

- Para observar las semejanzas o diferencias entre la estructura de la comunidad hidrobiológica de cada punto de muestreo se aplicó el índice de similitud de Bray-Curtis (Wolda, 1981), cuya fórmula es:

$$\text{Índice de similitud de Bray - Curtis} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^S |X_i - Y_i|}{\sum_{i=1}^S [X_i + Y_i]} \quad (\text{Ecuación 5})$$

Donde:

$X_i$ : Número de individuos de la especie  $i$  en la muestra 1

$Y_i$ : Número de individuos de la especie  $i$  en la muestra 2

S: Número de especies entre las dos muestras

En el caso de comunidades como perifiton, los valores de abundancias se transformaron mediante el logaritmo decimal para que valores extremos existentes no tengan tanto peso en la similitud. En el caso de macroinvertebrados bentónicos no fue necesaria una transformación matemática. Posteriormente, el análisis multivariado de escalamiento



multidimensional no métrico (EMNM) fue usado para representar la matriz de similitud en 2 dimensiones.

Para observar la relación de las comunidades hidrobiológicas con las variables ambientales, como las pertenecientes a parámetros fisicoquímicos *in situ*, resultados de agua superficial y resultados de sedimento, se usó el coeficiente de correlación de Spearman (Kendall, 1938). La correlación se estableció entre las variables ambientales y los 2 ejes dimensionales del EMNM, identificando aquellas con valores altos de correlación ( $r > 0,70$ ). Debido a la gran cantidad de variables ambientales, se filtraron algunas para relacionarlas con cada comunidad hidrobiológica. En el caso de los análisis de metales de agua y sedimento se consideraron aquellas que superaron los valores del ECA – Categoría 1- A2 y de la Guía de Calidad Ambiental de Canadá-CEQG<sup>12</sup> y otras de interés.

### 5.1.7. Criterios de evaluación

#### Agua superficial

Para realizar la evaluación de la calidad del agua superficial en los cuerpos de agua ubicados en el área de influencia de la C.H. El Platanal se consideró la clasificación de los recursos hídricos establecida por la Autoridad Nacional del Agua (ANA). Según la Resolución Jefatural N.º 056-2018-ANA<sup>13</sup> «Clasificación de Cuerpos de Agua Continentales Superficiales», los tramos evaluados del río Cañete está clasificado con categoría 1 y 4, según se detalla en la Tabla 5.7.

**Tabla 5.7.** Cuerpo de agua y categoría de comparación para los cuerpos de agua en el área de influencia de la C.H. El Platanal

Código de cuerpo de agua	Cuerpo de agua	Categoría	Código de cuenca
137545	Río Cañete	Categoría 1-A2	13754
137541			
137549		Categoría 4-E2*	
-	Laguna Paucarcocha	Categoría 4-E1	-

(\*) tramo del río Cañete correspondiente a la reserva Paisajística Nor Yauyos-Cocha

Por lo tanto, los resultados de agua superficial (ríos y quebradas) se compararon con los Estándares Nacionales de Calidad para Agua (en adelante, ECA para Agua), aprobados por el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM, Categoría 1-A2: «Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional», categoría 4-E2: «Conservación del ambiente acuático-ríos Costa y Sierra», categoría 4-E1 «Conservación del ambiente acuático-Lagunas y Lagos». Para el caso del agua turbinada se consideró el mismo estándar de manera referencial.

#### Agua residual doméstica

Los resultados de agua residual domésticas (efluente) se compararon con el Decreto Supremo N.º 003-2010-MINAM - niveles máximos permisibles para efluentes de plantas de

<sup>12</sup> Recuperado de: [https://www.ccme.ca/en/resources/canadian\\_environmental\\_quality\\_guidelines/](https://www.ccme.ca/en/resources/canadian_environmental_quality_guidelines/). Consultado el 10 de noviembre de 2019.

<sup>13</sup> Resolución Jefatural N.º 056-2018-ANA. Clasificación de los Cuerpos de Agua Continentales Superficiales. Aprobada el 13 de febrero de 2018.



tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales de acuerdo con su autorización de vertimiento dado por la ANA<sup>14</sup>.

### Sedimentos

Debido a que en la actualidad no se cuenta con normativa nacional, se tomó de manera referencial los Estándares de la Guía de Calidad Ambiental de Canadá–CEQG (*Canadian Environmental Quality Guidelines. Sediment Quality Guidelines for Protection of Aquatic Life of Freshwater – CEQG-SQG, 2002*)<sup>15</sup> del Consejo Canadiense de Ministros del Medio Ambiente (CCME, por sus siglas en inglés) para sedimentos de agua dulce, que tienen valores para 7 metales: arsénico, cadmio, cobre, cromo, mercurio, plomo y zinc. La guía de calidad ambiental canadiense para sedimentos de aguas continentales de los metales define 2 valores límites indicados:

- *Interim Sediment Quality Guidelines* - ISQG (valores guía provisional de calidad de sedimento): representa el nivel por debajo del cual no se esperan efectos biológicos adversos en la comunidad acuática de macroinvertebrados bentónicos.
- *Probable Effect Level* - PEL (valores guía provisional de calidad de sedimento): representa el nivel de concentración química por encima del cual usualmente o siempre está asociado a efectos biológicos adversos en la comunidad acuática de macroinvertebrados bentónicos.

**Tabla 5.8.** Valores de referencia para metales en sedimentos

Guía referencial	Metal	Unidad	Norma Canadiense (CEQG-SQG)	
			ISQG	PEL
<i>Canadian Environmental Quality Guidelines. Sediment Quality Guidelines for Protection of Aquatic Life (CEQG-SQG, 2002) – Canadá</i>	Arsénico	mg/kg PS	5,9	17
	Cadmio		0,6	3,5
	Cobre		35,7	197
	Cromo		37,3	90
	Mercurio		0,17	0,486
	Plomo		35	91,3
	Zinc		123	315

PS: Peso seco

Adicionalmente, los resultados de sedimentos fueron comparados con los datos históricos en aquellos puntos de muestreo donde se contó con dicha información, con la finalidad de evaluar la variación en el tiempo, el rango de años considerado fue a partir del EIA modificado de la C.H. El Platanal.

### Comunidades hidrobiológicas

La información de los componentes de la comunidad hidrobiológica fue comparada con aquellos que el administrado viene reportado desde antes de inicio de operaciones (1999).

<sup>14</sup> Resolución Directoral N°. 084-2021-ANA-DCERH aprobada el 18 de mayo 2021, donde se resuelve prorrogar la autorización de vertimientos de agua residual domésticas tratadas provenientes del campamento San Juanito de la Central Hidroeléctrica el Platanal.

<sup>15</sup> Recuperado de: [https://www.ccme.ca/en/resources/canadian\\_environmental\\_quality\\_guidelines/](https://www.ccme.ca/en/resources/canadian_environmental_quality_guidelines/). Consultado el 10 de enero de 2021.



**5.2. Objetivo específico 2: Determinar y comparar el caudal ecológico en el río Cañete para la sostenibilidad de las comunidades hidrobiológicas en el tramo de influencia ambiental directa de la C.H. El Platanal****5.2.1. Guías utilizadas para la evaluación**

Las guías utilizadas para el levantamiento de información para determinar el caudal ecológico se detallan en la Tabla 5.9.

**Tabla 5.9.** Referencias para el levantamiento de información de caudal ecológico

Nombre	Sección	Dispositivo legal	Entidad	País
Caudal ecológico				
Lineamientos generales para determinar caudales ecológicos	Título III – Anexo II	Resolución Jefatural N.º 267-2019-ANA	Autoridad Nacional del Agua (ANA)	Perú
<i>PHABSIM for Windows User's Manual and Exercises</i>	Pág. 6 - 17	-	-	Estados Unidos
Manual de Hidrometría	Todo el documento	Resolución de Presidencia Ejecutiva N.º 066-2019-SENAMHI/PREJ	Servicio Nacional Meteorología e Hidrología del Perú	Perú

**5.2.2. Ubicación de puntos de muestreo**

Los tramos evaluados se definieron considerando las diferencias geomorfológicas del tramo de caudal reducido comprendido entre el embalse Capillucas hasta la descarga de aguas turbinadas, En la Tabla 5.10 se presenta la ubicación de los tramos evaluados.

**Tabla 5.10.** Ubicación de tramos evaluados

Nº	Nombre cuerpo receptor	Código del tramo de muestreo	Muestreo Inicio		Muestreo Fin		Coordenadas Inicio UTM WGS 84 – Zona 18L		Coordenadas Fin UTM WGS 84 – Zona 18L		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
			Fecha	Hora	Fecha	Hora	Norte (m)	Este (m)	Norte (m)	Este (m)		
1	Río Cañete	TCE-SJ	14/04/2021	11:20	17/04/2021	12:20	8580364	393917	8580328	394258	893	Tramo de caudal ecológico en el sector de San Juanito, sección de inicio aproximadamente a 50 m aguas arriba del EFLU-2
			09/08/2021	8:00	13/08/2021	23:00						
2	Río Cañete	TCE-PM	14/08/2021	9:00	16/08/2021	12:00	8588317	397626	8588327	397587	1340	Tramo de caudal ecológico en el sector del puente Matica, sección de inicio aproximadamente a 1,7 km aguas arriba de dicho puente

\*Cada tramo de muestreo está formado por secciones transversales y estas a su vez por secuencias de puntos donde se evaluaron las condiciones hidráulicas y de hábitat.





### 5.2.3. Parámetros y variables

Se consideraron los parámetros incluidos en la Tabla 5.11. los cuales fueron obtenidos para cada tramo evaluado. Cabe indicar que la información de coordenadas y profundidad fue obtenida a partir de un levantamiento topográfico cuya data procesada se encuentra en el RR-011-ITEGI-2021 y RR-025-2021-STEC (Anexo 4)

**Tabla 5.11.** Parámetros y variables determinados para caudal ecológico

N.º	Parámetros de campo	Información colectada
1	Geomorfología fluvial	Coordenadas y cotas por punto*
		Profundidad del agua por punto
		Velocidad del agua por punto
		Tipo de sustrato por punto
		Tipo cobertura por punto
2	Macroinvertebrados bentónicos	Identificación <i>in situ</i> de macroinvertebrados bentónicos
		Velocidad del hábitat de los especímenes colectados
		Profundidad del hábitat de los especímenes colectados
		Tipo de sustrato del hábitat de los especímenes colectados
		Tipo de cobertura del hábitat de los especímenes colectados
3	Peces	Identificación <i>in situ</i> de macroinvertebrados bentónicos
		Velocidad del hábitat de los especímenes colectados
		Profundidad del hábitat de los especímenes colectados
		Tipo de sustrato del hábitat de los especímenes colectados
		Tipo de cobertura del hábitat de los especímenes colectados
4	Camarones	Reconocimiento <i>in situ</i> de estadios de camarón
		Velocidad del hábitat de los especímenes colectados
		Profundidad del hábitat de los especímenes colectados
		Tipo de sustrato del hábitat de los especímenes colectados
		Tipo de cobertura del hábitat de los especímenes colectados

Nota:

(\*) La medición de los puntos se realizó con el uso de GPS diferencial (en adelante, DGPS del inglés *Global Navigation Satellite System*) mediante el método estático. En correspondencia con lo establecido en las especificaciones técnicas para posicionamiento geodésico estático relativo con receptores del Sistema Satelital de Navegación Global del IGN, todo punto geodésico a ser establecido, debe estar enlazado a la Red Geodésica Geocéntrica Nacional, y según el tipo se considera una separación máxima (en km) entre la Estación de Rastreo permanente (en adelante, ERP) y el punto base a establecer, siendo para el caso del presente estudio un punto base de tipo Punto de apoyo – PFCH, se considera una distancia máxima de 100 km desde la ERP más cercada. Por ello, previo al establecimiento de cada punto base, se verificó la conectividad de la ERP Pucusana con código nacional LI04.

### 5.2.4. Equipamiento y materiales utilizados

El equipamiento y material utilizados para el muestreo de agua, sedimentos y comunidades hidrobiológicas, que comprende los equipos de medición de parámetros *in situ*, los certificados de calibración y los equipos de posicionamiento de los puntos de muestreo se detallan en los reportes de campo N.º RC-007-2021-STEC y N.º RC-025-2021-STEC (Anexo 3).



### 5.2.5. Procesamiento de datos

#### 5.2.5.1. Determinación del relieve superficial

Para el procesamiento de datos geodésicos se utilizó la información de la ERP Pucusana con código nacional LI04, ubicado en el distrito Pucusana, provincia Lima, departamento Lima, el cual se encuentra aproximadamente a 98 km del área de estudio, lo cual permite un apropiado enlace del punto base a la Red Geodésica Geocéntrica Nacional. Asimismo, se usó la data de la ERP en formato RINEX del 14 de abril y 16 de agosto de 2021, para la corrección de la coordenada de los puntos base. En el procesamiento de datos GNSS se utilizó el *software* Trimble Business Center y para el procesamiento de cotas topográficas se utilizó el *software* Civil 3D, los cuales cuentan con funciones necesarias para ejecutar proyectos completos y generar reportes.

#### 5.2.5.2. Evaluación geomorfológica

##### A. Tipificación de valles y establecimiento de tramos de referencia

Para la tipificación del valle del río Cañete se utilizó la metodología Rosgen (1994), porque estratifica la topografía por tipos de valles, de acuerdo a su forma, pendiente y material, debido a que todos los ríos se encuentran dentro de una amplia gama de tipos de valle o condiciones topográficas, y no presentan características similares (morfológicas, sedimentológicas, hidráulicas, o biológicas). Por tal razón, es necesario agruparlos en ríos con similares características. Es así como los tipos de ríos deben en una primera instancia estratificarse por tipos de valles, los cuáles según Rosgen se clasifican en 11 tipos tal como se aprecia en la Tabla 5.12.

Tabla 5.12. Clasificación de tipos de valles

Tipo de Valle	Descripción	Tipos de ríos	Esquema
I	Empinadas, confinados, cañones en forma de muescas-V, laderas laterales rejuvenecidas de más de 2 % de pendiente, a menudo con alto aporte de sedimentos.	Aa+, A, G	
II	Moderadamente escarpado, con laderas de pendiente suave, con frecuencia en valles coluviales, pendiente de aproximadamente 4 %.	B, G	
III	Abanicos aluviales y conos de deyección, pendiente mayor a 2 %.	A, B, F, G, D	



Tipo de Valle	Descripción	Tipos de ríos	Esquema
IV	Cañones de suave pendiente, gargantas, valles aluviales y confinadas con sustrato de fondo controladas.	C, F	
V	Moderadamente empinadas, en forma de U valles glacial-parabólicos, pendiente menor 4 %.	C, D, F, G	
VI	Moderadamente empinada, fallas, unidos a una roca madre (estructura), debido a cambios en el material geológico, pendiente inferior al 4 %, y el aporte de sedimentos por lo general es baja.	Aa+, A, B, C, F, G	
VII	Empinados, terreno de forma escarpada, fluviales disecados, de alta densidad de drenaje de laderas aluviales, con alto aporte de sedimentos.	Aa+, A, G	
VIII	Amplia ladera, valle de pendiente suave, con llanura de inundación bien desarrollada, adyacente al río y/o terrazas glaciales.	C, D, E, F, G	
IX	Amplio, pendientes moderadas a suaves, asociados con glaciales de transición y/o dunas de arena eólicos.	C, D, F	
X	Se encuentra en las llanuras aluviales costeras y llanuras aluviales, valle muy amplio y suave pendiente, asociadas con glaciares y no glaciares-depósitos lacustres, indicados por los pantanos y otros humedales.	C, DA, D, E, F, G	
XI	Se encuentra en deltas (desembocaduras) fluviales y zonas intermareales. Pendientes muy bajas, con sedimentos cohesivos y diques naturales. Áreas caracterizadas como alargada, lobulada, ondas y mareas dominantes.	C, D, DA, E	

Fuente: Rosgen (1994, p 169-199)

### B. Clasificación, estabilidad y evolución del cauce

Se utilizaron las siguientes relaciones para estimar la clasificación de ríos:



• **Relación de encajonamiento**

RE = API / ABLL (Ecuación 6)

Dónde:

RE: es la relación de encajonamiento o contención vertical de un río

API: ancho propenso a la inundación

ABLL: ancho del cauce a banco lleno

Tabla 5.13. Relación de encajonamiento

Table with 2 columns: Nivel RE, Condición. Rows: 0-1.4 (Encajonados), 1.4-2.2 (Moderadamente encajonados), >2.2 (Levemente encajonados)

• **Relación ancho profundidad**

RAP = ABLL / PMdBLL (Ecuación 7)

Dónde:

RAP: es la relación de ancho profundidad

ABLL: ancho del cauce a banco lleno

PMdBLL: profundidad media a banco lleno

Tabla 5.14. Relación de ancho profundidad

Table with 2 columns: Nivel RAP, Condición. Rows: 0-12 (Bajo), 12-40 (Moderado), >40 (Alto)

• **Sinuosidad**

Sn = LR / Lv (Ecuación 8)

Dónde:

Sn: sinuosidad, valor mínimo que puede tener es 1 (río rectilíneo)

LR: longitud del río

LV: longitud del valle

**Tabla 5.15. Sinuosidad**

Nivel Sn	Condición
0 – 1,05	Rectilíneo
1,05 – 1,5	Sinuoso
> 1,5	Meandriforme

- Pendiente**

(Ecuación 9)

$$PV = \frac{(\text{Elev1}-\text{Elev2})}{LV}$$

Dónde:

PV: pendiente del valle, resulta de dividir la diferencia en elevación de la superficie del agua, entre la longitud del valle (LV).

- Material del canal**

Se evaluó los porcentajes de material existente en el canal, y eligió el tipo de material predominante (> 50 %), con base a la siguiente clasificación:

**Tabla 5.16. Material del canal**

Tipo material	Diámetro (mm)	Descripción
Limo/arcilla	0 – 0,062	% de material existente en el tramo del cauce. Tanto de pozas como rápidos
Arena	0,062 - 2	% de material existente en el tramo del cauce. Tanto de pozas como rápidos
Grava	2 - 64	% de material existente en el tramo del cauce. Tanto de pozas como rápidos
Canto rodado	64 - 256	% de material existente en el tramo del cauce. Tanto de pozas como rápidos
Bloques/piedras	256 - 2048	% de material existente en el tramo del cauce. Tanto de pozas como rápidos
Roca en lecho	-	% de roca existente en el tramo del cauce. Tanto de pozas como rápidos

**5.2.5.3. Modelamiento de PHABSIM**

La información obtenida en campo fue procesada e ingresada al software de simulación de hábitat físico (PHABSIM, por sus siglas del inglés *Physical Habitat Simulation*)<sup>16</sup>. Dicho

<sup>16</sup> El propósito del Sistema de simulación de hábitat físico (PHABSIM) es simular una relación entre el flujo de un arroyo y el hábitat físico para varias etapas de la vida de una especie de pez o una actividad recreativa. El objetivo básico de la simulación de hábitat físico es obtener una representación de la corriente física para que la corriente pueda vincularse, a través de consideraciones biológicas, al mundo social, político y económico. Consultado en <https://www.usgs.gov/software/physical-habitat-simulation-phabsim-software-windows> el 21 de octubre de 2021.



software se divide en 3 módulos: (a) Modelamiento del tirante del agua, (b) Simulación de la velocidad del agua y (c) Simulación del hábitat

### (a) Modelamiento del tirante del agua

El módulo MANSQ del software PHABSIM fue empleado para la simulación de diferentes tirantes de agua para distintos caudales, este módulo se basa en resolver la ecuación de Manning junto con la información geométrica de cada sección transversal:

$$Q = \left[ \frac{1,49}{n} \times S^{1/2} \right] \times A \times R^{2/3} \quad (\text{Ecuación 10})$$

*Donde:*

$Q$ : Caudal

$n$ : Coeficiente de Rugosidad de Manning

$A$ : Área de la sección transversal

$R$ : Radio hidráulico

Simplificando se tiene:

$$Q = KAR^{2/3} \quad (\text{Ecuación 11})$$

El valor de  $K$  se obtiene entonces de un valor de caudal y la elevación de la superficie de agua y la geometría de cada sección transversal. Finalmente se usó los valores de calibración (caudal vs elevación de la superficie de agua) para resolver la siguiente ecuación y obtener los tirantes para los caudales simulados.

$$K = K_0 \left( \frac{Q}{Q_0} \right)^\beta \quad (\text{Ecuación 12})$$

*Donde:*

$Q$ : Caudal de simulación

$Q_0$ : Caudal de calibración

$\beta$ : Coeficiente

### (b) Simulación de la velocidad del agua

En PHABSIM, la simulación de distintas velocidades se da mediante la división de la sección transversal en células computacionales como se muestra en la siguiente imagen:



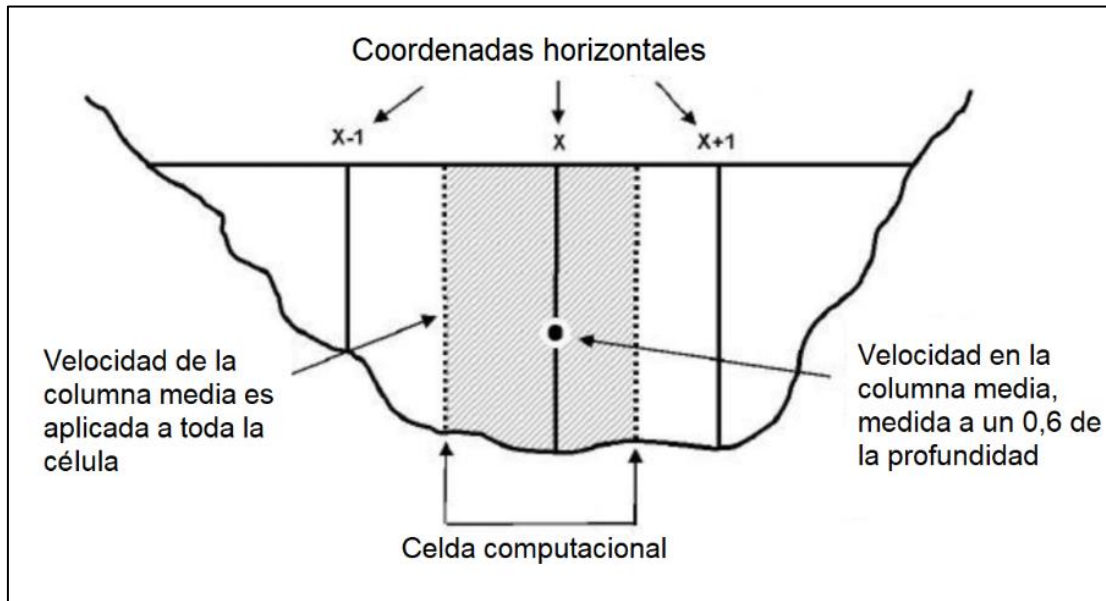


Figura 5.7. Esquema de una celda computacional definida en PHABSIM

El módulo VELSIM fue usado para la simulación de velocidades de agua bajo diferentes caudales de simulación, este se basa en la siguiente forma de la ecuación de Manning para resolver las diferentes velocidades de simulación en cada una de las celdas:

$$v_i = \left[ \frac{1,486}{n_i} \right] \times d_i^{2/3} \times S_e^{1/2} \quad \text{(Ecuación 13)}$$

Donde:

- $n_i$ : Coeficiente de rugosidad de Manning en el punto  $i$
- $S_e$ : Pendiente de energía para el transecto
- $D_i$ : Profundidad en el punto  $i$
- $V_i$ : Velocidad en el punto  $i$

### (c) Simulación del hábitat

Un prerequisite para la simulación del hábitat es conocer las relaciones de las especies respecto a las características hidráulicas del lugar (profundidad, velocidad, la combinación de sustrato y cobertura) conocidas como curvas de idoneidad de hábitat, los tipos de curvas existentes según Bovee (1986) son:

Tipo I basadas en la experiencia profesional.

Tipo II basadas en distribuciones de frecuencia de uso de hábitat.

Tipo III basadas en un análisis de selección relacionando uso e información disponible.

Para este caso se estimaron curvas de tipo II, mediante el uso de una tabla de frecuencia de la información hidráulica de cada hábitat registrado por especie, buscando la mejor



función de distribución de probabilidad que se ajuste a las frecuencias observadas en campo, los parámetros de las funciones de distribución de probabilidad se estimaron siguiendo una estimación de L- momentos y su ajuste fue evaluado mediante una función de los parámetros abreviado como-LL (Som *et al*, 2015), las diferentes funciones de distribución de probabilidad puestas a prueba fueron aquellas usadas en Som *et al*, (2015) y Oyague *et al*, (2020) mostradas en la Tabla 5.17

**Tabla 5.17.** Descripción de las funciones de distribución de probabilidad

Función de distribución de probabilidad	Fórmula	Parámetros
Rayleigh	$f(x) = \frac{x - \xi}{\alpha^2} e^{-(x-\xi)^2 / (2\alpha^2)}$	$\alpha$ (Alpha), $\xi$ (xi)
Gamma	$f(x) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma \alpha} x^{\alpha-1} e^{-x/\beta}$	$\alpha$ (Alpha), $\beta$ (beta)
Rice	$f(x) = \frac{x}{\alpha^2} \exp\left(-\frac{x^2 + v^2}{2\alpha^2}\right) I_0\left(\frac{xv}{\alpha^2}\right)$	$v$ (nu), $\alpha$ (Alpha)
Weibull	$f(x) = \delta Y^{\delta-1} \exp(-Y^\delta) / \beta$ Siendo $Y = \frac{x - \zeta}{\beta}$	$\delta$ (delta), $\beta$ (beta), $\zeta$ (zeta)
Kappa	$f(x) = \alpha^{-1} [1 - k(x - \xi) / \alpha]^{1/k - 1} x [F(x)]^{1-h}$ Siendo $F(x)$ la función de distribución acumulativa	$\alpha$ (Alpha), $\xi$ (xi), $k$ (kappa), $h$
Pareto	Donde $y$ es $f(x) = \alpha^{-1} e^{-(1-k)y}$ $y = -k^{-1} \log\left(1 - \frac{k(x - \xi)}{\alpha}\right)$ para $k \neq 0$ , $y = \frac{x - \xi}{A}$ para $k = 0$	$\alpha$ (Alpha), $\xi$ (xi), $k$ (kappa)
Pearson III	Siendo $f(x) = \frac{Y^{\alpha-1} \exp(-\frac{Y}{\beta})}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)}$ $Y = x - \xi$ si $\gamma > 0$ $Y = \xi - x$ si $\gamma < 0$ $\alpha = \frac{4}{\gamma^2}$ $\beta = \frac{1}{2} \sigma  \gamma $ $\xi = \mu - 2\sigma/\gamma$	$\mu$ (mu), $\gamma$ (sigma), $\sigma$ (gamma)

La aplicación de las funciones de densidad de probabilidad se realizó a las variables de profundidad y velocidad, debido a que son variables continuas; en el caso del índice de canal (interacción entre el tipo de sustrato y cobertura) se empleó la relación entre la frecuencia observada con respecto a la frecuencia observada máxima.



### 5.2.6. Criterios de evaluación

La relación del caudal con el uso del hábitat fue comparada con el valor de caudal ecológico determinado por el administrado.

### 5.3. Objetivo específico 3: Evaluar el impacto de la purga de sedimentos del embalse Capillucas en el 2021

Para el desarrollo de este objetivo se utilizó la información remitida del administrado de resultados de parámetros fisicoquímicos de agua superficial, monitoreados antes, durante y después de la purga de sedimentos del embalse Capillucas desarrollado en enero y marzo de 2021. Asu vez, se consideró el análisis de información histórica reportados por el administrado de parámetros de agua superficial, comunidades hidrobiológicas y los que fueron muestreados por el OEFA.

#### 5.3.1. Ubicación de puntos de muestreo

La ubicación de los puntos de muestreo realizados por el administrado se presenta en la Tabla 5.18.

**Tabla 5.18.** Ubicación de puntos de muestreo durante la purga de sedimentos

N°	Cuerpo de agua	Fecha de purga de sedimentos	Código del punto de muestreo (administrado)	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 18L		Descripción <sup>(1)</sup>
				Norte (m)	Este (m)	
1	Río Cañete	Enero	Fortaleza	8549506	357700	Río Cañete ubicado aproximadamente a 0,5 km aguas debajo de La Fortaleza de Ungara
2			Catapalla	8571937	380750	Río Cañete ubicado aproximadamente a 0,65 km aguas arriba del puente colgante de Catapalla
3			Chavín	8590837	397449	Río Cañete ubicado aproximadamente a 3,8 km aguas abajo del embalse Capillucas
4			Socsi	8558918	369631	Río Cañete ubicado aproximadamente a 1,0 km aguas abajo del puente Socsi
5			Pampilla	8548745	351769	Río Cañete ubicado aproximadamente a 0,58 km aguas debajo del Puente Antigua Panamericana Sur
6			Capillucas	8594310	395096	Río Cañete ubicado aproximadamente a 150 m aguas arriba del embalse Capillucas
7		Marzo	Capillucas	8596907	395259	Río Cañete ubicado aproximadamente a 2,5 km aguas arriba del embalse Capillucas



N°	Cuerpo de agua	Fecha de purga de sedimentos	Código del punto de muestreo (administrado)	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 18L		Descripción <sup>(1)</sup>
				Norte (m)	Este (m)	
8			Catapalla	8572135	380861	Río Cañete ubicado aproximadamente a 0,65 km aguas arriba del puente colgante de Catapalla
9			Chavín	8590837	397449	Río Cañete ubicado aproximadamente a 3,8 km aguas abajo del embalse Capillucas
10			Fortaleza	8549327	357499	Río Cañete ubicado aproximadamente a 0,5 km aguas debajo de La Fortaleza de Ungara
11			Pampilla	8548745	351769	Río Cañete ubicado aproximadamente a 0,58 km aguas debajo del Puente Antigua Panamericana Sur
12			Socsi	8558918	369631	Río Cañete ubicado aproximadamente a 1,0 km aguas abajo del puente Socsi

(1) Descripción referencial del OEFA

### 5.3.2. Parámetros y métodos de análisis

Los parámetros, métodos de análisis, considerados por el administrado, cuyos resultados son evaluados para este objetivo se describen en la Tabla 5.19 y Anexo 5.

**Tabla 5.19.** Parámetros y métodos de análisis

Matriz	Parámetros de laboratorio	Método de análisis
Agua superficial	Aceites y Grasas (*)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5520 B, 23 rd Ed 2017
	Amonio (*)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-NH3 D, 23 rd Ed. 2017
	Coliformes Fecales (Termotolerantes) (NMP) 2	SMEWW 9221 F.2, 23 rd Ed. 2017
	Conductividad (*) (c)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2510 B 23rd Ed. 2017
	Demanda Bioquímica de Oxígeno (*)	SMEWW 2540 C. 23rd Ed. 2017
	Nitrógeno Total 2	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23 rd Ed. 2017
	Oxígeno Disuelto (*) (c)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-N C, 23 rd Ed. 2017
	Perifiton (*)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 10300 C, Item 1 y 2, 23 rd Ed. 2017
	pH (*) (c)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 23 rd Ed. 2017
	Sólidos Suspendidos Totales (*)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 23 rd Ed. 2017
	Sólidos Totales Disueltos (*)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 C, 23 rd Ed. 2017
	Sulfuro (*)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-S2-D, 23 rd Ed. 2017
	Temperatura (*) (c)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2550 B. 23rd Ed. 2017
Turbidez 2 (c)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2130 B 23rd Ed. 2017	



Matriz	Parámetros de laboratorio	Método de análisis
	Aniones <sub>2</sub>	MVAL-LAB-36 (Validado fuera del Alcance)
	Metales Totales <sub>2</sub>	EPA Method 200.8 Rev. 5.4 1994

Fuente: Informes de Ensayo de Laboratorio de ALAB E.I.R.L proporcionados por el administrado (Anexo 5)

### 5.3.3. Criterios de evaluación

#### Agua superficial

Para realizar la evaluación de la calidad del agua superficial en el río Cañete durante la purga de sedimentos, en base a la información proporcionada por el administrado, se consideró la clasificación de los recursos hídricos establecida por la Autoridad Nacional del Agua (ANA). Según la Resolución Jefatural N.º 056-2018-ANA<sup>17</sup> «Clasificación de Cuerpos de Agua Continentales Superficiales», los tramos evaluados del río Cañete están clasificados con categoría 1- A2.

Por lo tanto, los resultados de agua superficial se compararon con los Estándares Nacionales de Calidad para Agua, aprobados por el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM, Categoría 1-A2: «Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional».

## 6. RESULTADOS

A continuación, se presenta los resultados obtenidos durante la EAC en el área de influencia de la C.H. El Platanal, los que son detallados por objetivos planteados para evaluar el riesgo hídrico del río Cañete relacionados a las actividades de operación de dicha central. Los resultados de laboratorio de las matrices de agua, sedimentos y comunidades hidrobiológicas se encuentran detallados en el Anexo 4 (reporte de resultados RR-007-2021-STEC y RR-025-2021-STEC).

### 6.1. Objetivo específico 1: Evaluar que el agua superficial, agua residual doméstica tratada, sedimentos y comunidades hidrobiológicas se encuentren sin influencias de las actividades de operación de la C.H. El Platanal

#### 6.1.1. Agua superficial

Se evaluaron 12 puntos de muestreo de agua superficial: 3 puntos ubicados a orillas de la laguna Paucarcocha (RCañe-1, LPau-1, LPau-2), 4 puntos ubicados en la parte alta del río Cañete (RCañe-2, RCañe-3, RCañe-4, RCañe-5) y 4 puntos de muestreo en el sector Allauca-Zuñiga (RCañe-6 (CR4), RCañe-7(CR3), RCañe-8 (CR1) y RCañe-9 (CR2), además de 1 punto de muestreo en la salida del túnel de descarga de aguas turbinadas (TURB-1). Los puntos de muestreo ubicados a orillas de la laguna Paucarcocha y parte alta del río Cañete fueron evaluados solo en abril. Los puntos de muestreo ubicados aguas arriba del embalse Capillucas hasta aguas abajo de la descarga de aguas residuales domésticas tratada de San Juanito se evaluaron en los meses de abril y agosto.

<sup>17</sup> Resolución Jefatural N.º 056-2018-ANA. Clasificación de los Cuerpos de Agua Continentales Superficiales. Aprobada el 13 de febrero de 2018.



**A. Comparación con Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua categoría 4 (Conservación del ambiente acuático-Lagunas y Lagos), Sub-Categoría E1 (Lagos y Lagunas); aprobado mediante Decreto Supremo N.° 004-2017-MINAM**

En los puntos de muestreo evaluados en el mes de abril a orillas de la laguna Paucarcocha, las mediciones de los parámetros fisicoquímicos de campo como de laboratorio se encontraron dentro los rangos establecidos en los ECA para Agua 2017 categoría 4 E1.

Respecto a los parámetros de campo y otros de interés en los puntos de muestreo RCañe-1, LPau-1 y LPau-2, a continuación, se mencionan los principales rangos de variación.

- Los valores del potencial de hidrógeno estuvieron en el rango de 7,79 unidades de pH a 7,91 unidades de pH.
- La conductividad eléctrica varió entre 121,3  $\mu\text{S}/\text{cm}$  a 153  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .
- La concentración de oxígeno disuelto estuvo en el rango de 5,69 mg/L a 5,89 mg/L.
- La concentración de aceites y grasas y demanda química de oxígeno (DQO) en todos los puntos evaluados estuvieron por debajo del límite de cuantificación analítico.
- El valor más alto de sólidos totales suspendidos fue de 15 mg/L en el punto de muestro LPau-1 ubicado a orilla de la laguna Paucarcocha.

**B. Comparación con Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua categoría 4 (conservación del ambiente acuático de ríos de Costa y Sierra), Sub-Categoría E2 (ríos costa y sierra); aprobado mediante Decreto Supremo N.° 004-2017-MINAM**

En los puntos de muestreo evaluados en la parte alta del río Cañete, las mediciones de los parámetros fisicoquímicos de campo como de laboratorio se encontraron dentro los rangos establecidos en los ECA para Agua 2017 categoría 4 E2.

Respecto a los parámetros de campo y otros de interés en los puntos de muestreo RCañe-1, LPau-1 y LPau-2 se mencionan los principales rangos de variación.

- Los valores del potencial de hidrógeno estuvieron en el rango de 7,63 unidades de pH a 8,09 unidades de pH.
- La conductividad eléctrica varió entre 143,2  $\mu\text{S}/\text{cm}$  a 159,3  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .
- La concentración de oxígeno disuelto estuvo en el rango de 6,43 mg/L a 6,75 mg/L.
- La concentración de aceites y grasas y demanda química de oxígeno (DQO) en todos los puntos de muestreo evaluados estuvieron por debajo del límite de cuantificación analítico.
- El valor más alto de sólidos totales suspendidos fue de 3 mg/L en el punto de muestreo RCañe-3 ubicado en la parte alta del río Cañete.

**C. Comparación con Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua categoría 1 (conservación del ambiente acuático de ríos de Costa y Sierra), Sub-Categoría A2 (aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional); aprobado mediante Decreto Supremo N.° 004-2017-MINAM**

En los puntos de muestreo evaluados en el sector Allauca-San Juanito, las mediciones de los parámetros fisicoquímicos de campo como de laboratorio se encontraron dentro los rangos establecidos en los ECA para Agua 2017 categoría 1 A2, en ambas temporadas (abril y agosto, 2021) a excepción del parámetro aceites y grasas en la salida del túnel de





descarga de aguas turbinadas (TURB-1) en agosto 2021 que referencialmente excedió dicho estándar.

Respecto a los parámetros de campo y otros de interés en los puntos de muestreo RCañe-6, RCañe-7, RCañe-8 y RCañe-9 se mencionan los principales rangos de variación.

- Los valores del potencial de hidrógeno estuvieron en el rango de 7,08 unidades de pH a 8,2 unidades de pH en el mes de abril y de 8,15 unidades de pH a 8,56 unidades de pH en el mes de agosto.
- La conductividad eléctrica varió entre 272 µS/cm a 295 µS/cm en abril y de 437 a 460 µS/cm en agosto.
- La concentración de oxígeno disuelto estuvo en el rango de 7,9 a 8,88 mg/L en abril y de 8,17 mg/L a 9,17 mg/L.
- La concentración de aceites y grasas y demanda química de oxígeno (DQO) en todos los puntos evaluados estuvieron por debajo del límite de cuantificación analítico.
- El valor más alto de sólidos totales suspendidos fue de 3 mg/L en el punto RCañe-9 en el mes de abril y de 4 mg/L en el mes de agosto en el punto RCañe-6.

En la Figura 6.1 se aprecia las concentraciones de aceites y grasas registradas en abril y agosto (2021) para los puntos de muestreo evaluados. Se puede apreciar que la concentración en aceites y grasas excedió referencialmente los ECA para Agua 2017 Categoría 1 A2 en el punto TURB-1 con un valor de 6,1 mg/L y que en los puntos de muestreo evaluados RCañe-8 y RCañe-9 en el mismo mes, pero un día posterior fueron menores a 0,6 mg/L. Cabe indicar que en el mes de abril las concentraciones registradas estuvieron debajo del límite de cuantificación analítico.

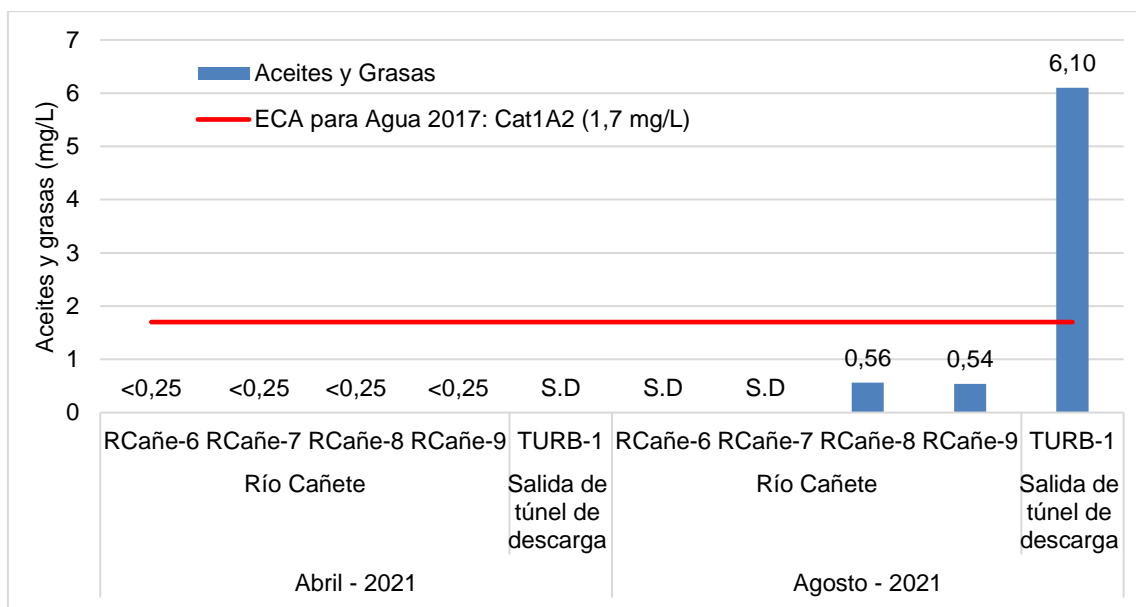


Figura 6.1. Concentración de aceites y grasas en los puntos evaluados en abril y agosto 2021 S.D: sin dato, el punto de muestreo no fue evaluado.

### D. Análisis hidroquímico

Previo al análisis hidroquímico se realizó un control de calidad para evaluar el equilibrio de los iones de agua en base a la comparación de concentraciones molares de la suma de



aniones ( $\Sigma an$ ) y la suma de cationes ( $\Sigma cat$ ), el cual se conoce como error balance iónico (en adelante, EBI). Se pudo verificar la consistencia ya que el EBI se encontró menor al 10 % en la mayoría de los puntos evaluados estando dentro del rango según Dinka *et al.* (2015) y López (2018), además del error aceptable propuesto por Custodio y Llamas (1976) en función de la conductividad. El detalle del cálculo de EBI se encuentra en el RR-010-2021-STEC y RR-025-2021-STEC (Anexo 4).

Adicional al balance iónico se realizó relaciones de parámetros descritos a continuación:

### Relación entre conductividad y sólidos totales disueltos

A continuación, se presenta los gráficos de dispersión de la relación lineal de las concentraciones de conductividad medidos electrométricamente con los sólidos disueltos totales (STD) medidos gravimétricamente en el laboratorio de todos los puntos de muestreo de agua superficial en abril y agosto. Asimismo, se muestra en tablas los porcentajes de los metales disueltos con respecto a los metales totales.

En la Figura 6.2 se muestra la relación lineal entre la conductividad y los sólidos totales disueltos en los cuerpos de agua superficial evaluados, obteniendo un  $R^2$  de 0,99 y una pendiente  $K$  de 0,6178 para una conductividad que varía entre 121,3  $\mu S/cm$  y 460  $\mu S/cm$  y 73 y 350 mg/L de sólidos totales disueltos. Por lo que se obtuvo una buena correlación ( $R^2 > 0,95$ ) y un  $K$  con rango entre 0,6 a 0,75 según Walton (1989).

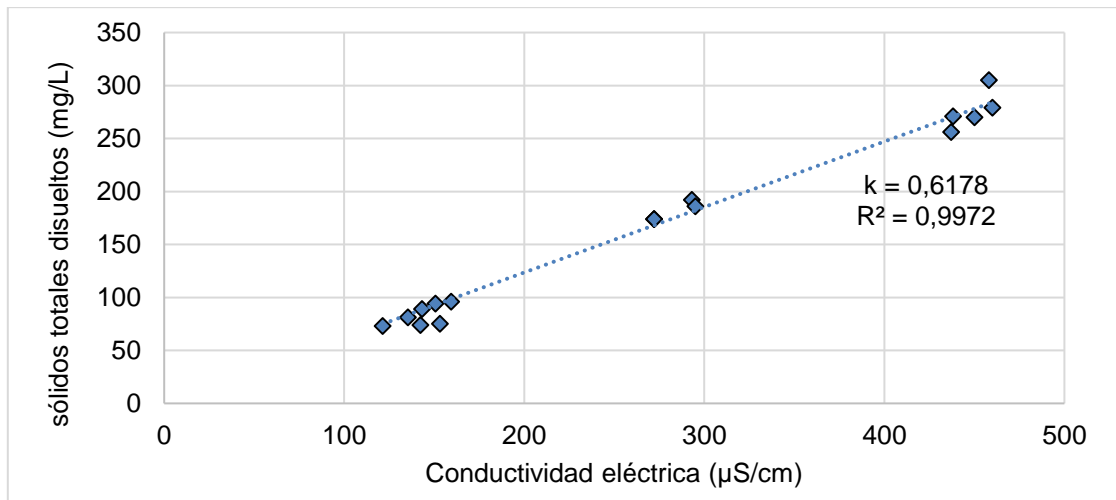


Figura 6.2. Relación entre la conductividad eléctrica y los sólidos totales disueltos (STD)

### Relación entre la conductividad y la suma de cationes y aniones

Para el caso de la relación lineal entre la conductividad y la suma de cationes<sup>18</sup> tal como se aprecia en la Figura 6.3 se obtuvo un  $R^2$  de 0,99 y una pendiente  $K$  de 0,0105; asimismo, en la Figura 6.4 de la relación de conductividad y la suma de aniones<sup>19</sup> se tuvo un  $R^2$  de 0,99 sin embargo, la pendiente  $K$  fue de 0,0082. La pendiente de la suma de cationes se encuentra dentro del rango de la Ecuación establecida por la APHA entre 0,009-0,11 y la de

<sup>18</sup> Para la suma de cationes, en adición a los principales: calcio ( $Ca^{2+}$ ), magnesio ( $Mg^{2+}$ ), sodio ( $Na^+$ ) y potasio ( $K^+$ ), se consideraron los iones de los metales disueltos: aluminio ( $Al^{3+}$ ), hierro ( $Fe^{2+}$ ), manganeso ( $Mn^{2+}$ ), bario ( $Ba^{2+}$ ), boro ( $B^{3+}$ ), estroncio ( $Sr^{2+}$ ) y litio ( $Li^+$ ).

<sup>19</sup> Los aniones considerados son: cloruros ( $Cl^-$ ), sulfatos, ( $SO_4^{2-}$ ), bicarbonatos ( $HCO_3^-$ ) y fluoruros ( $F^-$ ),



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
«Año del Bicentenario del Perú: 200 años de independencia»

aniones cercano al valor de referencia por lo que lo cual los datos tienen buena relación entre dichos parámetros.

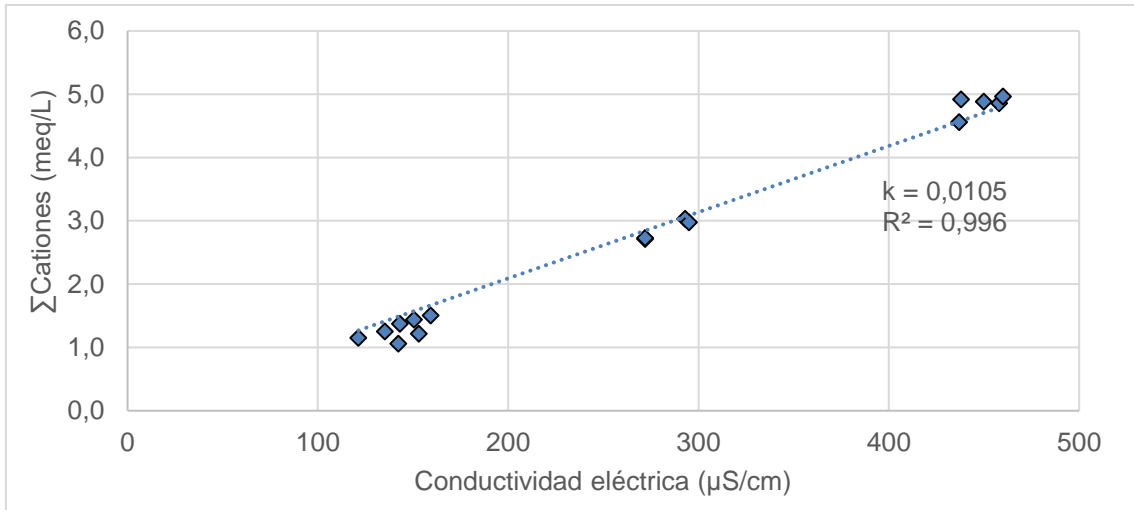


Figura 6.3. Relación entre la conductividad eléctrica y la suma de cationes

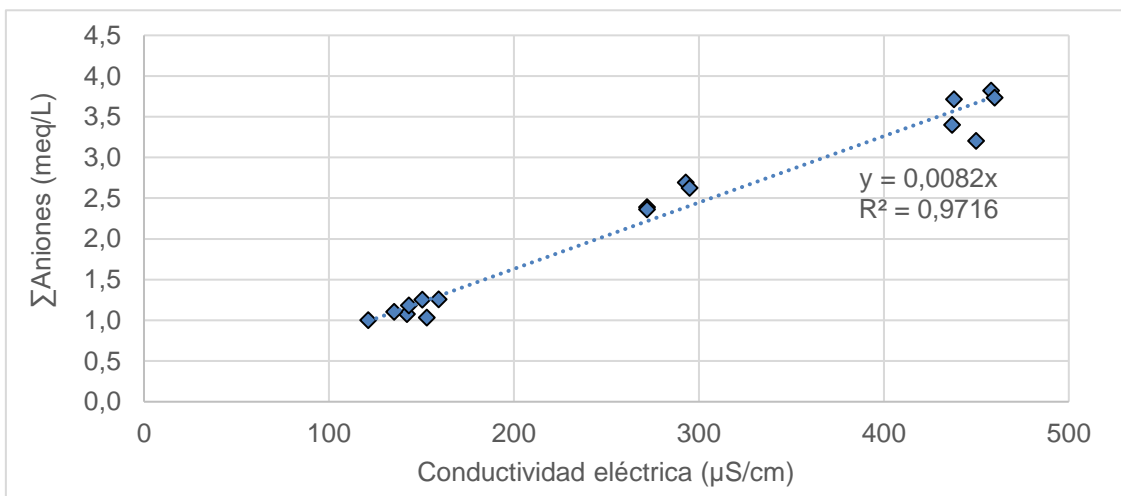


Figura 6.4. Relación lineal entre la conductividad eléctrica y la suma de aniones

### Porcentaje de metales disueltos

En la Tabla 6.1 se presentan los porcentajes de metales disueltos con respecto a los metales totales. Se resaltan los porcentajes predominantes mayores y menores al 50 % notando que solo el aluminio en la mayoría de los puntos predominado en su forma suspendida mientras que el arsénico, bario, boro, calcio, magnesio, potasio, sodio predominan en su forma disuelta.

Tabla 6.1. Porcentaje de los metales disueltos de los puntos de muestreo de agua superficial

Código	Unidad	Al	Sb	As	Ba	Ba	Ca	Sr	Li	Mg	Mn	Mo	K	Na	Zn
RCañe-1	Abril (%)	-	97	89	91	98	100	99	81	98	58	100	100	94	-
LPau-1		10,19	-	92	90	95	100	99	92	97	32	83	98	100	71
LPau-2		-	100	95	96	100	100	98	67	98	28	88	95	100	100
RCañe-2		-	84	95	97	98	100	98	92	97	28	98	98	100	-



Código	Unidad	Al	Sb	As	Ba	Ba	Ca	Sr	Li	Mg	Mn	Mo	K	Na	Zn	
RCañe-3		90	85	95	98	89	91	97	65	99	40	98	98	100	100	
RCañe-4		-	100	96	98	98	100	100	91	97	33	91	98	88	100	
RCañe-5		-	56	89	96	90	96	97	93	100	50	98	98	95	100	
RCañe-6		12,93	97	93	93	88	98	97	89	98	21	89	100	100	55	
RCañe-7		11,49	100	96	96	93	95	99	91	99	41	88	100	98	100	
RCañe-8		20,55	100	91	99	99	97	99	98	99	36	57	94	100	30	
RCañe-9		15,12	97	94	97	91	100	99	90	99	37	86	100	97	100	
RCañe-6		Agosto	-	-	91	97	38	98	97	73	95	87	92	95	92	-
RCañe-7			-	-	100	99	94	97	98	92	97	74	86	100	92	-
RCañe-9	-		-	86	97	83	92	95	97	96	8	92	94	96	-	
RCañe-8	-		-	96	99	95	96	97	99	100	10	86	100	100	-	
TURB-1	-		-	93	95	89	100	99	100	100	45	94	96	92	-	

- Porcentaje no calculado debido a que su concentración fue menor al límite de detección

Forma disuelta del metal mayor al 50 % del total

Forma disuelta del metal menor al 50 % del total

### Diagrama de Piper y Stiff

De acuerdo al diagrama de Piper en la Figura 6.5 el cual considera los iones mayoritarios de  $Ca^{+2}$ ,  $Mg^{+2}$ ,  $Na^{+}$  y  $K^{+}$ ,  $SO_4^{-2}$ ,  $Cl^{-}$  y  $HCO_3^{-}$ ; las aguas del río Cañete desde su nacimiento hasta el sector de Zuñiga se clasificaron con facies bicarbonatada cálcica. Asimismo, en la Figura 6.6 a través del diagrama de Stiff se puede notar el incremento de los iones  $HCO_3^{-}$  y  $Ca^{+2}$  en el mes de agosto respecto al mes de abril.

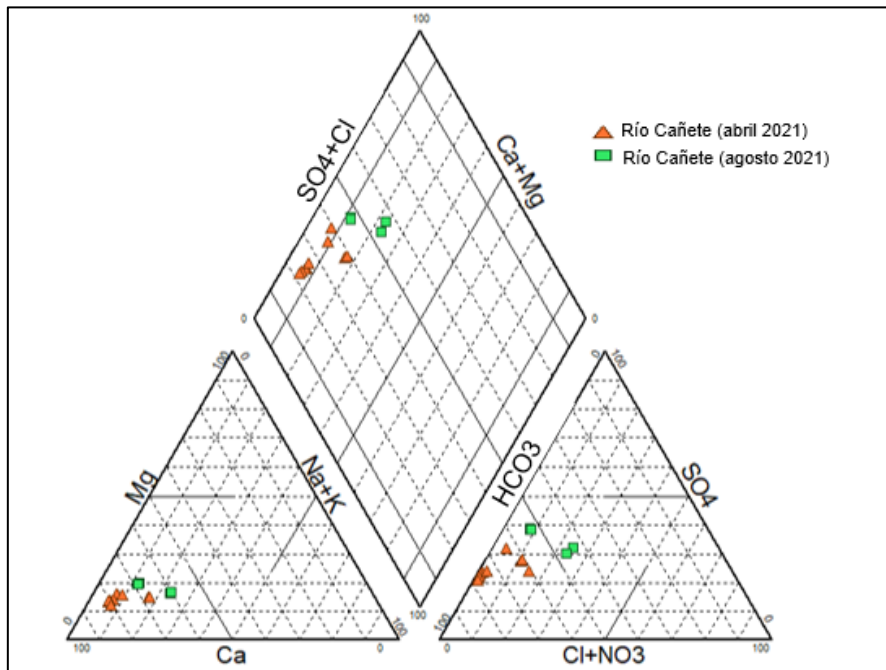


Figura 6.5. Diagrama de Piper de los puntos de muestreo evaluados

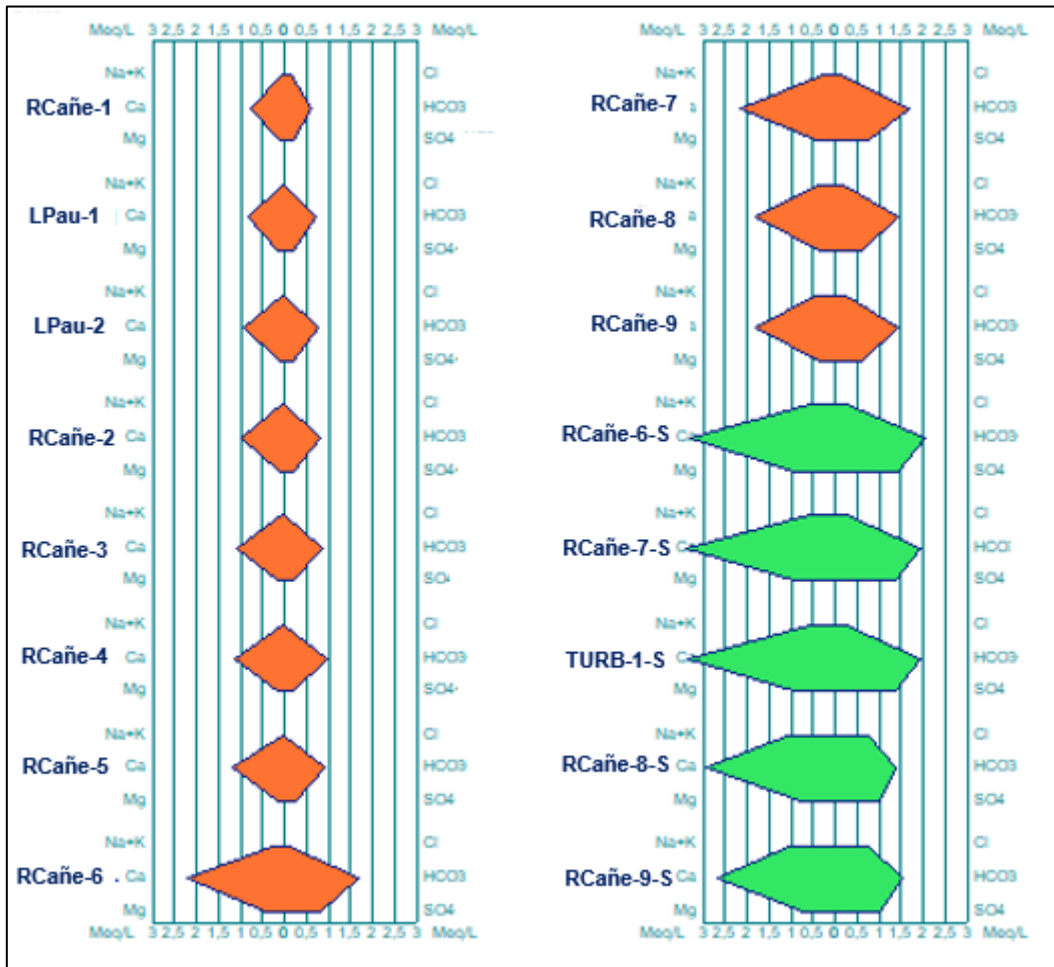


Figura 6.6. Diagrama de Stiff de los puntos de muestreo evaluados en el río Cañete. Nota: Stiff color naranja evaluado en el mes de abril y color verde evaluado en el mes de agosto 2021.

### 6.1.2. Agua residual doméstica tratada

#### A. Comparación con los Límites Máximos Permisibles (LMP) para descarga de efluentes líquidos establecidos en el Decreto Supremo N.º 003-2010-MINAM

Los resultados de las mediciones *in situ* y de laboratorio, los cuales se encuentran en los reportes RR-010-2021-STEC y RR-025-2021-STEC (Anexo 4), comparados con los LMP (2010) para descarga de efluentes líquidos, cumplieron con la normativa de referencia para todos los parámetros evaluados.

### 6.1.3. Sedimentos

#### A. Análisis geoquímico

Los elementos químicos obtenidos en los resultados de metales totales de los puntos de muestreo (RCañe-2, RCañe-3, RCañe-4, RCañe-5, RCañe-6E, RCañe-6, RCañe-7 y RCañe-8) fueron divididos para su análisis en elementos mayores, menores y trazas.



Los sedimentos presentaron una similar concentración de hierro, aluminio, calcio y magnesio, en comparación a los demás metales mayoritarios en todos los puntos muestreados. Asimismo, los sedimentos del punto de muestreo RCañe-6, muestreado en época húmeda aguas arriba del embalse Capillucas, presentó la mayor concentración de calcio en comparación a los sedimentos de los demás puntos de muestreo (Figura 6.7).

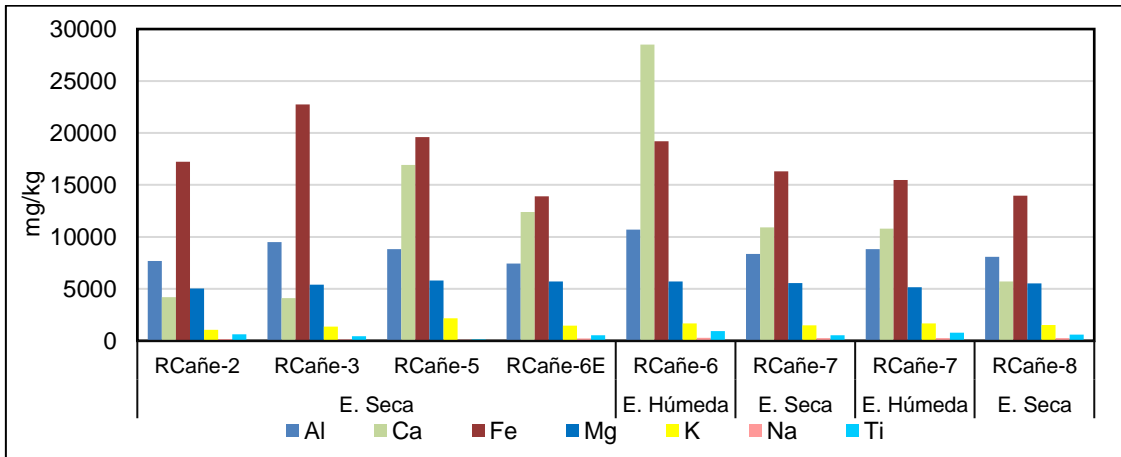


Figura 6.7. Metales totales de los elementos mayores en sedimentos

En cuanto a los elementos menores, en los sedimentos existió mayor predominancia de fósforo y manganeso que de los demás elementos, la mayor concentración de estos elementos se encontró en los sedimentos RCañe-2, RCañe-3 y RCañe-5, ubicados en la parte alta de la cuenca del río Cañete, en comparación a la concentración de los sedimentos de los demás puntos de muestreo (Figura 6.8). Con respecto a los elementos trazas estos se encontraron representados por el boro y selenio, la mayor concentración de boro se encontró en los sedimentos RCañe-2 y RCañe-3 (Figura 6.9).

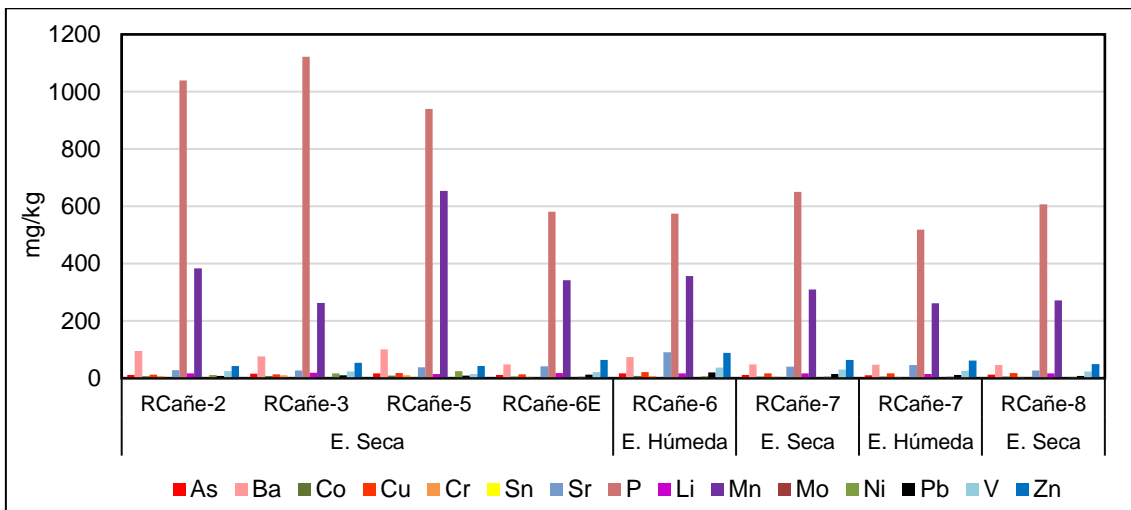
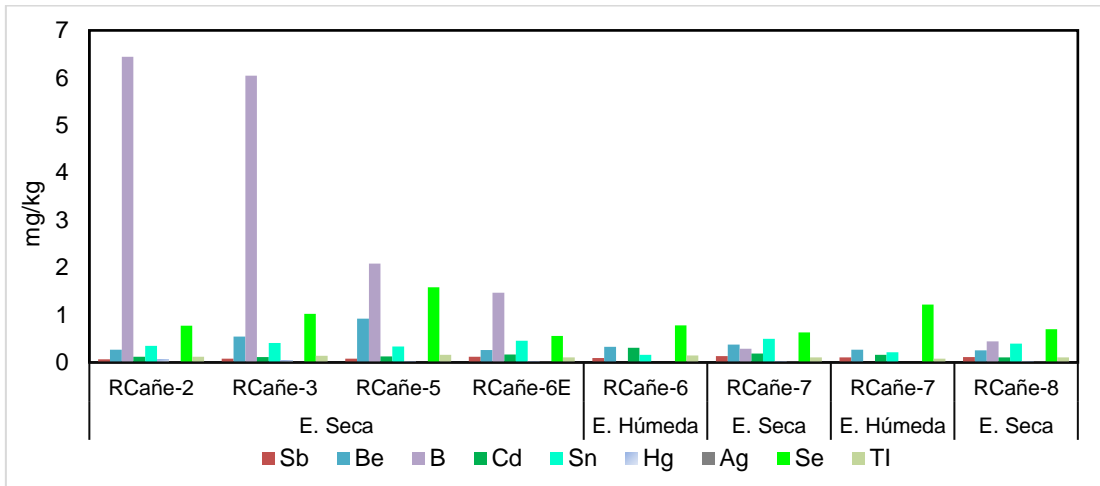


Figura 6.8. Concentración de elementos menores en sedimentos del río Cañete durante temporada seca y húmeda del 2021





**Figura 6.9.** Concentración de elementos trazas en sedimentos del río Cañete en época húmeda y época seca del 2021

**B. Comparación de la concentración de metales en sedimentos del río Cañete con los valores de la guía canadiense CEQG**

En la Tabla 6.2 se presentan los resultados de los parámetros arsénico, cadmio, cobre, mercurio, plomo y zinc evaluados en el río Cañete, comparados con los valores ISQG y PEL de la guía de calidad ambiental de Canadá – CEQG. Se aprecia que solo el parámetro de arsénico estuvo por encima del valor ISQG de la guía canadiense en ambas temporadas y en todos los puntos de muestreo de sedimento evaluados.

**Tabla 6.2.** Resultados de metales en los sedimentos del río Cañete comparados con los valores ISQG y PEL de la guía de calidad ambiental de Canadá –CEQG

Época de muestreo	Punto de muestreo	Nombre	Parámetros						
			Arsénico	Cadmio	Cobre	Cromo	Mercurio	Plomo	Zinc
			mg/kg PS						
E. Seca	RCañe-2	Río Cañete	11,7	0,11961	12	7,74	0,061	7,415	43
	RCañe-3		15,5	0,11559	14	10,2	0,042	9,825	54
	RCañe-5		16,4	0,12828	18	10,6	0,018	9,371	42
	RCañe-6E		11,7	0,164	14	4,527	0,02	12	64
	RCañe-7		11,6	0,18637	17	6,076	0,023	14,3	64
	RCañe-8		12,3	0,10747	18	4,423	0,016	8,027	49
E. Húmeda	RCañe-6		16,4	0,30928	21	7,751	< 0,010	20,2	88
	RCañe-7		10,6	0,16239	17	4,975	< 0,010	11,2	62
Guía canadiense - CEQG <sup>(a)</sup>		ISQG <sup>(b)</sup>	5.9	0,6	35,7	37,3	0,17	35	123
		PEL <sup>(c)</sup>	17	3,5	197	90	0,486	91,3	315

(a) Canadian Environmental Quality Guidelines–Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life–Fresh Water.

(b) Interim sediment quality guidelines (ISQG): concentración debajo de la cual no se presentan efectos biológicos adversos para los macroinvertebrados bentónicos.

(c) Probable Effect Level (PEL): concentración sobre la cual se encontrarían usualmente efectos biológicos adversos en los macroinvertebrados bentónicos.

■ : Concentraciones que exceden el valor de ISQG. PS: Peso Seco



En la Figura 6.10 se observa la variación de concentración de arsénico comparados con los valores de la guía canadiense CEQG. Se resalta que los valores obtenidos de arsénico estuvieron en un rango de 10,6 mg/kg a 16,4 mg/kg sin mayor predominancia a nivel temporal o espacial. Dicho comportamiento fue similar para los demás parámetros.

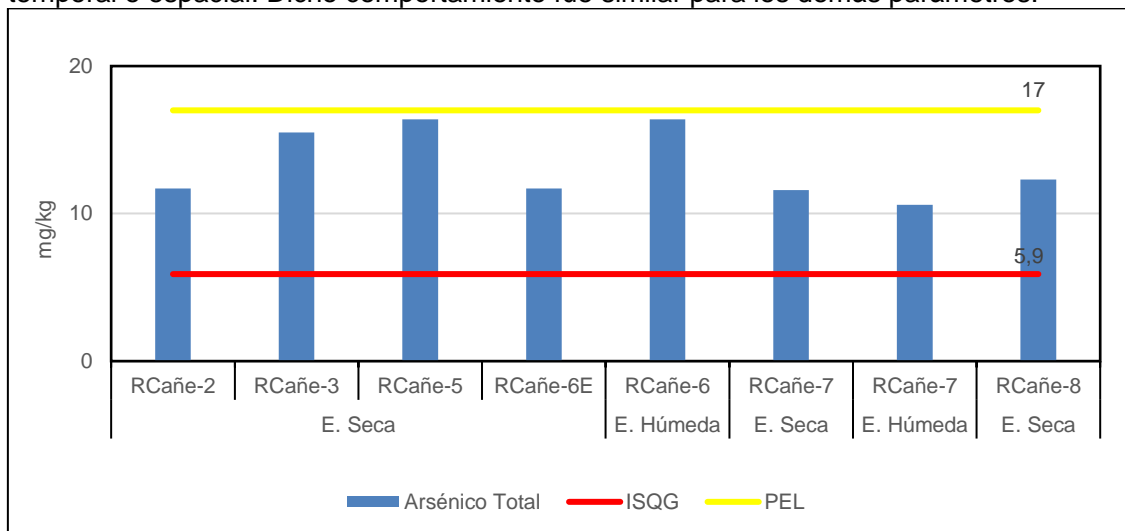


Figura 6.10. Variación de la concentración de arsénico en sedimentos del río Cañete evaluados en época seca y época húmeda del 2021

### C. Materia orgánica

Los sedimentos del río Cañete, en todos los puntos muestreados en época seca y húmeda en el río Cañete presentaron valores de materia orgánica menores al límite de cuantificación del laboratorio.

### D. Análisis granulométrico

El río Cañete presentó baja cantidad de sedimentos, las muestras de sedimento obtenidas mostraron predominancia en arenas y una menor proporción en grava y finos (limos y arcillas). tal como se muestra en la Figura 6.11.

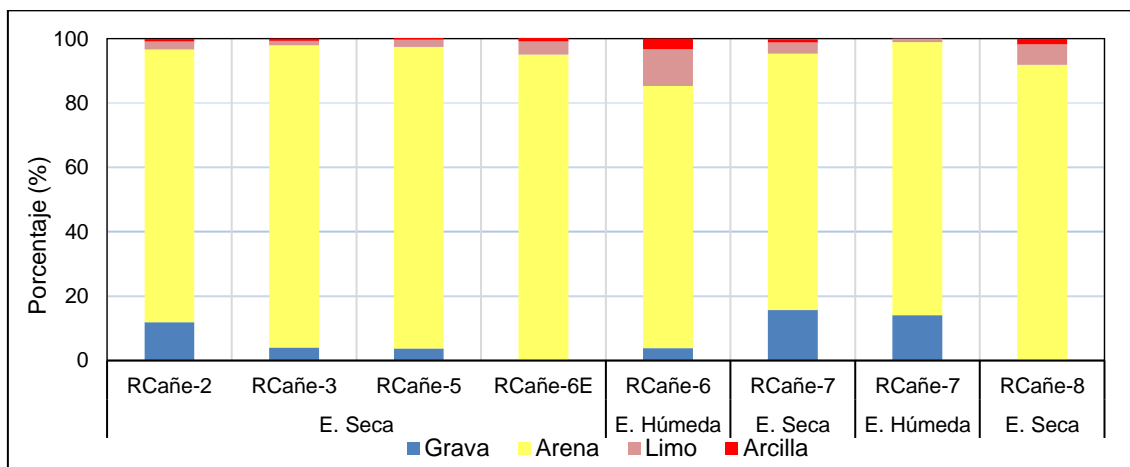


Figura 6.11. Concentración en porcentaje de grava, arena y finos en sedimentos del río Cañete evaluados en época seca y época húmeda del 2021



A partir de los resultados obtenidos se generó las curvas granulométricas que se observan en la Figura 6.12. Se aprecia que en los puntos de muestreo los sedimentos presentan semejanzas en su granulometría. Adicionalmente se observa que las muestras obtenidas en época húmeda y seca presentan similitud en su granulometría.

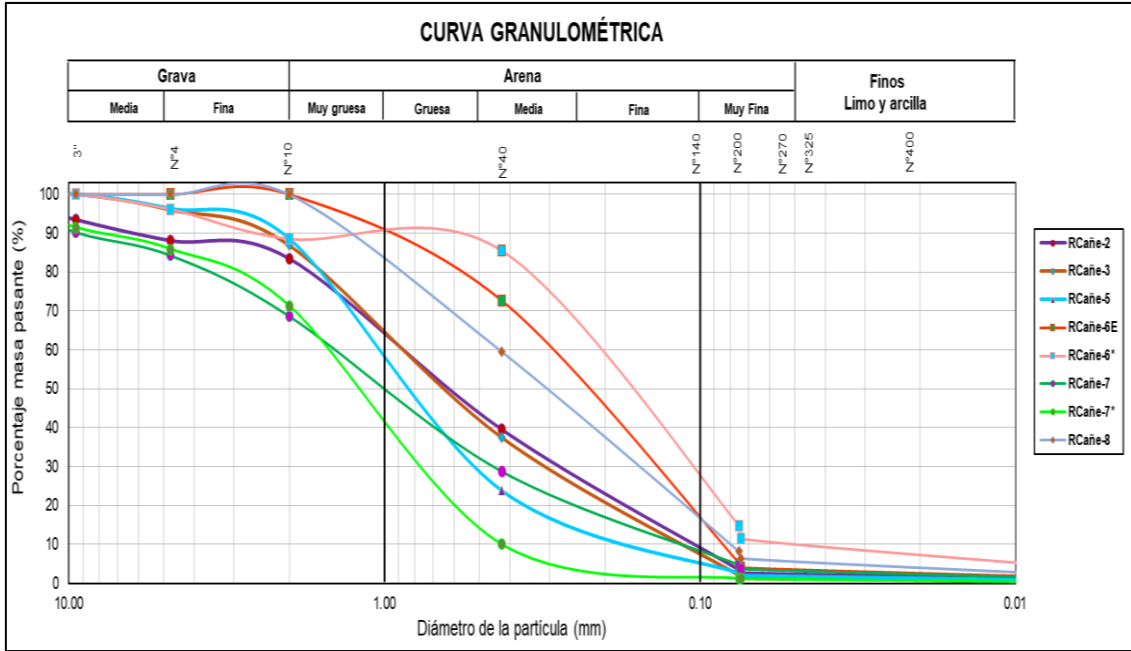


Figura 6.12. Curva granulométrica sedimentos del río Cañete

Nota: (\*) las muestras que presentan este símbolo fueron obtenidas en época húmeda a diferencia de las demás que fueron en época seca.

### 6.1.4. Comunidades hidrobiológicas

Se evaluaron 11 puntos de muestreo: 3 fueron evaluados a orillas de la laguna Paucarcocha (RCañe-1, LPau-1, LPau-2); 4 puntos en la parte alta del río Cañete (RCañe-2, RCañe-3, RCañe-4 y RCañe-5) y 4 puntos en la parte media del río Cañete (RCañe-6, RCañe-7, RCañe-8 y RCañe-9). Cabe indicar que los puntos de muestreo RCañe-6, RCañe-7, RCañe-8 y RCañe-9 fueron muestreados en ambas temporadas (abril y agosto, 2021). Para una mejor comprensión en la descripción de los resultados se les asignó a los códigos del punto de muestreo en las descripciones, Tablas y Figuras la terminación H (húmeda) y S (seca) en los casos de los puntos de muestreo evaluados en ambas temporadas.

#### 6.1.4.1. Evaluación visual de ambientes lóticos

Los puntajes de las características de la evaluación visual de ambientes lóticos (SVAP, por sus siglas del inglés *Stream Visual Assessment Protocol*) de cada punto de muestreo se encuentran en el Anexo 4 (RR-010-2021-STEC). En la Tabla 6.3 se presenta un resumen de dichos resultados.

La Figura 6.13. muestra la interacción entre las características evaluadas en un análisis de coordenadas principales a partir de las disimilaridades entre ellas basadas en distancia euclidiana. El análisis de coordenadas principales (Figura 6.13) mostró un porcentaje de variabilidad acumulado de 94,685 % para las dimensiones 1 y 2, mostrando una alta



variabilidad explicada por la cantidad de dimensiones escogidas. Se pueden distinguir 3 grupos según la zona de ubicación de las estaciones en la cuenca. La zona Alta conforma aquellas estaciones ubicadas en la parte alta de la cuenca del río Cañete (RCañe-2, RCañe-3, RCañe-4 y RCañe-5), las que se ubican en la parte negativa de la dimensión 1. La zona media II, ubicada en la parte positiva de la dimensión 1, conforma las estaciones RCañe-6 y RCañe-7. Finalmente, la zona media I fue separada principalmente de las restantes por la dimensión 2, estando esta formada por las estaciones RCañe-8 y RCañe-9.

Una revisión de la Tabla 6.3, nos permitió ver algunas de las características que formaron las diferencias entre las zonas. Las estaciones en la parte alta poseen una buena condición del canal y una mejor zona ribereña, a diferencia de las zonas media I y II cuyo puntaje de condición de canal y zona ribereña es más reducido, este último disminuido por la presencia de cultivos, cuya presencia es dominante en esa parte de la cuenca. Otra que causa de diferencias entre las estaciones de la zona media I y II es la barrera al movimiento de peces, representado por el embalse Capillucas en medio de las estaciones RCañe-6 y RCañe-7.

**Tabla 6.3.** Resumen de las características y evaluación visual de quebradas

Código	SVAP1	SVAP2	SVAP3	SVAP4	SVAP5	SVAP6	SVAP7	SVAP8	SVAP9	SVAP10
Descripción	Condición del canal	Alteración hidrológica	Zona ribereña	Estabilidad de la orilla	Apariencia del agua	Enriquecimiento de nutrientes	Barreras al movimiento de peces	Cobertura para peces	Hábitat de macroinvertebrados	Presencia de estiércol
RCañe-2	10	3	10	4	10	7	10	5	7	5
RCañe-3	10	3	10	10	10	7	10	5	7	5
RCañe-4	10	3	10	10	10	7	10	5	7	5
RCañe-5	10	3	10	10	10	7	10	5	7	5
RCañe-6	3	3	5	1	7	10	1	5	7	10
RCañe-7	3	3	5	3	7	10	1	5	7	10
RCañe-8	7	3	5	7	7	10	10	5	7	10
RCañe-9	7	3	5	7	7	10	10	5	7	10

SVAP: "Stream Visual Assessment Protocol"

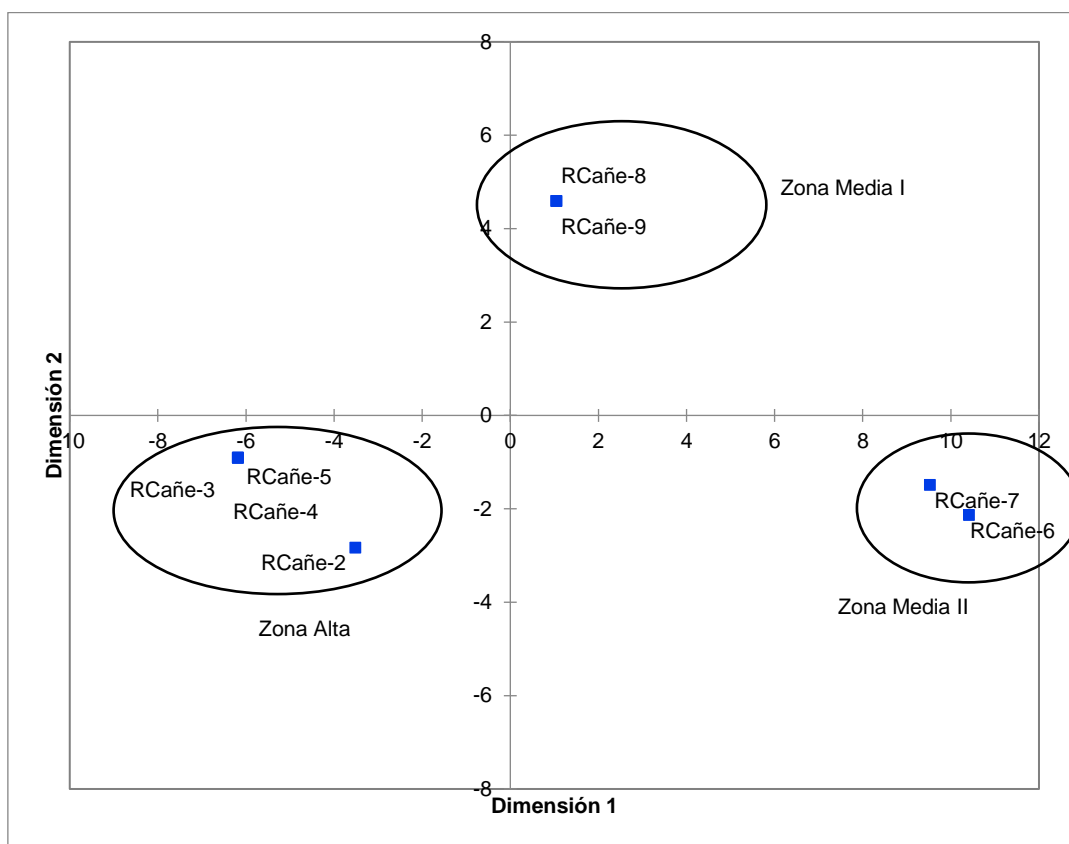


Figura 6.13. Análisis de coordenadas principales de las comunidades hidrobiológicas del río Cañete.

### 6.1.4.2. Perifiton

Esta comunidad está conformada por una parte vegetal (microalgas) y una parte animal (microorganismos). Para el análisis de esta comunidad se consideró solo a las microalgas, debido a la baja diversidad de los microorganismos. En el Anexo 4, se detalla el registro completo de las especies del perifiton.

#### A. Composición comunitaria

La composición taxonómica de la comunidad de microalgas del perifiton comprendió a 80 especies, de las cuales la mayor composición porcentual fue registrada por el phylum Bacillariophyta con el 65 %, seguida de Chlorophyta con el 16,3 % y Cyanobacteria con el 11,3 %. El menor número de especies correspondió a los phylla Charophyta y Euglenozoa con el 6,3 % y 1,3 %, respectivamente.

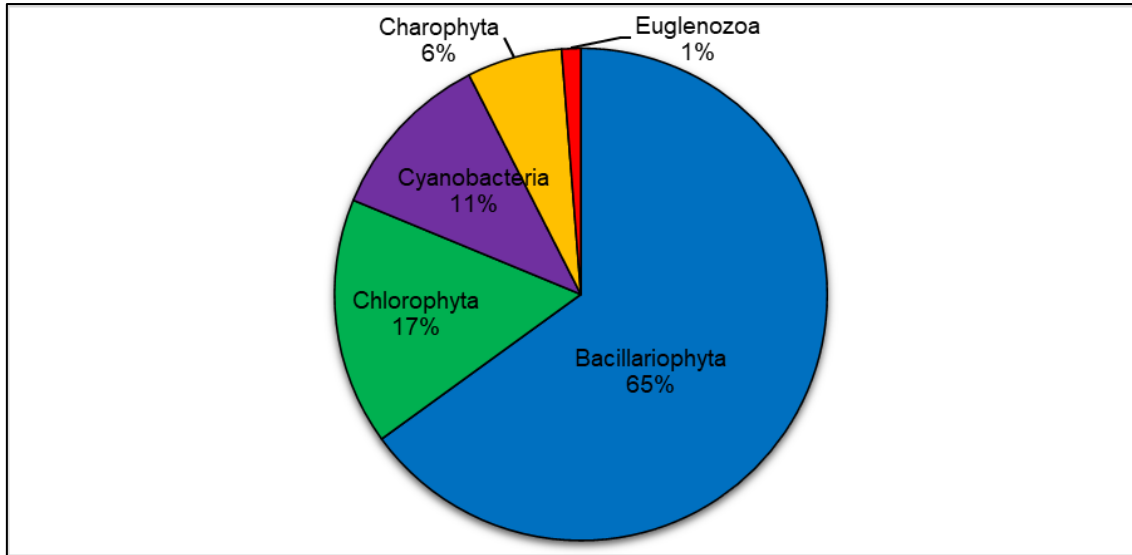
La composición comunitaria total para la comunidad de microalgas del perifiton se encuentra en la Tabla 6.4 y Figura 6.14

Tabla 6.4. Composición comunitaria total de microalgas del perifiton en el río Cañete y laguna Paucarcocha

Phyllum	Morfoespecies	% Morfoespecies
Bacillariophyta	52	65,0
Chlorophyta	13	16,3



Phyllum	Morfoespecies	% Morfoespecies
Cyanobacteria	9	11,3
Charophyta	5	6,3
Euglenozoa	1	1,3
Total	80	100,0



**Figura 6.14.** Distribución porcentual de la composición de especies por phylum en el río Cañete y laguna Paucarcocha.

### B. Riqueza

La riqueza, en general, fue mayor en los puntos de muestreo del río Cañete en comparación con los puntos ubicados en la laguna Paucarcocha, donde la riqueza fue de 7 (LPau-2) y 10 especies (LPau-1), con excepción del punto RCañe-1 donde se registró la mayor riqueza con 21 especies. En el caso del río Cañete, los puntos de muestreo con mayor riqueza fueron RCañe-5 con 20 especies, seguido de RCañe-2, RCañe-6-H y RCañe-8-H con 18 especies cada una. Los puntos de muestreo restantes oscilaron entre 8 (RCañe-9-S) y 17 especies (RCañe-7-H y RCañe-9-H) (Tabla 6.5).

En la laguna Paucarcocha, los phylla más frecuentes en los puntos de muestreo fueron Bacillariophyta, desde 70 % en LPau-1 hasta 86 % en RCañe-1 y LPau-2, y Chlorophyta, desde 10 % en LPau-1 y 14 % en LPau-2. Los puntos de muestreo ubicados en el río Cañete mostraron una mayor representación de especies de los phylla Bacillariophyta, desde 56 % en RCañe-2 hasta 100 % en RCañe-7-H, y Chlorophyta hasta 25 % en RCañe-9-S. Cyanobacteria osciló entre 5 % (RCañe-5) y 17 % (RCañe-2 y RCañe-3) de representación; mientras que, Euglenozoa solo fue registrado en RCañe-7-S con menos del 8 % de representación y Charophyta solo fue registrado en RCañe-2 y RCañe-8-H con menos del 6 % de representación. En la Tabla 6.4 y Figura 6.15 se muestran la riqueza de microalgas del perifiton.



**Tabla 6.5.** Riqueza de microalgas del perifiton en el río Cañete y laguna Paucarcocha

Phylla / Puntos	RCañe-1	LPau-1	LPau-2	RCañe-2	RCañe-3	RCañe-4	RCañe-5	RCañe-6-H	RCañe-6-S	RCañe-7-H	RCañe-7-S	RCañe-8-H	RCañe-8-S	RCañe-9-H	RCañe-9-S
S-Bacillariophyta	18	7	6	10	8	12	17	17	11	17	9	16	12	15	6
S-Chlorophyta	0	1	1	4	2	0	2	1	0	0	2	1	3	2	2
S-Cyanobacteria	1	1	0	3	2	2	1	0	2	0	1	0	0	0	0
S-Charophyta	2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
S-Euglenozoa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<b>S-Total</b>	<b>21</b>	<b>10</b>	<b>7</b>	<b>18</b>	<b>12</b>	<b>14</b>	<b>20</b>	<b>18</b>	<b>13</b>	<b>17</b>	<b>13</b>	<b>18</b>	<b>15</b>	<b>17</b>	<b>8</b>
%S-Bacillariophyta	85,7	70,0	85,7	55,6	66,7	85,7	85,0	94,4	84,6	100,0	69,2	88,9	80,0	88,2	75,0
%S-Chlorophyta	0,0	10,0	14,3	22,2	16,7	0,0	10,0	5,6	0,0	0,0	15,4	5,6	20,0	11,8	25,0
%S-Cyanobacteria	4,8	10,0	0,0	16,7	16,7	14,3	5,0	0,0	15,4	0,0	7,7	0,0	0,0	0,0	0,0
%S-Charophyta	9,5	10,0	0,0	5,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,6	0,0	0,0	0,0
%S-Euglenozoa	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,7	0,0	0,0	0,0	0,0



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
«Año del Bicentenario del Perú: 200 años de independencia»

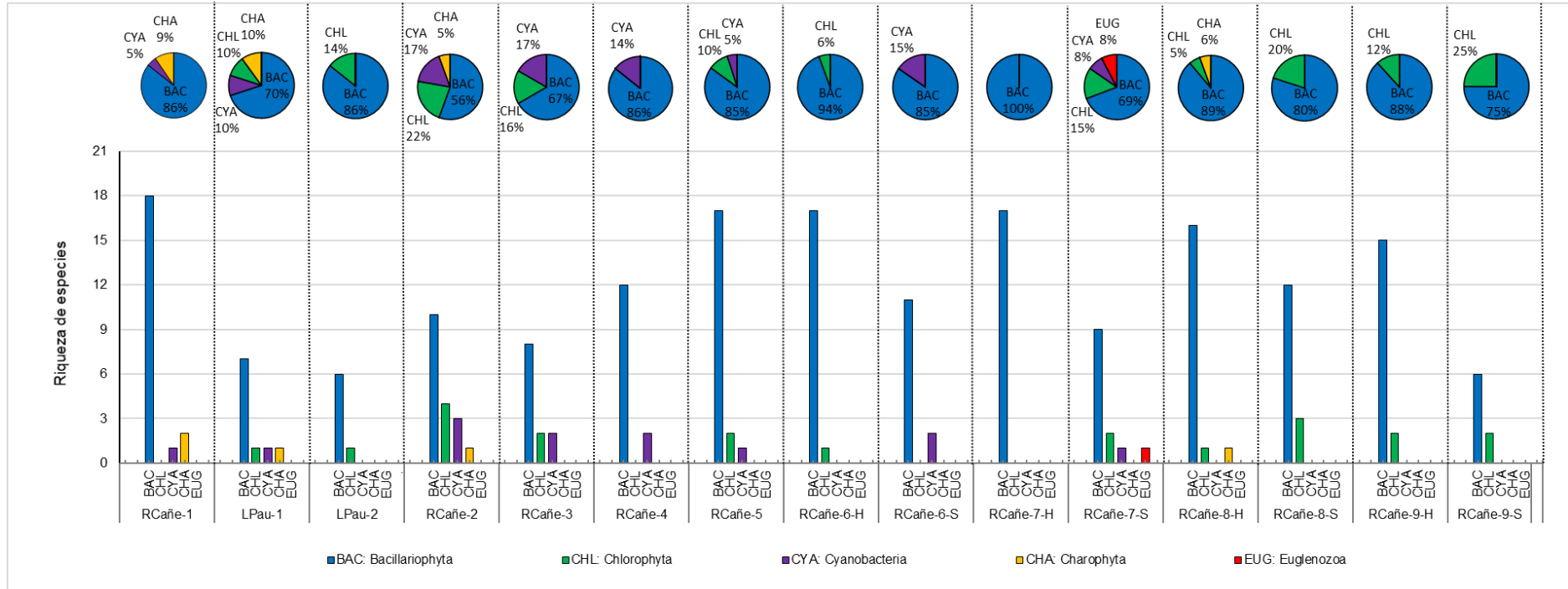


Figura 6.15. Composición de riqueza de microalgas del perifiton en el río Cañete y laguna Paucarcocha.



### C. Abundancia

La abundancia fue mayor en los puntos de muestreo del río Cañete en comparación con los puntos ubicados en la laguna Paucarcocha, donde la abundancia estuvo entre 2408 (LPau-1) y 14931 organismos (RCañe-1). En el caso del río Cañete, los puntos de muestreo con mayor abundancia fueron RCañe-2, RCañe-3, RCañe-7-S y RCañe-9-S con 157626, 116547, 113528 y 110800 organismos, respectivamente. Los puntos de muestreo restantes registraron abundancias que oscilaron entre 11412 (RCañe-8-H) y hasta 97493 organismos (RCañe-5) (Tabla 6.6).

En la laguna Paucarcocha, el phylum más abundante en los puntos de muestreo fue Bacillariophyta con el 89,7 % (LPau-1) y 99,4 % (LPau-2). Los puntos de muestreo ubicados en el río Cañete; mostraron una mayor representación de organismos del phylum Bacillariophyta desde 94,7 % en RCañe-2 hasta 100 % en RCañe-7-H. Cyanobacteria tuvo una representación que osciló entre 0,2 % en RCañe-5 y 4,7 % en RCañe-2. Chlorophyta osciló entre 0,1 % en RCañe-8-H y 1,4 % en RCañe-7-S. Charophyta osciló entre 0,001 % en RCañe-2 y 1,1 % en RCañe-8-H. Finalmente, Euglenozoa solo estuvo representado en RCañe-7-S con 0,2 %. En la Tabla 6.6 y Figura 6.16 se muestra la abundancia de microalgas del perifiton.

**Tabla 6.6.** Abundancia por phylum de microalgas del perifiton en el río Cañete y laguna Paucarcocha

Phylla / Puntos	RCañe-1	LPau-1	LPau-2	RCañe-2	RCañe-3	RCañe-4	RCañe-5	RCañe-6-H	RCañe-6-S	RCañe-7-H	RCañe-7-S	RCañe-8-H	RCañe-8-S	RCañe-9-H	RCañe-9-S
N-Bacillariophyta	14532	2160	11200	149201	113734	86267	97066	36840	13759	14880	110480	11280	55666	20400	110134
N-Chlorophyta	0	80	67	1079	680	0	214	120	0	0	1608	12	700	48	666
N-Cyanobacteria	133	160	0	7333	2133	2000	213	0	214	0	1200	0	0	0	0
N-Charophyta	266	8	0	13	0	0	0	0	0	0	0	120	0	0	0
N-Euglenozoa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	240	0	0	0	0
<b>N-Total</b>	<b>14931</b>	<b>2408</b>	<b>11267</b>	<b>157626</b>	<b>116547</b>	<b>88267</b>	<b>97493</b>	<b>36960</b>	<b>13973</b>	<b>14880</b>	<b>113528</b>	<b>11412</b>	<b>56366</b>	<b>20448</b>	<b>110800</b>
%N-Bacillariophyta	97,3	89,7	99,4	94,7	97,6	97,7	99,6	99,7	98,5	100,0	97,3	98,8	98,8	99,8	99,4
%N-Chlorophyta	0,0	3,3	0,6	0,7	0,6	0,0	0,2	0,3	0,0	0,0	1,4	0,1	1,2	0,2	0,6
%N-Cyanobacteria	0,9	6,6	0,0	4,7	1,8	2,3	0,2	0,0	1,5	0,0	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0
%N-Charophyta	1,8	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	0,0	0,0	0,0
%N-Euglenozoa	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
«Año del Bicentenario del Perú: 200 años de independencia»

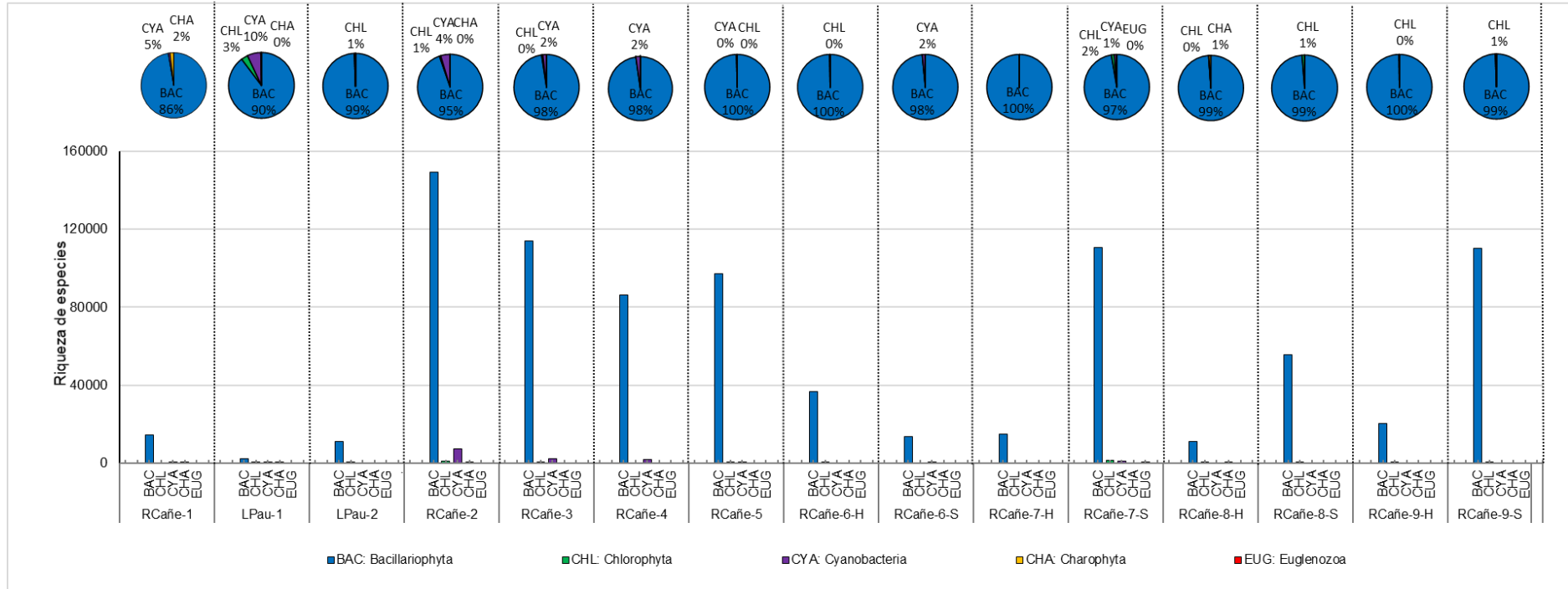


Figura 6.16. Abundancia por taxon de microalgas del perifiton en el río Cañete y laguna Paucarcocha.



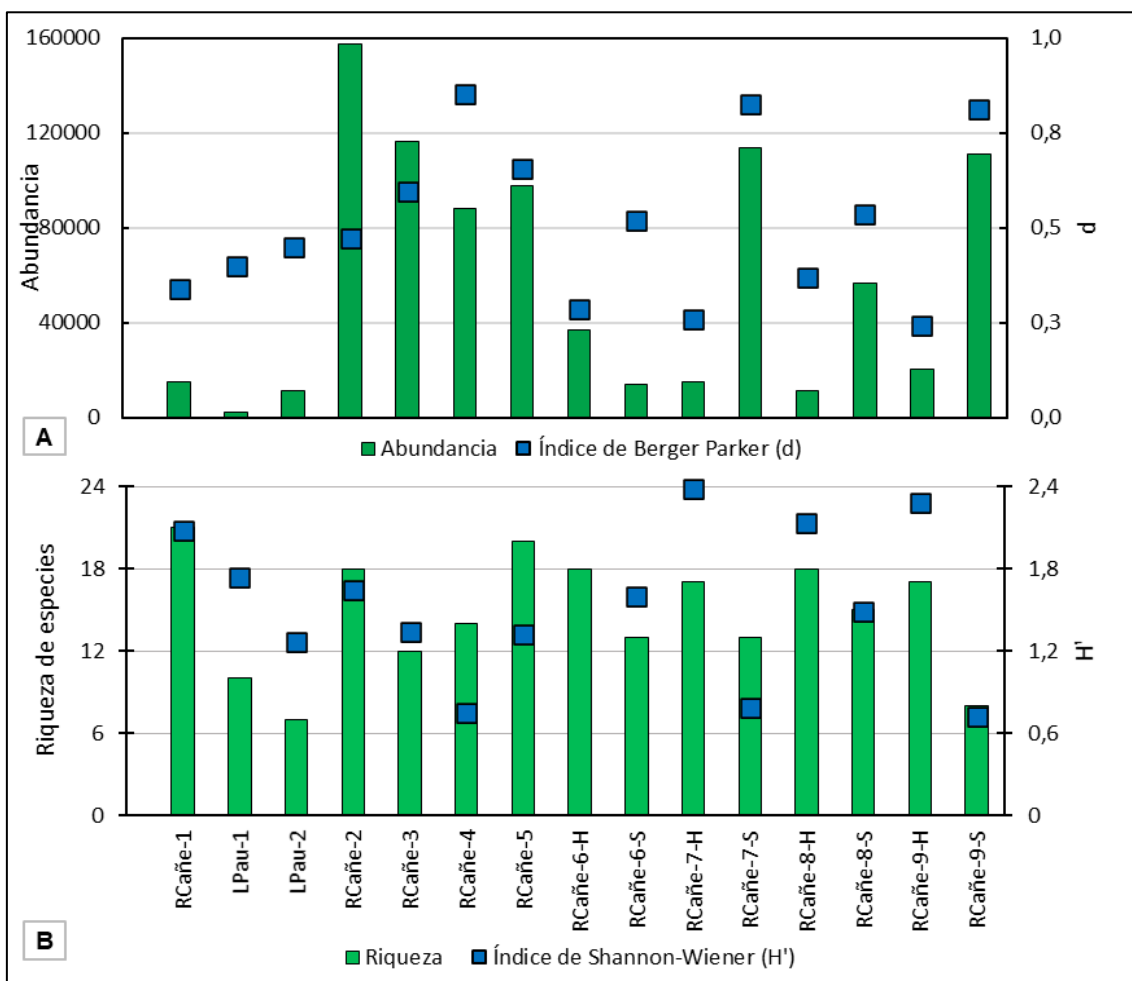
#### D. Índice de diversidad

Los puntos de muestreo con los mayores valores de dominancia según el índice Berger Parker (d) se registraron en el río Cañete, como RCañe-4 con 0,854 unidades, seguido de RCañe-7-S con 0,825 unidades y RCañe-9-S con 0,811 unidades. Los valores de dominancia en la laguna Paucarcocha oscilaron entre 0,339 unidades (RCañe-1) y 0,450 unidades (LPau-2). Los puntos restantes oscilaron entre 0,241 unidades (RCañe-9-H) y 0,655 (RCañe-5) (Tabla 6.7 y Figura 6.17).

Los puntos de muestreo más diversos según el índice de Shannon-Wiener (H') se registraron en el río Cañete, como RCañe-6-H con 2,441 nits/organismo, seguido de RCañe-7-H con 2,384 nits/organismo, RCañe-9-H con 2,283 nits/organismo y RCañe-8-H con 2,131 nits/organismo; mientras que el punto de muestreo más diverso en la laguna Paucarcocha fue RCañe-1 con 2,082 nits/organismo. Los puntos del río Cañete restantes oscilaron entre 0,718 nits/organismo (RCañe-9-S) y 1,640 nits/organismo (RCañe-2) (Tabla 6.7 y Figura 6.17).

**Tabla 6.7.** Índices de diversidad para microalgas del perifiton en el río Cañete y laguna Paucarcocha

Índices de diversidad	Índice de Berger Parker (d)	Índice de Shannon-Wiener (H')
RCañe-1	0,339	2,082
LPau-1	0,399	1,739
LPau-2	0,450	1,268
RCañe-2	0,471	1,640
RCañe-3	0,595	1,335
RCañe-4	0,854	0,749
RCañe-5	0,655	1,319
RCañe-6-H	0,286	2,441
RCañe-6-S	0,519	1,595
RCañe-7-H	0,258	2,384
RCañe-7-S	0,825	0,785
RCañe-8-H	0,368	2,131
RCañe-8-S	0,535	1,486
RCañe-9-H	0,241	2,283
RCañe-9-S	0,811	0,718



**Figura 6.17.** Índices de diversidad para microalgas del perifiton en el río Cañete y laguna Paucarcocha

Nota: Límites Superiores e Inferiores para H' y d obtenidos mediante *bootstrapping*

### E. Multivariado

La construcción de las 2 dimensiones del escalamiento multidimensional no métrico (Figura 6.18) basado en el índice de similitud de Bray-Cutis entre los puntos de muestreo (Tabla 6.8) permitió visualizar la relación de la estructura comunitaria de las microalgas del perifiton por puntos de muestreo. Se observaron 3 grupos claramente definidos, el Grupo 1 formado por RCañe-1, LPau-1 y LPau-2, el Grupo 2 formado por RCañe-2, RCañe-3, RCañe-4 y RCañe-5 y el Grupo 3 formado por RCañe-6-H, RCañe-7-H, RCañe-7-S, RCañe-8-H, RCañe-8-S, RCañe-9-H y RCañe-9-S. El punto de muestreo RCañe-6-S se encuentra disperso en el EMNM, sin formar un grupo debido a su distancia de separación. Es importante mencionar que, se pudo observar la separación entre los puntos de muestreo ubicados en la laguna Paucarcocha (Grupo 1), los puntos ubicados aguas debajo de la presa Paucarcocha (Grupo 2) y los ubicados aguas abajo del embalse Capillucas (Grupo 3).



Tabla 6.8. Índice de similitud de Bray-Curtis para microalgas del perifiton del río Cañete y laguna Paucarcocha

Punto de muestreo	RCañe-1	LPau-1	LPau-2	RCañe-2	RCañe-3	RCañe-4	RCañe-5	RCañe-6-H	RCañe-6-S	RCañe-7-H	RCañe-7-S	RCañe-8-H	RCañe-8-S	RCañe-9-H	RCañe-9-S
RCañe-1	1,000														
LPau-1	0,383	1,000													
LPau-2	0,281	0,475	1,000												
RCañe-2	0,376	0,366	0,260	1,000											
RCañe-3	0,325	0,437	0,325	0,677	1,000										
RCañe-4	0,353	0,358	0,293	0,472	0,693	1,000									
RCañe-5	0,356	0,288	0,251	0,422	0,619	0,752	1,000								
RCañe-6-H	0,381	0,242	0,154	0,329	0,329	0,350	0,360	1,000							
RCañe-6-S	0,222	0,141	0,098	0,182	0,279	0,314	0,268	0,249	1,000						
RCañe-7-H	0,277	0,270	0,175	0,340	0,303	0,337	0,344	0,571	0,192	1,000					
RCañe-7-S	0,176	0,148	0,000	0,264	0,252	0,275	0,317	0,308	0,335	0,326	1,000				
RCañe-8-H	0,251	0,116	0,080	0,263	0,241	0,401	0,385	0,329	0,297	0,371	0,242	1,000			
RCañe-8-S	0,223	0,214	0,080	0,307	0,309	0,270	0,307	0,411	0,344	0,487	0,406	0,302	1,000		
RCañe-9-H	0,107	0,133	0,164	0,198	0,182	0,231	0,293	0,329	0,247	0,498	0,269	0,350	0,428	1,000	
RCañe-9-S	0,154	0,186	0,000	0,261	0,314	0,260	0,314	0,417	0,238	0,383	0,554	0,297	0,696	0,309	1,000

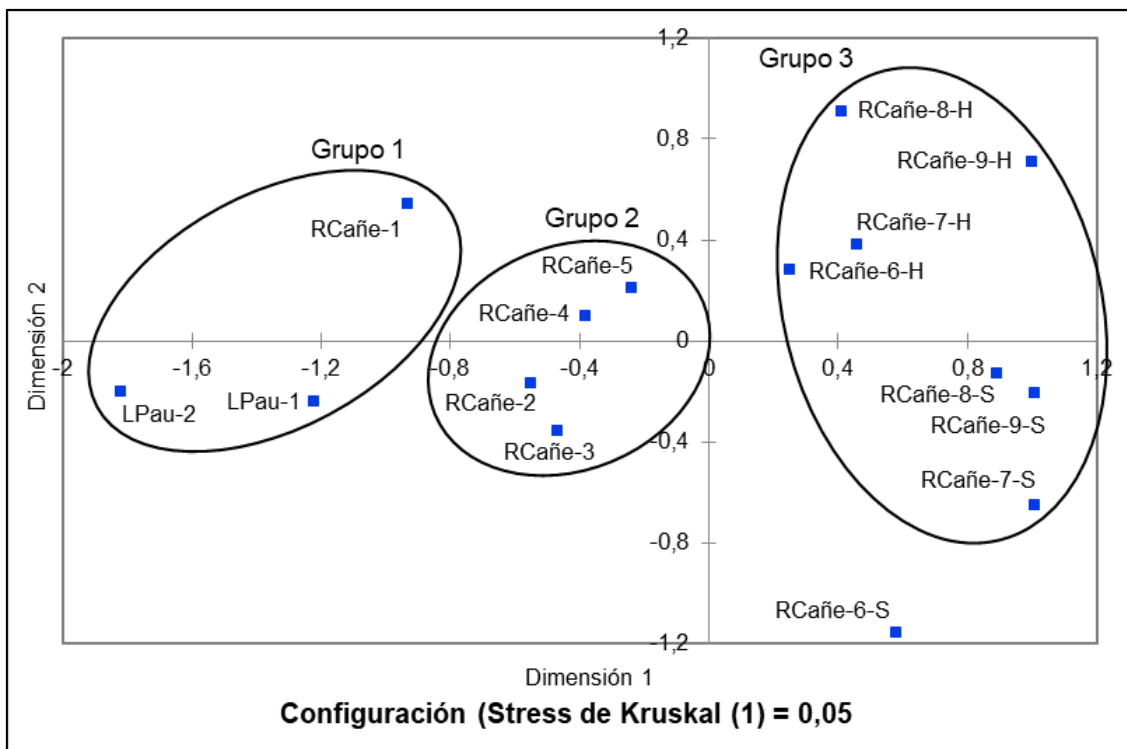


Figura 6.18. Escalamiento multidimensional no métrico para la comunidad de microalgas del perifiton del río Cañete y laguna Paucarcocha

La relación entre las variables ambientales y la comunidad de microalgas del perifiton se muestra mediante la correlación de Spearman entre las dimensiones del escalamiento multidimensional no métrico y las variables ambientales estandarizadas (Tabla 6.9).



**Tabla 6.9.** Valores y concentraciones de variables físicas y químicas en el agua superficial y sedimentos del río Cañete y laguna Paucarcocha

Código	VARIABLES	RCañete-1	LPau-1	LPau-2	RCañete-2	RCañete-3	RCañete-4	RCañete-5	RCañete-6H	RCañete-6S	RCañete-7H	RCañete-7S	RCañete-8H	RCañete-8S	RCañete-9H	RCañete-9S
pH	pH	6,5	6,6	6,5	6,6	6,7	6,3	6,7	6,7	6,8	6,3	6,4	6,9	6,9	6,9	7,1
CE	Conductividad eléctrica	3,6	3,1	3,9	3,4	3,6	3,8	4,0	7,4	7,5	6,9	6,9	11,6	11,7	11,4	11,1
T	Temperatura	5,9	6,1	6,2	5,5	5,0	4,8	5,0	6,9	8,7	8,4	9,2	6,2	6,5	7,5	8,1
OD	Oxígeno disuelto	5,1	5,3	5,3	6,0	5,8	6,0	5,9	7,4	7,2	7,3	7,1	7,3	7,5	8,2	8,8
STD	Sólitos totales disueltos	3,1	3,0	3,1	3,4	3,7	3,9	4,0	7,9	7,7	7,2	7,2	12,6	11,5	11,2	10,6
Bic	Bicarbonatos	3,4	3,9	4,1	4,5	4,7	5,1	4,8	9,0	8,8	7,7	7,5	10,7	10,3	7,2	8,2
Clo	Cloruros	5,1	0,5	0,5	0,4	0,5	0,5	1,0	3,6	3,6	8,1	8,2	9,6	9,6	24,4	24,4
Flu	Fluoruros	8,0	7,1	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	8,0	8,0	8,0	8,0	5,4	5,4	5,4	5,4
Sul	Sulfatos	2,6	2,4	2,4	2,4	2,6	2,6	3,0	8,7	8,5	6,7	6,7	15,2	15,0	10,6	10,6
AS-Sb	Antimonio total en agua	5,7	9,2	5,0	5,4	5,8	5,0	10,9	5,5	5,7	5,1	5,1	9,2	7,2	7,6	7,6
AS-As	Arsénico total en agua	3,0	3,2	3,4	3,9	4,0	3,7	4,2	9,4	9,2	7,9	8,1	12,8	12,7	7,0	7,4
AS-Ba	Bario total en agua	4,3	4,7	4,4	4,3	4,5	4,9	4,3	6,6	6,6	7,8	7,9	8,4	8,2	11,9	11,2
AS-B	Boro total en agua	2,9	3,4	2,7	2,4	2,8	2,4	3,5	7,3	7,4	12,1	13,2	5,5	6,4	13,5	14,3
AS-Ca	Calcio total en agua	2,9	3,1	3,5	3,6	4,0	4,2	4,4	8,2	8,0	6,6	6,6	12,0	12,4	10,7	9,8
AS-Cu	Cobre total en agua	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	17,0	17,0	9,2	10,5	10,5	9,2	5,2	7,8
AS-Sr	Estroncio total en agua	3,0	3,0	3,0	2,9	3,4	3,5	4,0	7,9	7,7	6,1	6,2	14,3	14,3	10,5	10,1
AS-Fe	Hierro total en agua	7,5	15,0	3,8	1,9	3,8	1,9	6,3	17,5	21,3	5,0	8,8	1,9	1,9	1,9	1,9
AS-Li	Litio total en agua	0,6	0,5	1,0	0,8	1,0	1,0	2,7	10,4	10,0	14,1	12,7	9,4	9,7	12,9	13,4
AS-Mg	Magnesio total en agua	2,5	2,7	2,6	2,5	2,8	3,0	2,8	7,1	7,0	6,1	6,0	15,3	15,3	12,4	12,0
AS-Mn	Manganeso total en agua	11,0	11,0	4,3	9,9	10,5	9,6	10,4	7,9	11,9	3,9	4,2	1,6	2,8	0,6	0,5
AS-Mo	Molibdeno total en agua	2,1	2,2	2,3	2,6	2,9	2,4	3,6	8,2	8,0	5,5	6,8	13,9	13,4	13,0	13,1
AS-K	Potasio total en agua	1,6	1,9	2,0	2,0	2,3	2,4	3,1	6,3	6,3	8,7	8,7	10,6	10,6	17,3	16,4
AS-Na	Sodio total en agua	1,5	1,5	1,5	1,4	1,5	1,5	2,0	4,9	4,9	8,4	8,7	10,8	10,8	20,6	19,7
AS-Zn	Zinc total en agua	7,0	9,9	7,0	1,4	7,0	7,0	8,5	15,5	9,9	14,1	7,0	1,4	1,4	1,4	1,4
SED-As	Arsénico total en sedimento	NR	NR	NR	11,0	14,6	NR	15,4	11,0	10,9	11,6	NR	15,4	10,0	NR	NR
SED-Cd	Cadmio total en sedimento	NR	NR	NR	9,3	8,9	NR	9,9	12,7	14,4	8,3	NR	23,9	12,6	NR	NR
SED-Cu	Cobre total en sedimento	NR	NR	NR	9,2	10,7	NR	13,7	10,7	13,0	13,7	NR	16,0	13,0	NR	NR
SED-Cr	Cromo total en sedimento	NR	NR	NR	13,8	18,1	NR	18,8	8,0	10,8	7,9	NR	13,8	8,8	NR	NR
SED-Pb	Plomo total en sedimento	NR	NR	NR	8,0	10,6	NR	10,1	13,0	15,5	8,7	NR	21,9	12,1	NR	NR



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
«Año del Bicentenario del Perú: 200 años de independencia»

Código	Variables	RCañe-1	LPau-1	LPau-2	RCañe-2	RCañe-3	RCañe-4	RCañe-5	RCañe-6-H	RCañe-6-S	RCañe-7-H	RCañe-7-S	RCañe-8-H	RCañe-8-S	RCañe-9-H	RCañe-9-S
SED-Zn	Zinc total en sedimento	NR	NR	NR	9,2	11,6	NR	9,0	13,7	13,7	10,5	NR	18,9	13,3	NR	NR

NR: No se registró.

Las correlaciones de Spearman entre las dimensiones del escalamiento multidimensional no métrico y las variables se muestran en la Tabla 6.10, donde se resaltó aquellas que superaron en valor absoluto un  $r$  de Spearman de 0,7. Las variables correlacionadas por encima de 0,7 con la Dimensión 1 fueron la conductividad eléctrica (CE), temperatura (T), oxígeno disuelto (OD), sólidos totales disueltos (STD), bicarbonatos (Bic), cloruros (Clo), sulfatos (Sul) y metales en agua superficial tales como arsénico, bario, boro, calcio, cobre, estroncio, litio, magnesio, molibdeno, potasio y sodio; mientras que, la dimensión 2 no presentó correlaciones por encima de 0,7 con las variables ambientales.

**Tabla 6.10.** Correlaciones de Spearman entre las variables ambientales y las dimensiones del escalamiento multidimensional no métrico para la comunidad de microalgas del perifiton

Variables	Dimensión 1	Dimensión 2
pH	0,461	0,071
CE	0,795	0,257
T	0,714	-0,184
OD	0,849	0,218
STD	0,820	0,300
Bic	0,744	0,150
Clo	0,829	0,321
Flu	-0,199	-0,236
Sul	0,815	0,337
AS-Sb	0,158	0,178
AS-As	0,736	0,104
AS-Ba	0,809	0,164
AS-B	0,869	0,025
AS-Ca	0,827	0,243
AS-Cu	0,706	0,006
AS-Sr	0,803	0,257
AS-Fe	-0,149	-0,345
AS-Li	0,880	0,123
AS-Mg	0,793	0,236
AS-Mn	-0,620	-0,396
AS-Mo	0,819	0,189
AS-K	0,910	0,222
AS-Na	0,884	0,250
AS-Zn	-0,249	-0,161
SED-As	-0,494	0,482
SED-Cd	0,381	0,119
SED-Cu	0,485	0,618
SED-Cr	-0,548	-0,238
SED-Pb	0,500	0,119
SED-Zn	0,491	0,180

Correlación de Spearman ( $r$ ) > 0.7



### 6.1.3.2. Macroinvertebrados bentónicos

#### A. Composición comunitaria

La composición taxonómica de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos comprendió a 53 morfoespecies, de las cuales la mayor composición porcentual fue registrada por el phylum Arthropoda con el 94 %. El menor número de morfoespecies correspondió a los phylla Annelida y Mollusca con el 4 % y 2 %, respectivamente. Dentro de Arthropoda, la clase Insecta fue el grupo taxonómico con mayor composición porcentual de morfoespecies con el 89 %, siendo el orden Diptera el de mayor representación con 24 morfoespecies (45 %), seguido por Ephemeroptera con 7 morfoespecies (13 %), Coleoptera con 6 morfoespecies (11 %) y Trichoptera con 6 morfoespecies (11 %). Los órdenes dentro de Insecta con menor representación de morfoespecies fueron Odonata, Plecoptera, Hemiptera y Megaloptera con una morfoespecie cada uno; es decir, el 2 % cada una.

La composición comunitaria total para la comunidad de macroinvertebrados bentónicos se encuentra en la Tabla 6.11 y Figura 6.19.

**Tabla 6.11.** Composición comunitaria total de macroinvertebrados bentónicos en el río Cañete y laguna Paucarcocha

Phyllum	Clase	Orden	Morfoespecies	% Morfoespecies	
Mollusca	Gastropoda	Basommatophora	1	2	
Annelida	Clitellata	-	2	4	
Arthropoda	Malacostraca	Amphipoda	1	2	
	Euchelicerata	Hydracarina	2	4	
	Insecta	Odonata		1	2
		Plecoptera		1	2
		Hemiptera		1	2
		Megaloptera		1	2
		Trichoptera		6	11
		Coleoptera		6	11
		Ephemeroptera		7	13
		Diptera		24	45
Total			53	100	

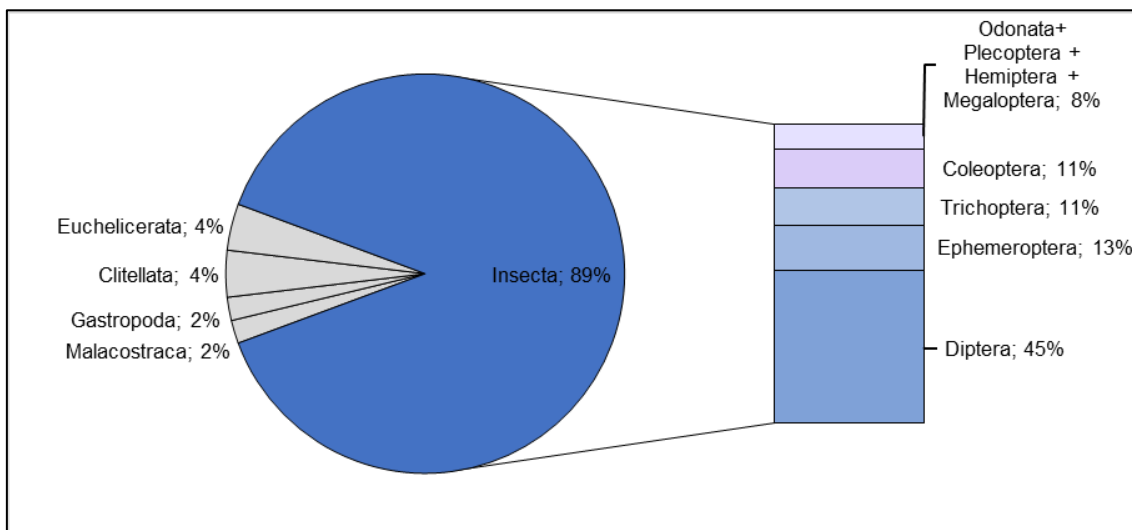


Figura 6.19. Distribución porcentual de la composición de especies por phylum

### B. Riqueza

La riqueza fue mayor en los puntos de muestreo del río Cañete en comparación con los puntos ubicados en la laguna Paucarcocha, donde la riqueza estuvo entre 2 (LPau-2) y 4 morfoespecies (LPau-1). En el caso del río Cañete, los puntos con mayor riqueza fueron RCañe-7-S y RCañe-7-H con 26 y 23 morfoespecies, respectivamente. Los puntos restantes oscilaron entre 5 (RCañe-6-S) y 16 morfoespecies (RCañe-6-H y RCañe-9-S) (Tabla 6.12).

En la laguna Paucarcocha, los taxa más frecuentes en los puntos de muestreo fueron Annelida+Gastropoda e Hydracarina+Malacostraca. Los puntos de muestreo ubicados en el río Cañete, en general, mostraron una mayor representación de morfoespecies de los órdenes Ephemeroptera+Plecoptera+Trichoptera desde 42 % en RCañe-9-H hasta 62 % en RCañe-6-H y del orden Díptera desde 39 % en RCañe-8-S hasta 59 % en RCañe-5. Coleoptera osciló entre 4 % (RCañe-7-S) y 25 % (RCañe-9-H) de representación; mientras que, los órdenes Odonata+Hemiptera+Megaloptera solo fueron registrados en los puntos RCañe-7-S, RCañe-9-H y RCañe-9-S, con menos del 12 % de representación. El grupo Hydracarina+Malacostraca tuvo una representación que osciló entre 4 % (RCañe-7-H) y 22 % (RCañe-3). Finalmente, el grupo Annelida+Gastropoda tuvo una representación que osciló entre 6 % (RCañe-6-H) y 20 % (RCañe-6-S). En la Tabla 6.12 y Figura 6.20 se muestran la riqueza de macroinvertebrados bentónicos.

Tabla 6.12. Riqueza de macroinvertebrados bentónicos en el río Cañete y laguna Paucarcocha

Órdenes / Puntos	RCañe-1	LPau-1	LPau-2	RCañe-2	RCañe-3	RCañe-4	RCañe-5	RCañe-6-H	RCañe-6-S	RCañe-7-H	RCañe-7-S	RCañe-8-H	RCañe-8-S	RCañe-9-H	RCañe-9-S
S-Ephemeroptera	0	0	0	0	0	0	0	6	3	6	6	6	2	4	2
S-Plecoptera	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0
S-Trichoptera	0	0	0	1	0	1	1	3	0	3	5	1	2	1	2
S-Odonata	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
S-Hemiptera	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
«Año del Bicentenario del Perú: 200 años de independencia»

Órdenes / Puntos	RCañe-1	LPau-1	LPau-2	RCañe-2	RCañe-3	RCañe-4	RCañe-5	RCañe-6-H	RCañe-6-S	RCañe-7-H	RCañe-7-S	RCañe-8-H	RCañe-8-S	RCañe-9-H	RCañe-9-S
S-Megaloptera	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1
S-Coleoptera	0	0	0	1	1	1	1	2	0	4	1	2	2	3	1
S-Diptera	1	1	0	4	5	6	7	3	1	8	10	3	5	2	7
S-Hydracarina	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0
S-Malacostraca	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
S-Annelida	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1
S-Gastropoda	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1
<b>S-Total</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>7</b>	<b>9</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>16</b>	<b>5</b>	<b>23</b>	<b>26</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>12</b>	<b>16</b>
%S-Ephemeroptera	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	37,5	60,0	26,1	23,1	50,0	15,4	33,3	12,5
%S-Plecoptera	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,3	0,0	4,3	3,8	0,0	0,0	0,0	0,0
%S-Trichoptera	0,0	0,0	0,0	14,3	0,0	9,1	8,3	18,8	0,0	13,0	19,2	8,3	15,4	8,3	12,5
%S-Odonata	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,3
%S-Hemiptera	0,0	25,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
%S-Megaloptera	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,8	0,0	0,0	8,3	6,3
%S-Coleoptera	0,0	0,0	0,0	14,3	11,1	9,1	8,3	12,5	0,0	17,4	3,8	16,7	15,4	25,0	6,3
%S-Diptera	33,3	25,0	0,0	57,1	55,6	54,5	58,3	18,8	20,0	34,8	38,5	25,0	38,5	16,7	43,8
%S-Hydracarina	0,0	0,0	0,0	0,0	11,1	9,1	8,3	0,0	0,0	4,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
%S-Malacostraca	33,3	25,0	50,0	0,0	11,1	9,1	8,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
%S-Annelida	33,3	25,0	50,0	14,3	11,1	9,1	8,3	6,3	20,0	0,0	3,8	0,0	7,7	8,3	6,3
%S-Gastropoda	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,8	0,0	7,7	0,0	6,3



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
«Año del Bicentenario del Perú: 200 años de independencia»

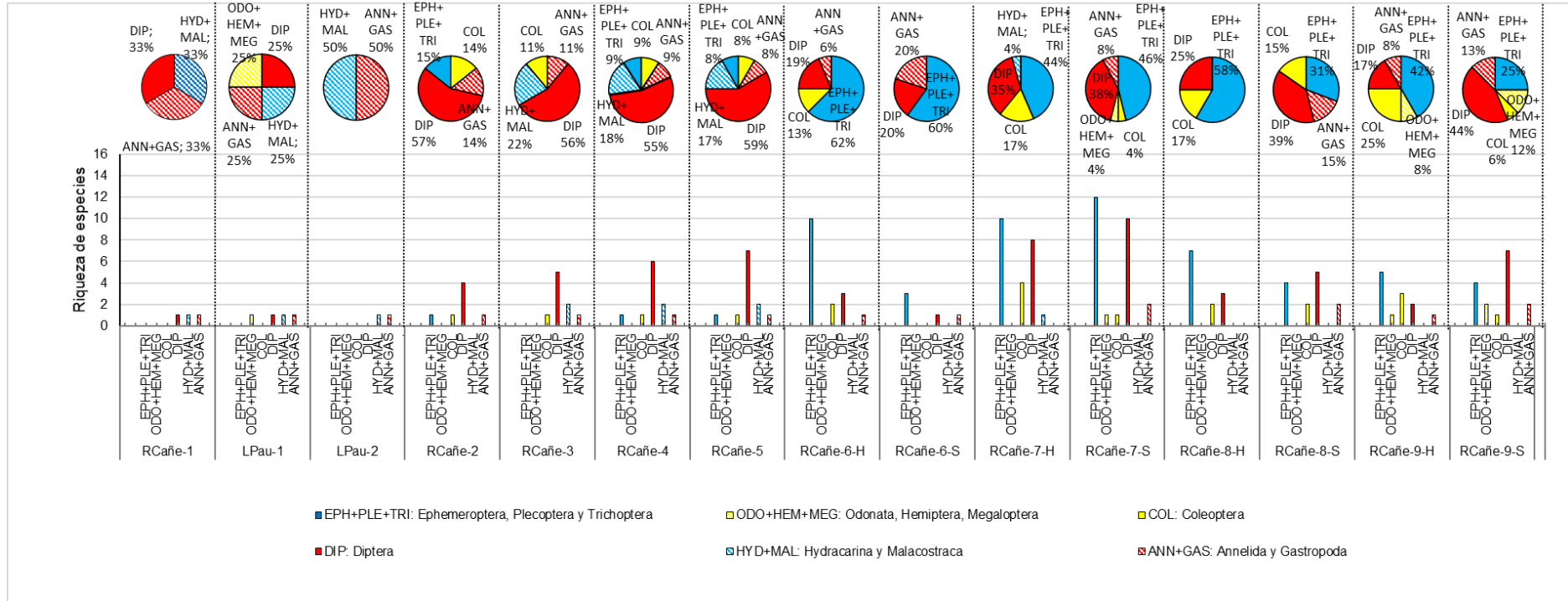


Figura 6.20. Composición de riqueza de macroinvertebrados bentónicos en el río Cañete y laguna Paucarcocha



### C. Abundancia

La abundancia fue mayor en los puntos de muestreo del río Cañete en comparación con los puntos ubicados en la laguna Paucarcocha, donde la abundancia estuvo entre 18 (LPau-2) y 71 individuos (LPau-1). En el caso del río Cañete, los puntos con mayor abundancia fueron RCañe-9-S, RCañe-8-S y RCañe-7-S con 4063, 3578 y 1590 individuos, respectivamente. Los puntos de muestreo restantes registraron abundancias que oscilaron entre 12 (RCañe-6-S) y más de 200 individuos (RCañe-4=217, RCañe-3=250, RCañe-6-H=261, RCañe-2=272, RCañe-8-H=272, RCañe-5=306, RCañe-9-H=314 y RCañe-7-H=344) (Tabla 6.13).

En la laguna Paucarcocha, el taxa más abundante en los puntos de muestreo fue Malacostraca con el 78,9 % (LPau-1) y 88,9 % (LPau-2). Los puntos de muestreo ubicados en el río Cañete; en general, mostraron una mayor representación de individuos de los órdenes Díptera desde 54 % en RCañe-3 hasta 87 % en RCañe-4 y Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera desde 46 % en RCañe-9-S hasta 81 % en RCañe-7-S. Coleoptera osciló entre 1 % (RCañe-2) y 76 % (RCañe-9-H) de representación; mientras que, los órdenes Odonata+Hemiptera+Megaloptera solo fueron registrados en los puntos de muestreo RCañe-7-S, RCañe-9-H y RCañe-9S, con menos del 1 % de representación. El grupo Hydracarina+Malacostraca tuvo una representación que osciló entre 0,3% (RCañe-7-H) y 2% (RCañe-5). Finalmente, los grupos Annelida+Gastropoda tuvo una representación que osciló entre 0,4% (RCañe-6-H) y 43% (RCañe-3). En la Tabla 6.13 y Figura 6.21 se muestra la abundancia de macroinvertebrados bentónicos.

**Tabla 6.13.** Abundancia por taxon de macroinvertebrados bentónicos en cada punto de muestreo

Órdenes / Puntos	RCañe-1	LPau-1	LPau-2	RCañe-2	RCañe-3	RCañe-4	RCañe-5	RCañe-6-H	RCañe-6-S	RCañe-7-H	RCañe-7-S	RCañe-8-H	RCañe-8-S	RCañe-9-H	RCañe-9-S
N-Ephemeroptera	0	0	0	0	0	0	0	154	7	245	1001	121	1656	62	1566
N-Plecoptera	0	0	0	0	0	0	0	8	0	5	26	0	0	0	0
N-Trichoptera	0	0	0	1	0	1	1	8	0	7	263	9	332	3	316
N-Odonata	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
N-Hemiptera	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N-Megaloptera	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	1	2
N-Coleoptera	0	0	0	2	4	2	18	19	0	7	45	125	1164	239	1044
N-Diptera	1	6	0	184	136	188	264	71	4	79	233	17	394	7	1109
N-Hydracarina	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0
N-Malacostraca	1	56	16	0	2	1	6	0	0	0	0	0	0	0	0
N-Annelida	64	8	2	85	107	24	16	1	1	0	12	0	20	2	18
N-Gastropoda	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	12	0	6
<b>N-TOTAL</b>	<b>66</b>	<b>71</b>	<b>18</b>	<b>272</b>	<b>250</b>	<b>217</b>	<b>306</b>	<b>261</b>	<b>12</b>	<b>344</b>	<b>1590</b>	<b>272</b>	<b>3578</b>	<b>314</b>	<b>4063</b>
%N-Ephemeroptera	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	59,0	58,3	71,2	63,0	44,5	46,3	19,7	38,5
%N-Plecoptera	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,1	0,0	1,5	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0
%N-Trichoptera	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,5	0,3	3,1	0,0	2,0	16,5	3,3	9,3	1,0	7,8
%N-Odonata	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
%N-Hemiptera	0,0	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
%N-Megaloptera	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,3	0,0
%N-Coleoptera	0,0	0,0	0,0	0,7	1,6	0,9	5,9	7,3	0,0	2,0	2,8	46,0	32,5	76,1	25,7
%N-Diptera	1,5	8,5	0,0	67,6	54,4	86,6	86,3	27,2	33,3	23,0	14,7	6,3	11,0	2,2	27,3





PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
«Año del Bicentenario del Perú: 200 años de independencia»

Órdenes / Puntos	RCañe-1	LPau-1	LPau-2	RCañe-2	RCañe-3	RCañe-4	RCañe-5	RCañe-6-H	RCañe-6-S	RCañe-7-H	RCañe-7-S	RCañe-8-H	RCañe-8-S	RCañe-9-H	RCañe-9-S
%N-Hydracarina	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,5	0,3	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
%N-Malacostraca	1,5	78,9	88,9	0,0	0,8	0,5	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
%N-Annelida	97,0	11,3	11,1	31,3	42,8	11,1	5,2	0,4	8,3	0,0	0,8	0,0	0,6	0,6	0,4
%N-Gastropoda	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,3	0,0	0,1



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
«Año del Bicentenario del Perú: 200 años de independencia»

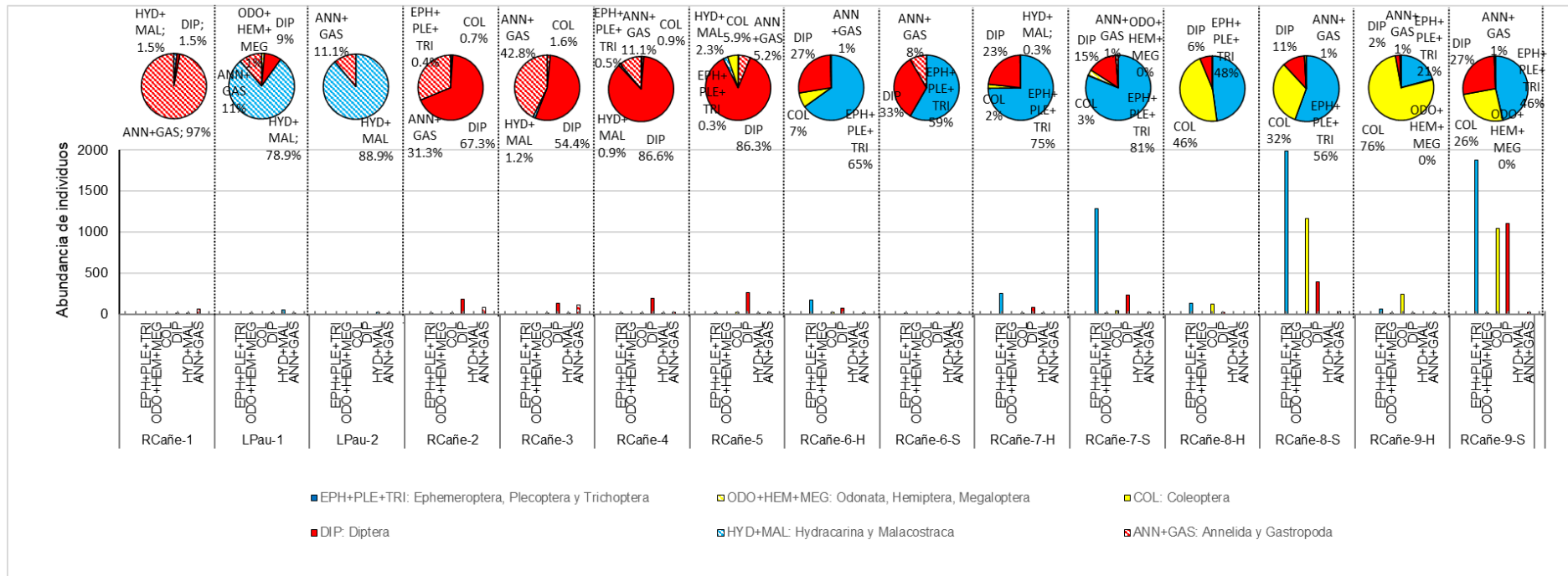


Figura 6.21. Abundancia por taxon de macroinvertebrados bentónicos en punto de muestreo en el río Cañete y laguna Paucarcocha



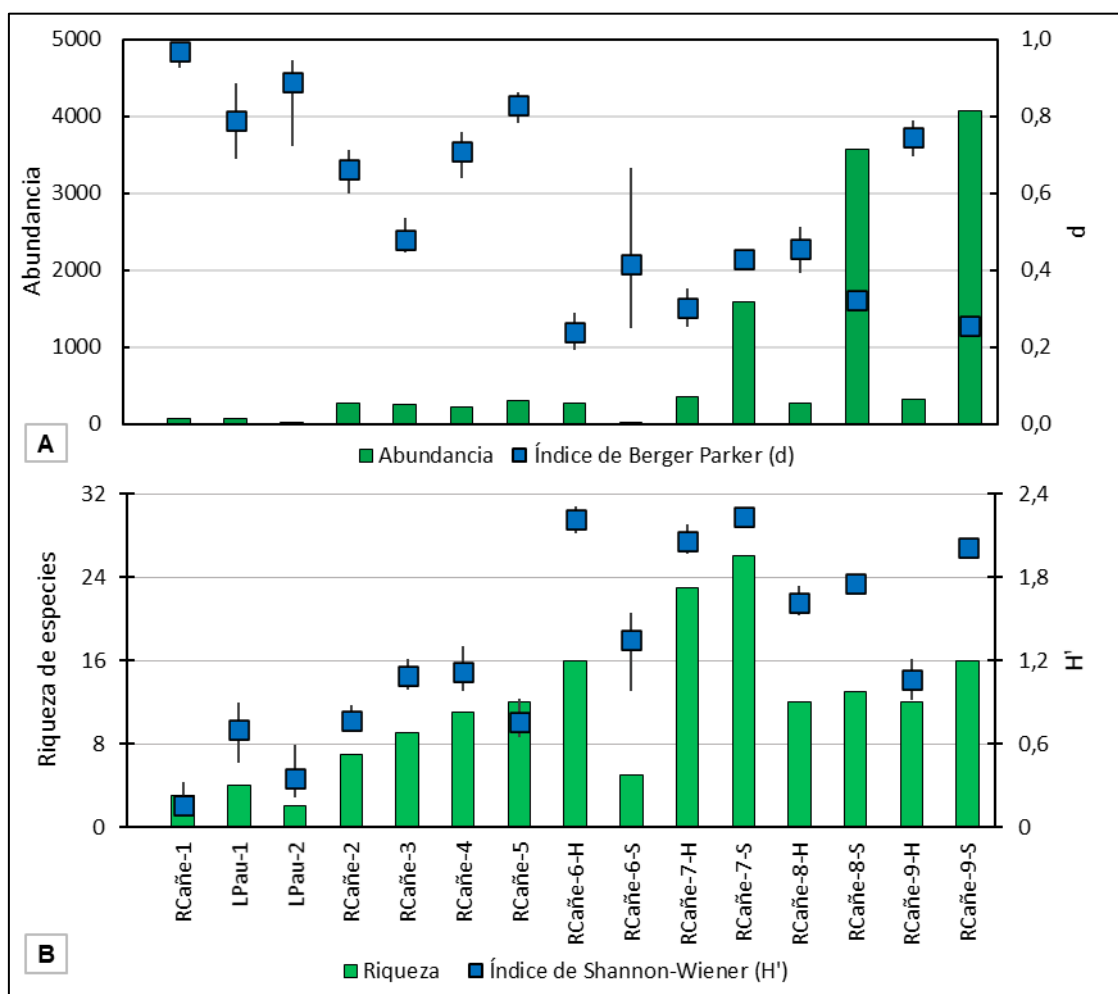
#### D. Índice de diversidad

Los puntos de muestreo con los mayores valores de dominancia según el índice Berger Parker (d) se registraron en la laguna Paucarcocha y oscilaron entre 0,789 y 0,970 unidades, que corresponden a los puntos LPau-1 y RCañe-1, respectivamente. En el río Cañete, los mayores valores de dominancia se registraron en los puntos de muestreo RCañe-5 con 0,830 unidades, RCañe-9-H con 0,745 unidades y RCañe-4 con 0,710 unidades. Los puntos de muestreo restantes oscilaron entre 0,238 (RCañe-6-H) y 0,662 (RCañe-2) (Tabla 6.14 y Figura 6.22).

Los puntos de muestreo más diversos según el índice de Shannon-Wiener (H') se registraron en el río Cañete, como RCañe-7-S con 2,234 nits/individuo, seguido de RCañe-6-H con 2,220 nits/individuo, RCañe-7-H con 2,056 nits/individuo y RCañe-9-S con 2,014 nits/individuo; mientras que, los puntos de muestreo menos diversos se registraron en la laguna Paucarcocha, LPau-2 con 0,349 nits/individuo y RCañe-1 con 0,157 nits/individuo. Los puntos restantes oscilaron entre 0,755 nits/individuo (RCañe-5) y 1,758 nits/individuo (RCañe-8-S) (Tabla 6.14 y Figura 6.22).

**Tabla 6.14.** Índices de diversidad para macroinvertebrados bentónicos en el río Cañete y laguna Paucarcocha

Índices de diversidad	Índice de Berger Parker (d)	Índice de Shannon-Wiener (H')
RCañe-1	0,970	0,157
LPau-1	0,789	0,702
LPau-2	0,889	0,349
RCañe-2	0,662	0,771
RCañe-3	0,480	1,091
RCañe-4	0,710	1,113
RCañe-5	0,830	0,755
RCañe-6-H	0,238	2,220
RCañe-6-S	0,417	1,352
RCañe-7-H	0,302	2,056
RCañe-7-S	0,428	2,234
RCañe-8-H	0,456	1,617
RCañe-8-S	0,323	1,758
RCañe-9-H	0,745	1,062
RCañe-9-S	0,257	2,014



**Figura 6.22.** Índices de diversidad para macroinvertebrados bentónicos en el río Cañete y laguna Paucarcocha

Nota: Límites Superiores e Inferiores para H' y d obtenidos mediante *bootstrapping*

### E. Multivariado

La construcción de las 2 dimensiones del escalamiento multidimensional no métrico (Figura 6.23) basado en el índice de similitud de Bray-Cutis entre los puntos de muestreo (Tabla 6.15) permitió visualizar la relación de la estructura comunitaria de los macroinvertebrados bentónicos por puntos de muestreo. Se observaron 3 grupos claramente definidos, el Grupo 1 formado por RCañe-1, LPau-1 y LPau-2, el Grupo 2 formado por RCañe-2, RCañe-3, RCañe-4 y RCañe-5 y el Grupo 3 formado por RCañe-6-H, RCañe-7-H, RCañe-7-S, RCañe-8-H, RCañe-8-S, RCañe-9-H y RCañe-9-S. El punto de muestreo RCañe-6-S se encuentra disperso en el EMNM, sin formar un grupo debido a su distancia de separación. Es importante mencionar que, se pudo observar la separación entre los puntos de muestreo ubicados en la laguna Paucarcocha (Grupo 1), los puntos ubicados aguas debajo de la presa Paucarcocha (Grupo 2) y los ubicados aguas abajo del embalse Capillucas (Grupo 3). Así mismo, el agrupamiento de la comunidad de los macroinvertebrados bentónicos fue similar al observado para la comunidad de microalgas del perifiton.



Tabla 6.15. Índice de similitud de Bray-Curtis para macroinvertebrados bentónicos en el río Cañete y laguna Paucarcocha

Punto de muestreo	RCañe-1	LPau-1	LPau-2	RCañe-2	RCañe-3	RCañe-4	RCañe-5	RCañe-6-H	RCañe-6-S	RCañe-7-H	RCañe-7-S	RCañe-8-H	RCañe-8-S	RCañe-9-H	RCañe-9-S
RCañe-1	1,000														
LPau-1	0,496	1,000													
LPau-2	0,378	0,614	1,000												
RCañe-2	0,499	0,363	0,123	1,000											
RCañe-3	0,459	0,381	0,195	0,788	1,000										
RCañe-4	0,351	0,327	0,145	0,684	0,771	1,000									
RCañe-5	0,328	0,420	0,253	0,618	0,569	0,552	1,000								
RCañe-6-H	0,066	0,116	0,034	0,263	0,273	0,246	0,268	1,000							
RCañe-6-S	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,118	1,000						
RCañe-7-H	0,031	0,080	0,000	0,252	0,249	0,223	0,266	0,762	0,110	1,000					
RCañe-7-S	0,015	0,042	0,000	0,125	0,145	0,175	0,139	0,491	0,122	0,479	1,000				
RCañe-8-H	0,044	0,112	0,000	0,229	0,228	0,196	0,248	0,713	0,191	0,584	0,426	1,000			
RCañe-8-S	0,000	0,000	0,000	0,069	0,099	0,088	0,110	0,271	0,150	0,194	0,479	0,327	1,000		
RCañe-9-H	0,119	0,182	0,077	0,251	0,247	0,213	0,267	0,646	0,165	0,490	0,356	0,785	0,310	1,000	
RCañe-9-S	0,019	0,051	0,000	0,159	0,147	0,179	0,206	0,305	0,087	0,244	0,467	0,324	0,751	0,321	1,000

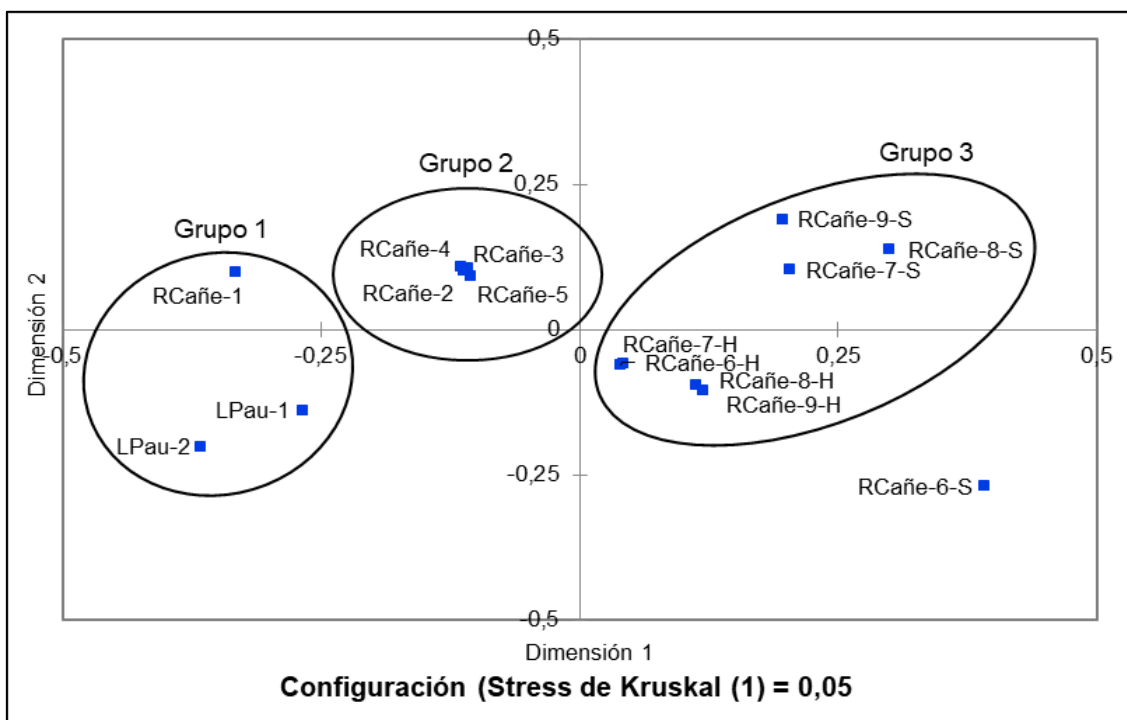


Figura 6.23. Escalamiento multidimensional no métrico para la comunidad de macroinvertebrados bentónicos del río Cañete y la laguna Paucarcocha

La relación entre las variables ambientales y la comunidad de macroinvertebrados bentónicos se muestra mediante la correlación de Spearman entre las dimensiones del



escalamiento multidimensional no métrico y las variables ambientales estandarizadas. Las variables ambientales usadas fueron las mismas consideradas para la comunidad de microalgas del perifiton (Tabla 6.16).

Las correlaciones de Spearman entre las dimensiones del escalamiento multidimensional no métrico y las variables se muestran en la Tabla 6.16, donde se resaltó aquellas que superaron en valor absoluto un  $r$  de Spearman de 0,7. Las variables correlacionadas por encima de 0,7 con la Dimensión 1 fueron la conductividad eléctrica (CE), oxígeno disuelto (OD), sólidos totales disueltos (STD), bicarbonatos (Bic), cloruros (Clo), sulfatos (Sul) y metales en agua superficial tales como arsénico, bario, boro, calcio, cobre, estroncio, litio, magnesio, molibdeno, potasio y sodio; mientras que, la Dimensión 2 no presentó correlaciones por encima de 0,7 con las variables ambientales.

**Tabla 6.16.** Correlaciones de Spearman entre las variables ambientales y las dimensiones del escalamiento multidimensional no métrico para la comunidad de macroinvertebrados bentónicos del río

Variables	Dimensión 1	Dimensión 2
pH	0,507	0,025
CE	0,826	0,000
T	0,695	-0,195
OD	0,804	0,218
STD	0,836	0,104
Bic	0,832	0,079
Clo	0,723	0,147
Flu	-0,152	-0,292
Sul	0,823	0,088
AS-Sb	0,190	-0,084
AS-As	0,832	0,032
AS-Ba	0,740	0,068
AS-B	0,776	-0,045
AS-Ca	0,854	0,114
AS-Cu	0,795	-0,162
AS-Sr	0,825	0,000
AS-Fe	-0,039	-0,508
AS-Li	0,776	0,082
AS-Mg	0,826	0,038
AS-Mn	-0,436	-0,296
AS-Mo	0,839	0,125
AS-K	0,842	0,149
AS-Na	0,811	0,040
AS-Zn	-0,160	-0,479
SED-As	-0,410	-0,205
SED-Cd	0,595	-0,571
SED-Cu	0,521	-0,424
SED-Cr	-0,405	0,119
SED-Pb	0,690	-0,643
SED-Zn	0,647	-0,599

Correlación de Spearman ( $r$ ) > 0.7



## 6.2. Objetivo específico 2: Determinar y comparar el caudal ecológico en el río Cañete para la sostenibilidad de las comunidades hidrobiológicas en el tramo de influencia ambiental directa de la C.H. El Platanal

Se establecieron 2 tramos de caudal ecológico en base a las diferencias geomorfológicas en la zona de caudal reducido: el primer tramo ubicado en el sector de San Juanito (Tramo I) y el segundo ubicado aguas abajo del embalse Capillucas, aguas arriba del puente Matica (Tramo II). Para el levantamiento de información de los parámetros de geomorfología fluvial, macroinvertebrados bentónicos, peces y camarones los tramos fueron divididos en secciones transversales. Cabe indicar que el Tramo II solo fue evaluado en el mes de agosto a diferencia del Tramo I evaluado en los meses de abril y agosto.

### 6.2.1. Geomorfología fluvial

#### A. Representatividad de los tramos de caudal ecológico

Las características de geomorfología fluvial posibles obtenidas a partir de un DEM Alos Palsar<sup>20</sup> fueron: relación de atrincheramiento, sinuosidad y pendiente. Los valores de la relación de atrincheramiento variaron entre 0,05 y 15,78, mientras que la sinuosidad varió entre 1,03 y 1,60; finalmente la pendiente osciló entre 0,611 % y 5,328 % (Tabla 6.17). La clasificación de las secciones formó 4 grupos en el dendograma, siendo el Grupo 1 aquel formado por las estaciones S13, S14, S15 y S18, el Grupo 2 formado por S3, S9, S12, el Grupo 3 formado por S4, S5, S6, S8 y S16, y el Grupo 4 formado por S1, S7, S11 y S17. Finalmente, un par de secciones (S2 y S10) tuvieron una mayor disimilitud que se alejaban de los grupos ya formados (Figura 6.24). El porcentaje de representación de cada grupo con respecto a todo el tramo de caudal ecológico fue 24,22 para el Grupo 1; 17,44 para el Grupo 2; 22,98 para el Grupo 3 y; 24,39 para el Grupo 4. Finalmente, se realizó la clasificación de cada transecto según el análisis de cluster del caudal (Figura 6.25).

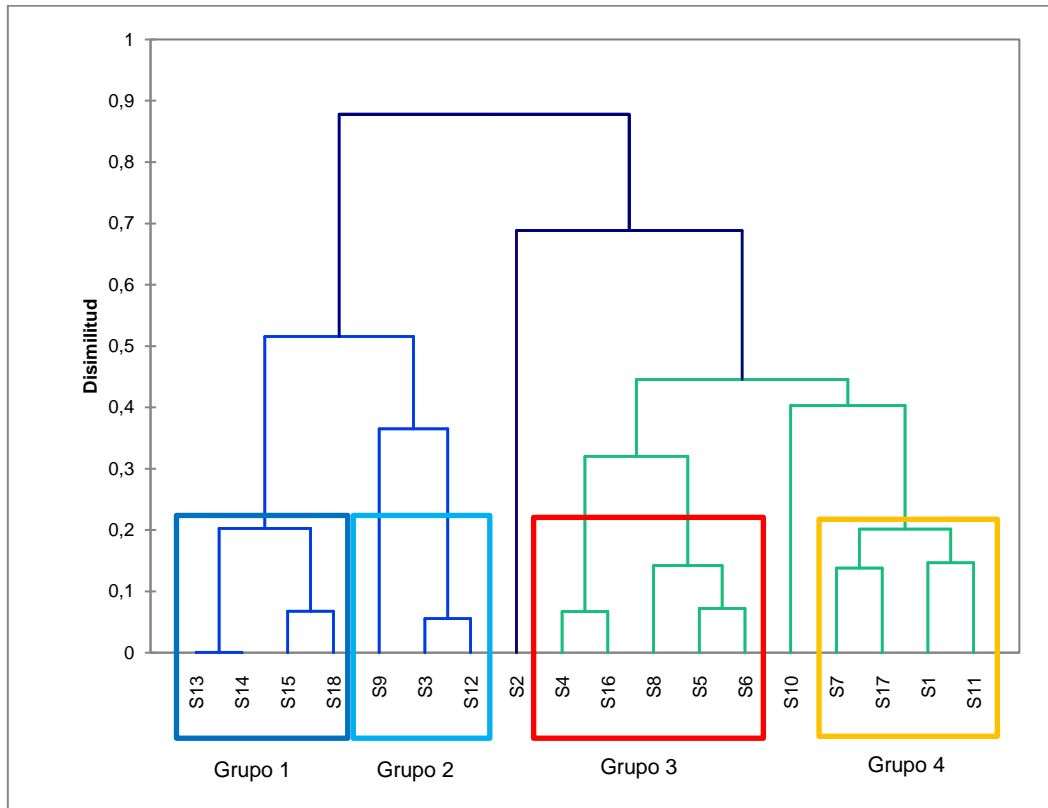
**Tabla 6.17.** Resumen de las características geomorfológicas

Estación	Relación de atrincheramiento	Sinuosidad	Pendiente (%)	Grupo	% Tramo
S1	9,85	1,07	0,611	4	5,99
S2	15,78	1,07	0,611	NG	5,99
S3	7,24	1,12	3,333	2	4,17
S4	2,46	1,08	0,273	3	3,69
S5	3,96	1,04	1,769	3	2,39
S6	4,34	1,14	1,943	3	6,21
S7	9,35	1,04	2,041	4	3,98
S8	2,12	1,17	1,862	3	6,84
S9	7,56	1,03	5,171	2	6,55
S10	6,83	1,60	1,400	NG	4,98
S11	8,33	1,05	1,198	4	5,44
S12	7,94	1,15	3,191	2	6,72
S13	0,10	1,10	4,105	1	8,34
S14	0,09	1,10	4,105	1	8,34
S15	0,59	1,11	5,025	1	3,42
S16	3,44	1,05	0,169	3	3,86
S17	10,93	1,03	1,536	4	8,98
S18	0,05	1,09	5,328	1	4,12

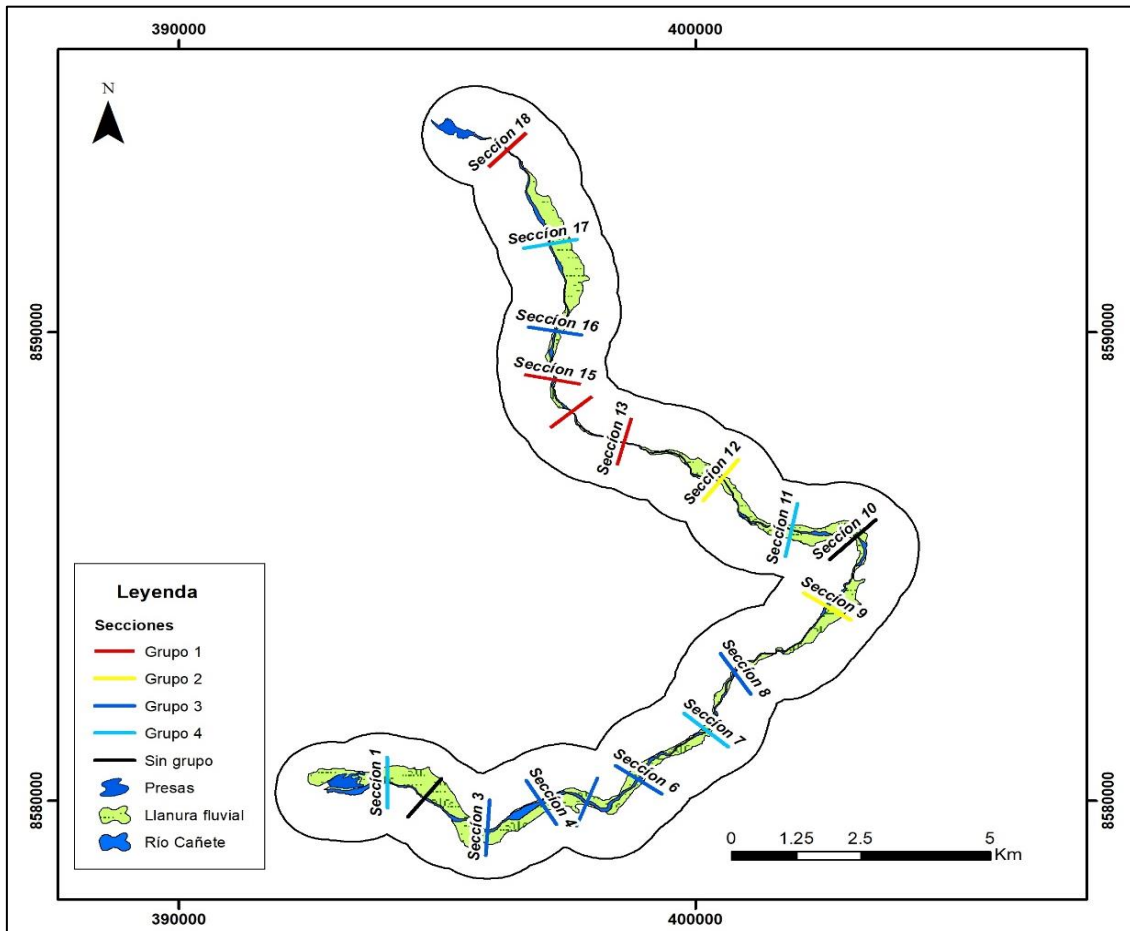
NG: Ningún grupo

<sup>20</sup> Disponible en <https://search.asf.alaska.edu/#/>, consultado el 20 de setiembre 2021.





**Figura 6.24.** Dendrograma mostrando los grupos con características geomorfológicas similares



**Figura 6.25.** Clasificación por grupos de las secciones en el tramo de caudal ecológico del río Cañete

### B. Tramo de caudal ecológico de San Juanito (Tramo I)

La Figura 6.26 muestra una vista aérea del tramo de caudal ecológico de San Juanito y la ubicación longitudinal de los transectos del 2 al 11, donde se muestra la variación de la distancia longitudinal y altitudinal entre los transectos 2 al 11.

En el tramo de caudal ecológico de San Juanito se representaron 2 hábitats: Subrápido conformado por los transectos del 2 al 10 (Figura 6.27) y Tabla conformado por el transecto 11 (Figura 6.28). La Figura 6.27 muestra la fotografía del hábitat Subrápido y el perfil de cada uno de los transectos que lo conforman; asimismo, como el tirante de agua observado durante la salida de campo del mes de agosto ( $Q=4,5 \text{ m}^3/\text{s}$ ). La Figura 6.28. muestra la fotografía del hábitat Tabla y el perfil de su transecto 11; asimismo, indica el tirante observable de agua durante la salida de campo de agosto, 2021 ( $Q=4,5 \text{ m}^3/\text{s}$ ).



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
«Año del Bicentenario del Perú: 200 años de independencia»

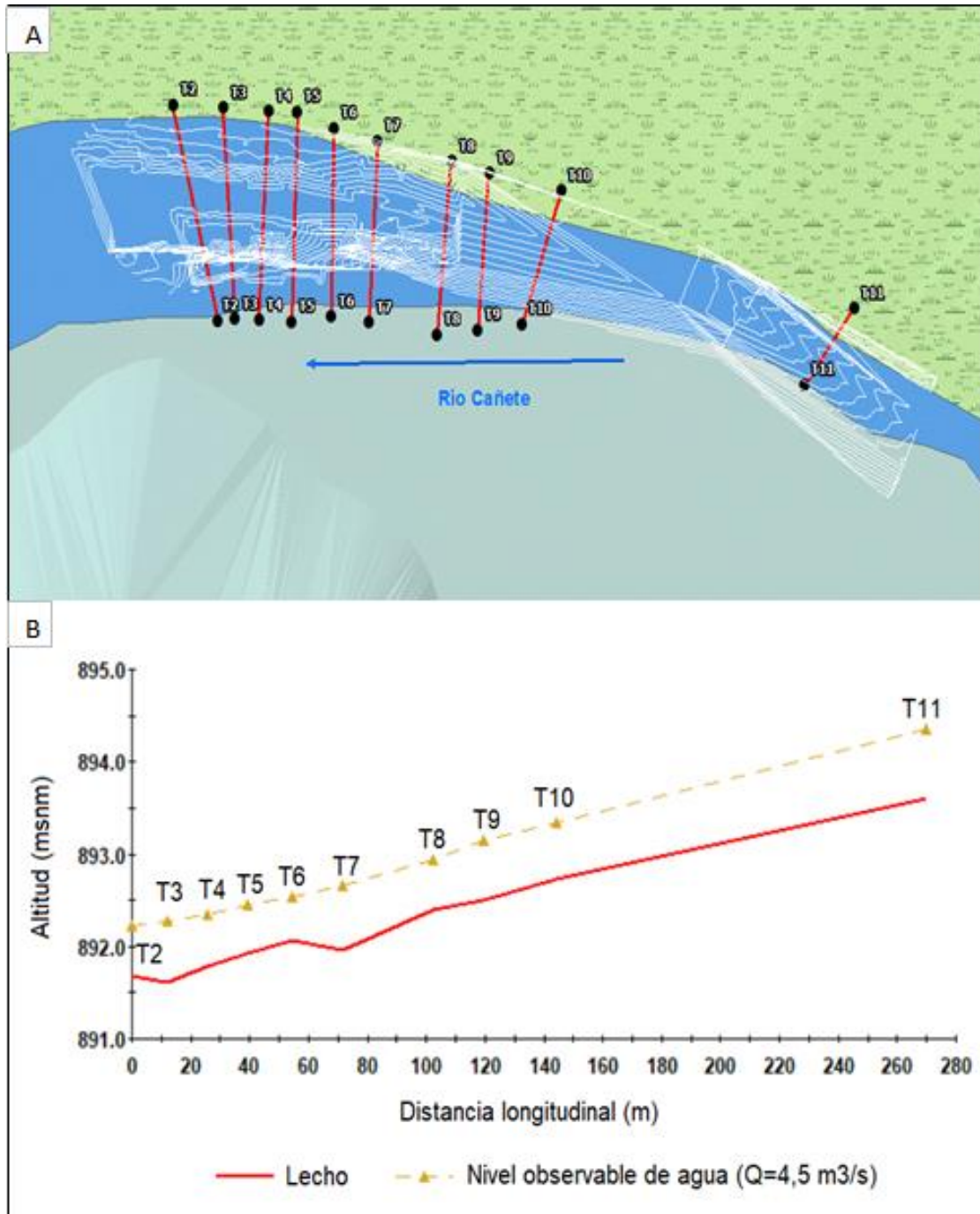
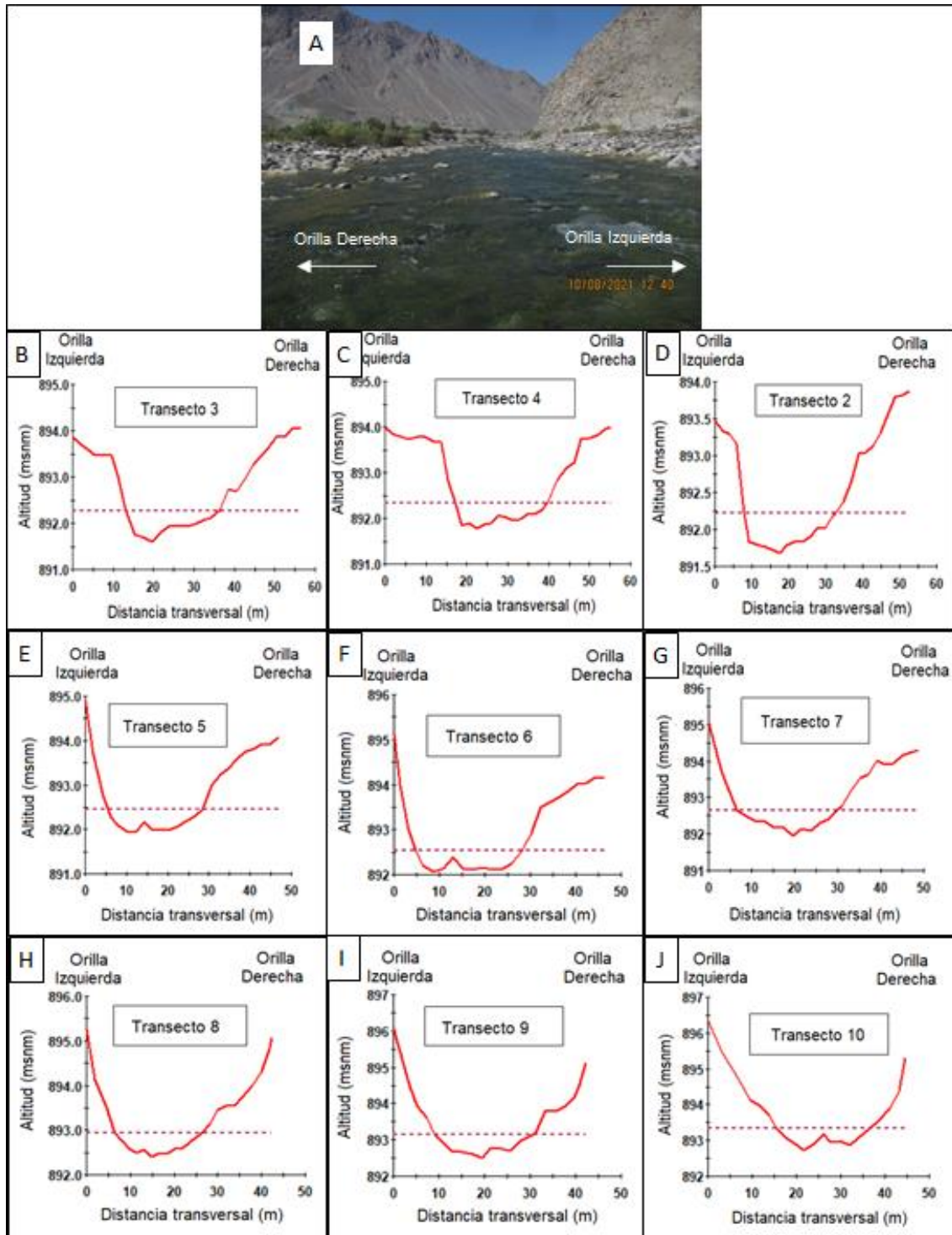


Figura 6.26. Transecto 2 a Transecto 11 en el Tramo II (Tramo de caudal ecológico San Juanito):  
A) Ubicación área. B) Ubicación a nivel longitudinal



**Figura 6.27.** Subrápido del Tramo San Juanito (Transecto 2 al 10): A) Subrápido, B) Corte transversal del Transecto 2, C) Corte transversal del transecto 3, D) Corte transversal del transecto 4, E) Corte transversal del transecto 5, F) Corte transversal del transecto 6, G) Corte transversal del transecto 7, H) Corte transversal del transecto O, I) Corte transversal del transecto 9, J) Corte transversal del transecto 10.

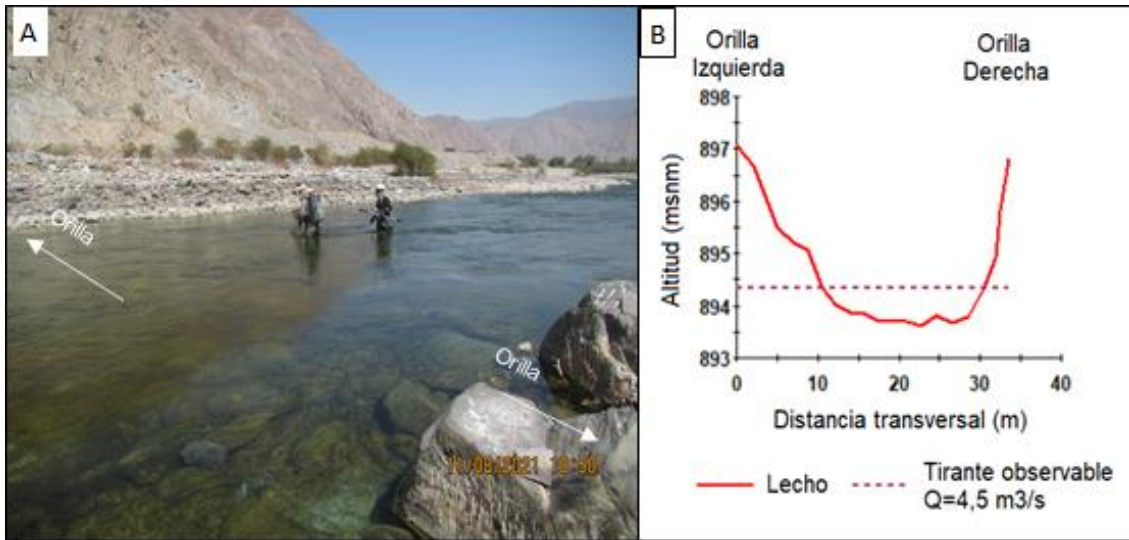


Figura 6.28. Tabla (Transecto 11) del Tramo San Juanito: A) Transecto 11, B) Corte transversal del Transecto 11

### C. Tramo de caudal ecológico de Puente Matica (Tramo II)

El tramo de caudal ecológico de Puente Matica estuvo conformado por 4 hábitats distintos: Tabla (Transecto 1), 2 rápidos (Transecto 2 y 5), poza (Transecto 3) y cola de poza (Transecto 4). Las Figura 6.29, Figura 6.30, Figura 6.31 y Figura 6.32 muestran el perfil longitudinal y la sección transversal de cada transecto. En todos los transectos se muestra el tirante observable de agua ( $Q=2,2 \text{ m}^3/\text{s}$ ) registrado durante la salida de campo de agosto, 2021.





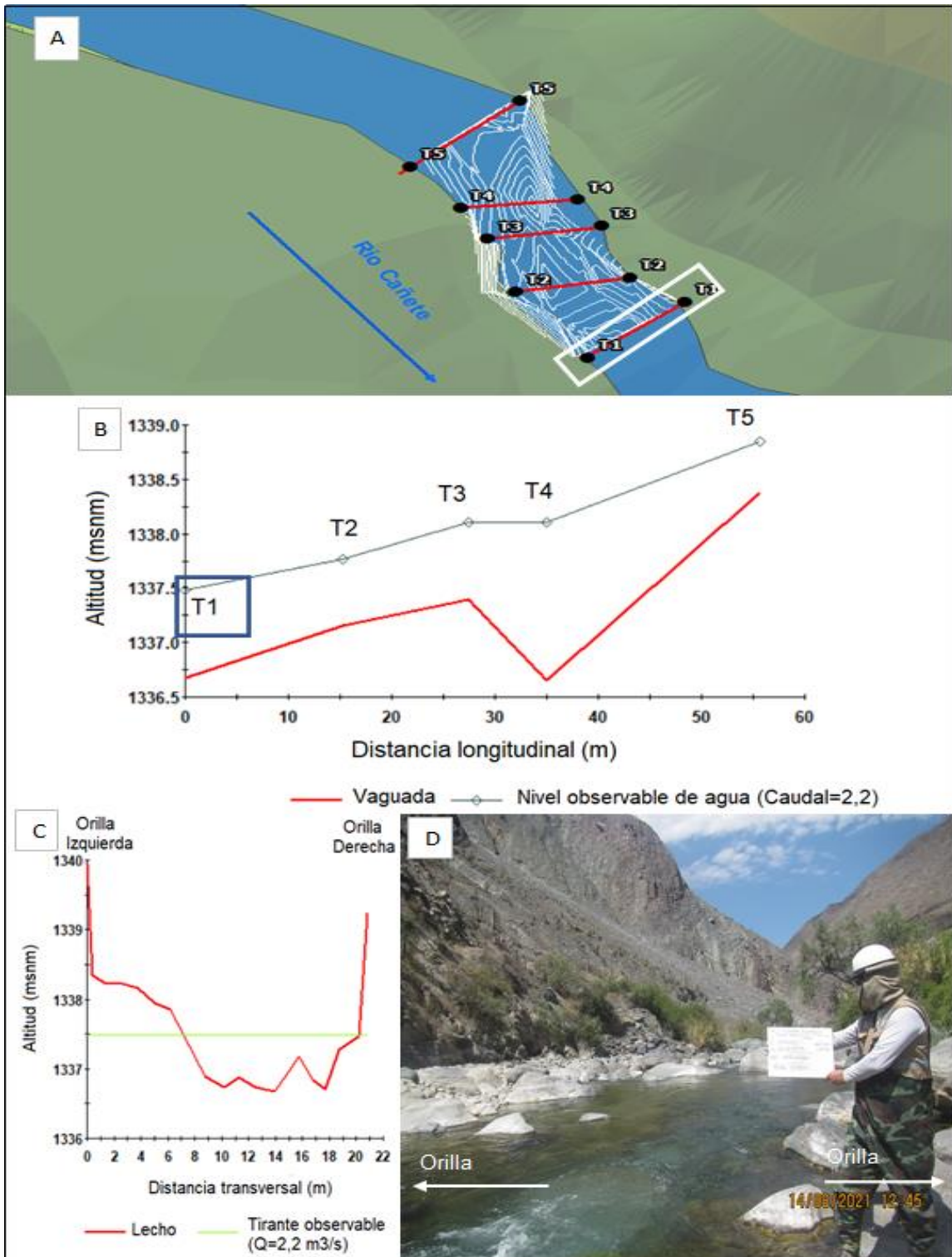
PERÚ

Ministerio del Ambiente

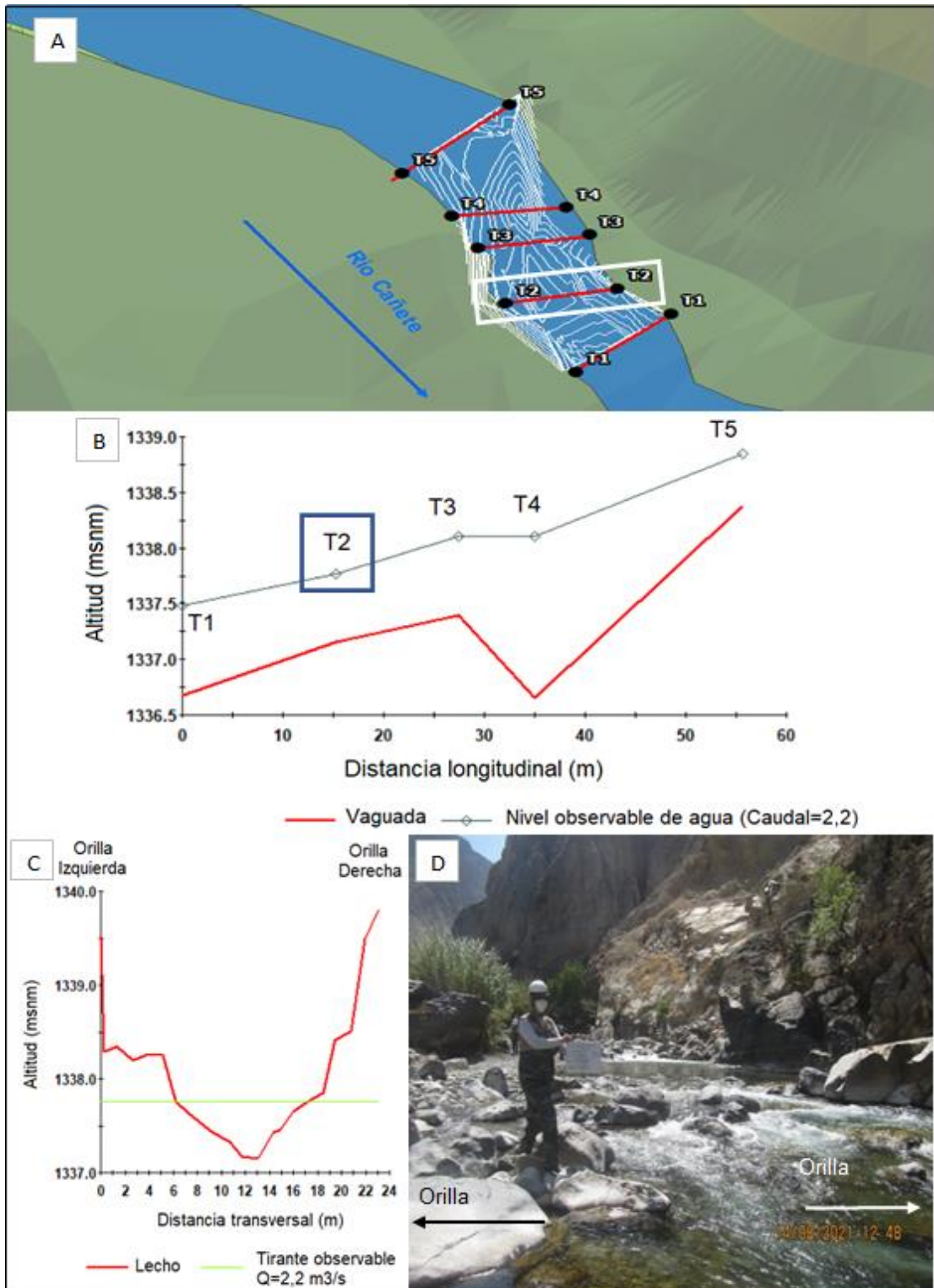
Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
«Año del Bicentenario del Perú: 200 años de independencia»

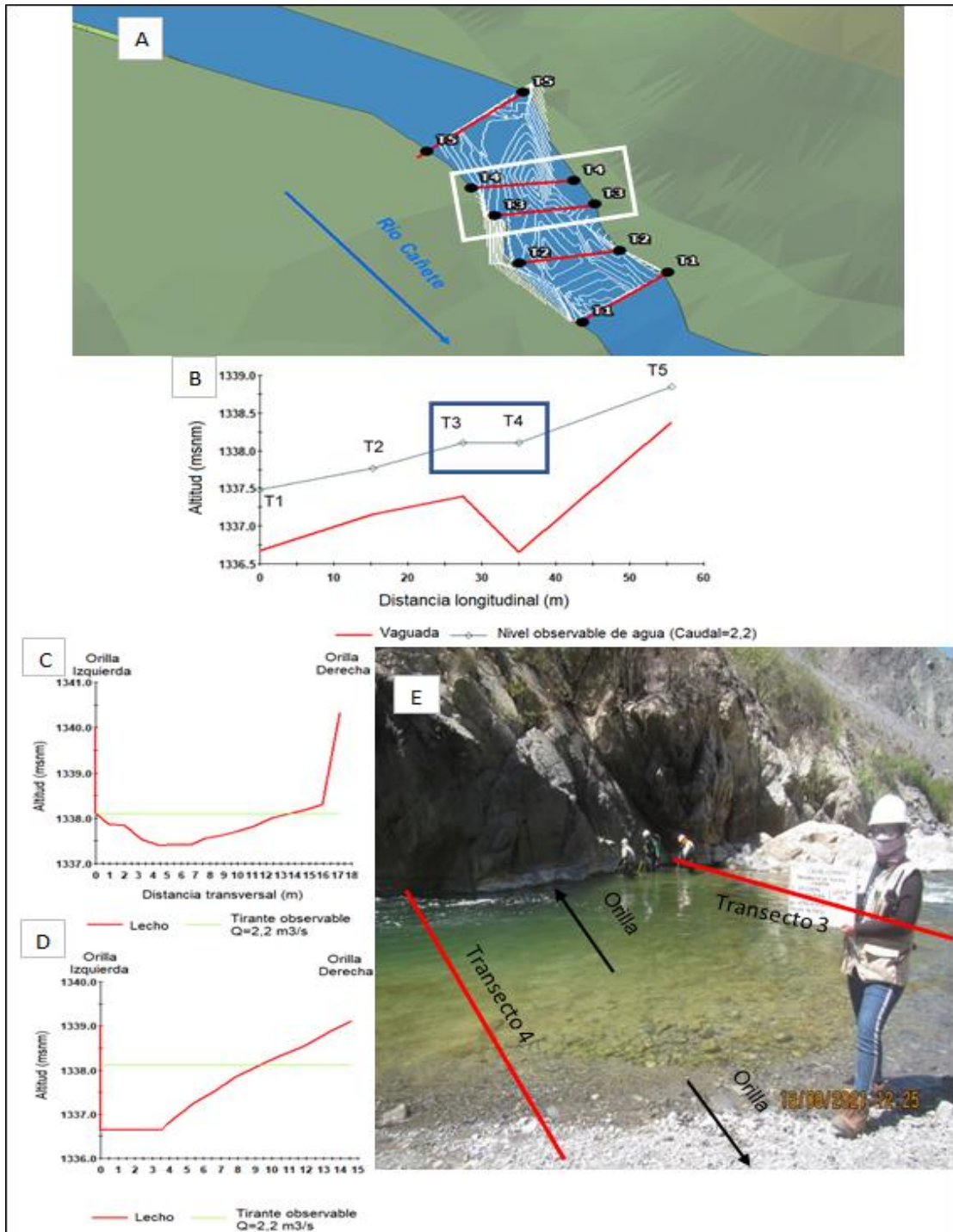


**Figura 6.29.** Tabla (Transecto 1) del Tramo Puente Matica: A) Ubicación aérea (Cuadrado blanco), B) Ubicación a nivel longitudinal (cuadrado azul), C) Corte transversal del Transecto 1, D) Transecto 1

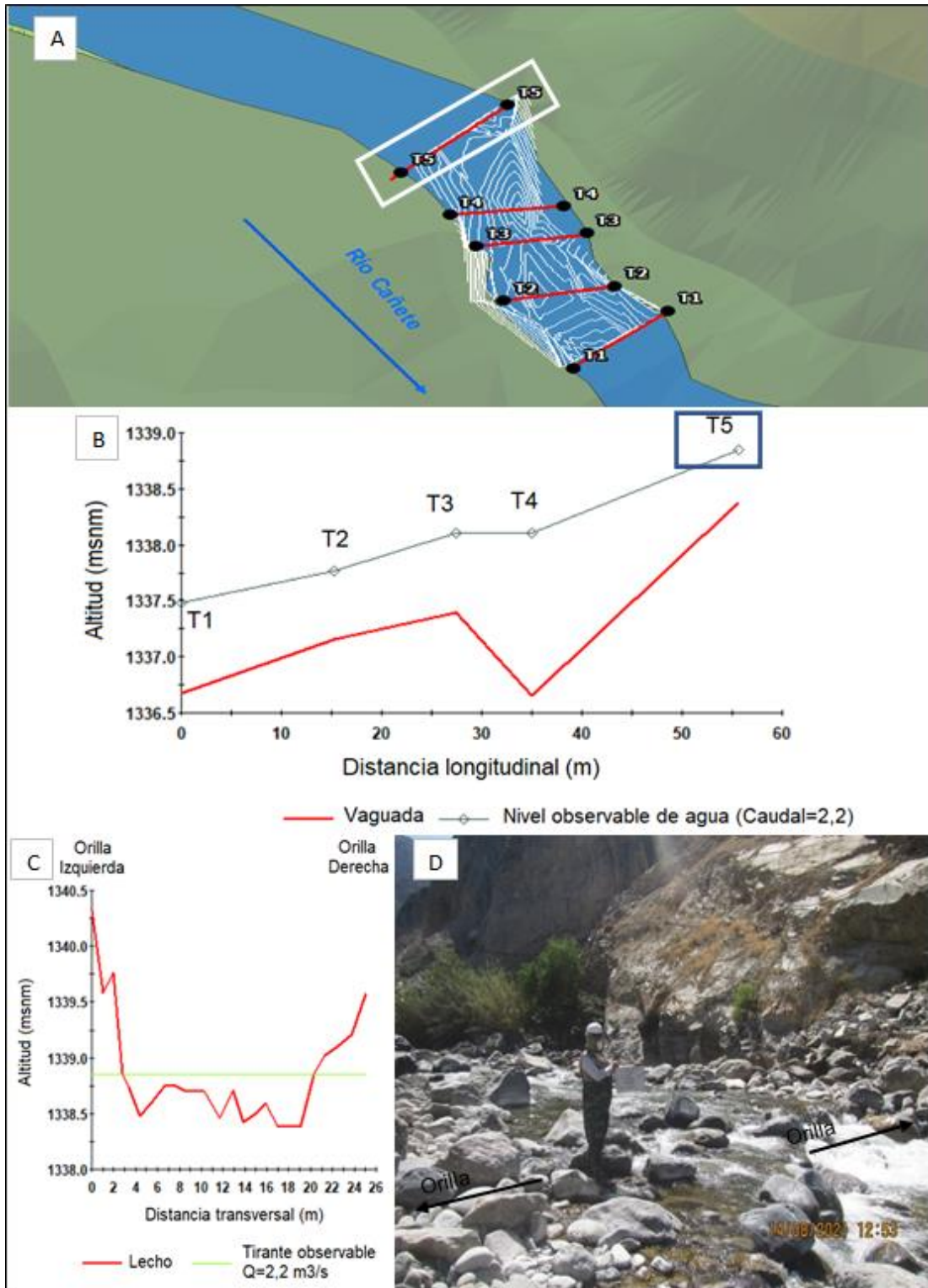


**Figura 6.30.** Rápido (Transecto 2) del Tramo Puente Matica: A) Ubicación aérea (Cuadrado blanco), B) Ubicación a nivel longitudinal (Cuadrado azul), C) Corte transversal del Transecto 2, D) Transecto 2





**Figura 6.31.** Poza (Transecto 4) y Cola de Poza (Transecto 3) del Tramo Punte Matica: A) Ubicación aérea (Cuadrado blanco), B) Ubicación a nivel longitudinal (Cuadrado azul), C) Corte transversal del Transecto 3, D) Corte transversal del Transecto 4, E) Transecto 3 y 4



**Figura 6.32.** Rápido (Transecto 5) del Tramo Punte Matica, A) Ubicación aérea (Cuadrado blanco), B) Ubicación a nivel longitudinal (Cuadrado azul), C) Corte transversal del Transecto 5, D) Transecto 5



### 6.2.2. Caudales

#### Tramo de Caudal ecológico San Juanito (Tramo I)

La Tabla 6.18 muestra los caudales para cada uno de los transectos realizados en el Tramo de caudal ecológico San Juanito. Debido a los hábitats con geomorfología similares (Subrápido y Tabla) en ese tramo, el caudal calculado se obtuvo como un promedio de todos los transectos, en este caso 4,5 m<sup>3</sup>/s

**Tabla 6.18.** Caudales para los transectos en el Tramo de Caudal ecológico San Juanito

Transecto	Caudal (m <sup>3</sup> /s)
2	3,989
3	3,679
4	4,516
5	5,276
6	4,669
7	5,166
8	4,194
9	4,568
10	4,787
11	4,244
Q promedio	4,5

Q:

#### Tramo de caudal ecológico Puente Matica (Tramo II)

Para el tramo de caudal ecológico de Puente Matica, las características geomorfológicas de los transectos, solo hizo posible su estimación en la cola de poza (transecto 3) debido al flujo cuasi similar obtenido en ese transecto. Transectos ubicados en hábitats como poza (transecto 4) no fueron representativos del caudal circulante, siendo para este caso 2,2 m<sup>3</sup>/s

**Tabla 6.19.** Caudales para los transectos en el Tramo de Caudal ecológico Puente Matica

Transecto	Caudal (m <sup>3</sup> /s)
1	1,77
2	2,29
3	2,16
4	0,00
5	2,40
Q escogido	2,20



### 6.2.3. Especies registradas

#### Peces y camarones

Se registraron las siguientes especies de peces: *Onchorhynchuss mykiss*, *Etmobrycon peruanus*, *Basilichthys semotilus* y *Trichomycterus punctulatus*; mientras que para crustáceos grandes se registraron un individuo indeterminado e individuos de *Cryphiops caementarius*, la mayor cantidad de individuos fue para *Basilichthys semotilus* con 448 individuos entre alevines, juveniles y adultos, seguido por *Eretmobrycon peruanus* (anteriormente llamado *Bryconamericus peruanus*) con 171 individuos entre juveniles y adultos, *Trichomycterus punctulatus* tuvo 116 individuos entre juveniles y adultos, mientras que se registró solo una trucha (*Onchorhynchuss mykiss*). En el caso del camarón (*Cryphiops caementarius*) tuvo 90 individuos, con mayores registros en el mes de agosto (2021). Debido a que no se encontraron preferencias hidráulicas marcadas entre juvenil y adultos, estos se incluyeron como uno solo. No se incluyeron en el análisis de caudal ecológico, especies con registros muy bajos como *Onchorhynchuss mykiss*, Crustacea indet y los alevines de *Basilichthys semotilus*. La Tabla 6.20 muestra la cantidad de registros por temporada y por especies,

Tabla 6.20. Especies registradas por temporada

Especie	Estadio	Numero de registros de hábitat				Abundancias
		Marzo	Agosto	Totales	%Registros	
Crustacea indet,	Adulto	0	1	1	0,25	1
<i>Cryphiops caementarius</i>	Juvenil	2	39	41	10,20	50
	Adulto	2	37	39	9,70	40
<i>Oncorhynchuss mykiss</i>	Adulto	0	1	1	0,25	1
<i>Eretmobrycon peruanus</i>	Juvenil	53	7	60	14,93	132
	Adulto	15	18	33	8,21	39
<i>Basilichthys semotilus</i>	Alevin	0	3	3	0,75	27
	Juvenil	19	60	79	19,65	312
	Adulto	18	39	57	14,18	109
<i>Trichomycterus punctulatus</i>	Juvenil	36	6	42	10,45	52
	Adulto	34	12	46	11,44	64

#### Macroinvertebrados bentónicos

Las especies *Trichomycterus punctulatus* y *Eretmobrycon peruanus* tuvieron suficientes individuos para los cálculos de índices de dieta, a diferencia de la especie *Basilichthys semotilus* donde solo se tuvo un individuo para la extracción de contenido estomacal. Los estómagos de las especies *Trichomycterus punctulatus* estuvieron conformados en un 100 % por *Leptohyphes* sp, (*Leptohyphidae*), seguido de un 70 % de Baetidae ND, el porcentaje de individuos también estuvo formado en su mayoría por estas dos especies con 67,82 % y 14,45 % respectivamente. *Eretmobrycon peruanus* tuvo a *Leptohyphes* sp. (*Leptohyphidae*) y *Smicridea* sp (*Hydropsychidae*) en el 80 % de los estómagos, seguido de Baetidae ND registrados en el 70 % de los estómagos; mientras que los porcentajes de individuos fueron 49,18 % para *Leptohyphes* sp., 26,78 % para *Smicridea* sp y 12,02 % para Baetidae ND. Los valores del índice de importancia numérica estuvieron dominados por estas 3 especies:



*Leptohyphes* sp, (*Leptohyphidae*), Baetidae ND y *Smicridea* sp, (*Hydropsychidae*) los cuales fueron finalmente escogidos para su evaluación de uso de hábitat. La Tabla 6.21 muestra el porcentaje de estómagos observados (% O), el porcentaje de abundancia (% N) y el índice de importancia numérica (INI) para el contenido estomacal de *Trichomycterus punctulatus* y *Eretmobycon peruanus*.

**Tabla 6.21.** Especies de macroinvertebrados bentónicos en contenido estomacal

Especies de Macroinvertebrados bentónicos	<i>Trichomycterus punctulatus</i>			<i>Eretmobycon peruanus</i>		
	%O	%N	INI	%O	%N	INI
Nematoda ND	20	0,39	2,78	0	0,00	0,00
Baetidae ND	70	14,45	31,81	70	12,02	29,01
<i>Leptohyphes</i> sp,	100	67,82	82,35	80	49,18	62,73
Libellulidae ND	0	0,00	0,00	40	6,56	16,20
<i>Atopsyche</i> sp,	50	2,31	10,75	40	2,73	10,45
<i>Metrichia</i> sp, (larva)	50	10,02	22,38	0	0,00	0,00
<i>Metrichia</i> sp, (adulto)	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
<i>Smicridea</i> sp,	50	1,73	9,31	80	26,78	46,28
<i>Microcylloepus</i> sp, (larva)	20	0,77	3,93	0	0,00	0,00
<i>Microcylloepus</i> sp, (adulto)	10	0,19	1,39	10	0,55	2,34
Elmidae ND	0	0,00	0,00	10	0,55	2,34
Coleoptera ND	0	0,00	0,00	10	0,55	2,34
Blepharicerinae ND	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
Orthoclaadiinae ND	10	0,58	2,40	0	0,00	0,00
Tanypodinae ND	20	0,39	2,78	10	0,55	2,34
Muscidae ND	10	0,19	1,39	0	0,00	0,00
	30	0,96	5,38	0	0,00	0,00
Trombidiformes ND	10	0,19	1,39	0	0,00	0,00
Ostracoda ND	0	0,00	0,00	10	0,55	2,34

% O: Porcentaje de estómagos observados

% N: Porcentaje de abundancia

INI: Índice de importancia numérica

Las especies Baetidae ND y *Leptohyphes* sp. estuvieron dentro de los mayores registros en las 173 muestras de macroinvertebrados bentónicos para caudal ecológico. Baetidae presente en el 83,82% de los registros y Leptohyphidae presente en el 73,99 %. Entre otras especies con los registros más altos estuvieron Chironomidae (Larva) con 80,35 % y Elmidae (Adulto) con 55,49 % (Tabla 6.22.). Si bien el alto consumo de las especies de Baetidae y *Leptohyphidae* por parte de *Trichomycterus punctulatus* y *Eretmobycon peruanus* coinciden con alta disponibilidad de este alimento, no ocurrió lo mismo para *Smicridea* sp. (*Hydropsychidae*), donde a pesar de tener un alto consumo por parte de *Eretmobycon peruanus* solo estuvo en el 29,48 % de los registros de macroinvertebrados bentónicos.



**Tabla 6.22.** Registros de macroinvertebrados bentónicos en las muestras de caudal ecológico

Orden u otro	Familia	Estadio	Número de Registros	% Número de Registros	Número de registros ponderados
Ephemeroptera	Baetidae	nd	145	83,82	344
	Leptohyphidae	nd	128	73,99	289
	Leptophlebiidae	nd	1	0,58	1
Plecoptera	Perlidae	nd	1	0,58	1
Trichoptera	Hydroptilidae	Larva	28	16,18	36
		Pupa	11	6,36	14
	Leptoceridae	Larva	3	1,73	3
	Hydropsychidae	Larva	51	29,48	60
		Pupa	2	1,16	2
	Hydrobiosidae	Larva	33	19,08	35
		Pupa	6	3,47	6
Megaloptera	Corydalidae	Larva	7	4,05	7
Coleoptera	Elmidae	Larva	77	44,51	103
		Adulto	96	55,49	152
	Hydrophilidae	Adulto	2	1,16	3
Diptera	Chironomidae	Larva	139	80,35	250
		Pupa	16	9,25	16
	Ceratopogonidae	Larva	20	11,56	21
	Empididae	Larva	4	2,31	4
	Muscidae	Larva	1	0,58	1
	Simuliidae	Larva	40	23,12	78
		Pupa	3	1,73	3
Blephariceridae	Larva	33	19,08	42	
Hemíptera	Veliidae	nd	2	1,16	2
Odonata	Libellulidae	nd	10	5,78	10
Acari		nd	7	4,05	7
Ostracoda		nd	18	10,40	18
Gasteropoda		nd	46	26,59	48
Oligochaeta		nd	18	10,40	27
Turbellaria		nd	20	11,56	20

nd: No determinado

#### 6.2.4. Curvas de idoneidad de hábitat

##### Velocidad

La curva de idoneidad para los juveniles de *Cryphiops caementarius* fue la función de distribución de probabilidad de Rayleigh con el menor valor de -LL de 8,7220 en comparación con las otras funciones. Para los adultos de *Cryphiops caementarius*, la función con el menor -LL fue Kappa (-LL=4,4882); sin embargo, la representación visual parecía alejarse de la distribución real de valores (Figura 6.23), en especial cuando estos se



aproximaban al cero, por eso se eligió la función con el menor valor de -LL (Pareto), con un -LL de 7,5841. *Basilichthys semotilus* tuvo un mejor ajuste con la función Pearson 3 con un -LL de -332,2110, siendo este el menor valor de -LL en comparación con las funciones restantes. *Etmobrycon peruanus* tuvo un mejor ajuste con la función Kappa, teniendo un -LL de -107,2494, mientras que *Trichomycterus punctulatus* tuvo un mejor ajuste con la función Pareto, reflejado en su -LL de 41,2092. Para el caso de los macroinvertebrados bentónicos escogidos, Baetidae y *Leptohyphidae* se ajustaron mejor a la función Rayleigh con -LL de 114,3144 y 91,2825 respectivamente. Finalmente, la función de distribución de probabilidad que mejor se ajustó para las velocidades de Hydropsychidae fue Pearson 3, con un -LL de 12,9287. Los valores de los parámetros y -LL para cada una de las funciones se encuentra en la Tabla 6.23, en azul se resalta aquellas funciones que mejor se ajustaron.

**Tabla 6.23.** Parámetros de las funciones de distribución de probabilidad para las velocidades de las especies seleccionadas

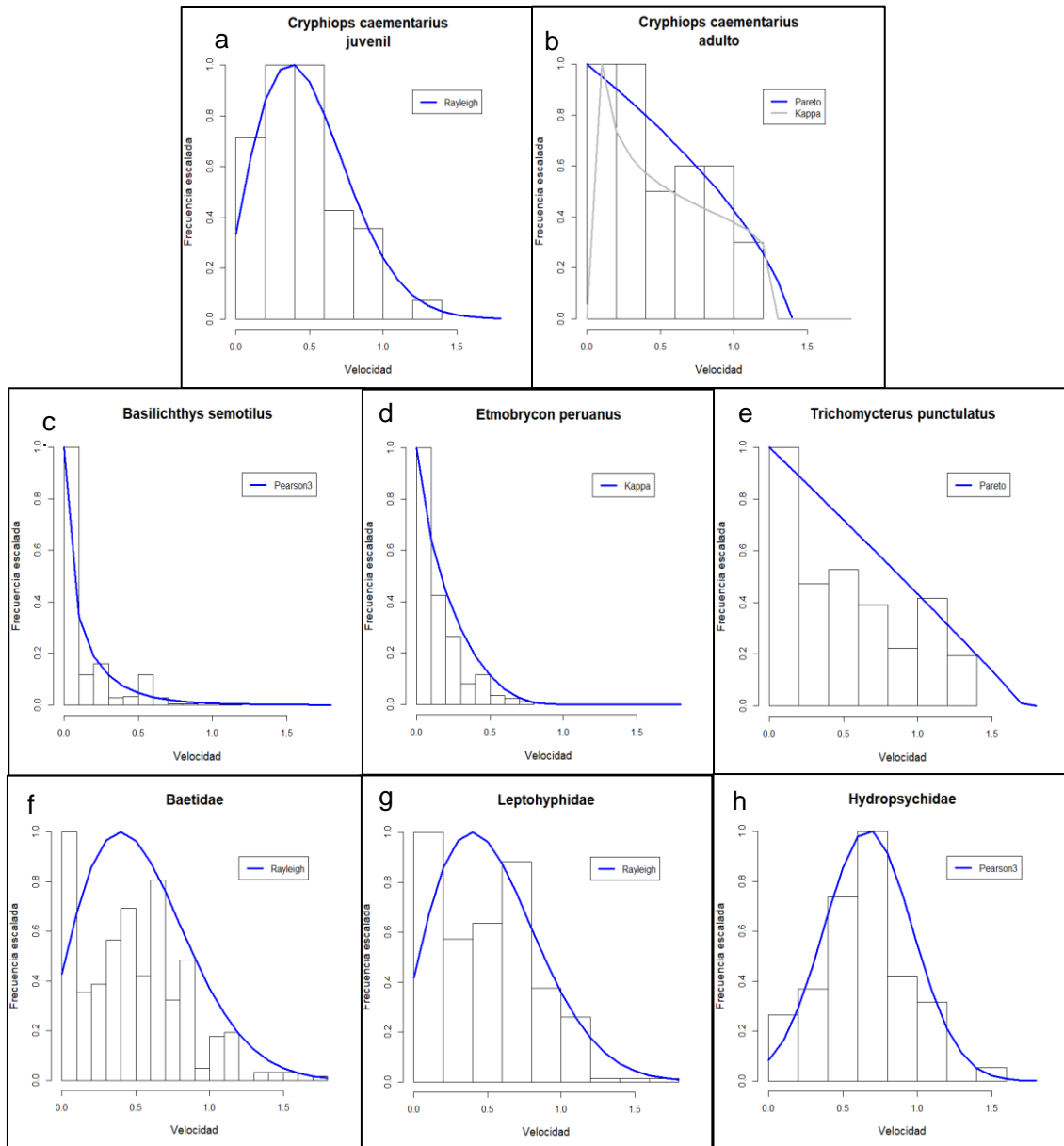
Función de distribución de probabilidad	Parámetros	<i>Cryphiops camentarius</i> (Juvenil)	<i>Cryphiops camentarius</i> (Adulto)	<i>Basilichthys semotilus</i>	<i>Etmobrycon peruanus</i>	<i>Trichomycterus punctulatus</i>	Baetidae	Leptohyphidae	Hydropsychidae
Rayleigh	$\xi$ (xi)	-0,0953	-0,1509	-0,1974	-0,1373	-0,2325	-0,1459	-0,1393	0,0942
	$\alpha$ (Alpha)	0,4638	0,5373	0,2811	0,2499	0,6360	0,5415	0,5329	0,4594
	-LL	8,7220	11,3964	-124,0919	-76,6389	53,0512	114,3144	91,2825	Inf
Gamma	$\alpha$ (Alpha)	2,3322	1,9699	0,4291	0,8953	1,5953	2,0234	2,0609	4,7679
	$\beta$ (beta)	0,2084	0,2652	0,3609	0,1965	0,3539	0,2633	0,2565	0,1405
	-LL	Inf	10,5715	Inf	Inf	Inf	Inf	Inf	Inf
Rice	$\nu$ (nu)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,5524
	$\alpha$ (Alpha)	0,3878	0,4169	0,1236	0,1403	0,4505	0,4251	0,4218	0,3409
	-LL	Inf	12,6711	Inf	Inf	Inf	Inf	Inf	Inf
Weibull	$\zeta$ (zeta)	0,1928	0,1608	0,0233	0,0446	0,1703	0,2790	0,3441	0,2692
	$\beta$ (beta)	0,7657	0,7713	0,1574	0,2383	0,8267	0,9152	0,9809	1,0439
	$\delta$ (delta)	2,4003	2,0351	0,8010	1,2884	1,8132	2,4681	2,7308	3,5024
	-LL	9,1034	11,4651	-316,2780	-95,8859	51,5351	119,3181	96,8778	12,9839
Kappa	$\xi$ (xi)	0,3578	-0,3319	-1,4921	-0,0519	-0,5431	0,3353	0,2786	ND
	$\alpha$ (Alpha)	0,2864	1,3991	1,8610	0,2772	1,7269	0,4041	0,4997	
	k (kappa)	0,1728	0,8891	0,8029	0,2708	0,8596	0,2788	0,4295	
	h	0,0347	1,3680	3,6055	1,1121	1,4840	0,2517	0,4482	
	-LL	9,5656	4,4882	Inf	-107,2494	Inf	Inf	Inf	
Pareto	$\xi$ (xi)	0,0207	0,0087	-0,0321	-0,0278	-0,0216	-0,0146	-0,0246	0,1647
	$\alpha$ (Alpha)	0,8064	0,8244	0,1517	0,2485	0,8858	0,9601	1,0113	1,0086
	k (kappa)	0,7331	0,6047	-0,1882	0,2201	0,5109	0,7540	0,8280	0,9961
	-LL	Inf	7,5841	-290,0995	-103,9311	41,2092	Inf	Inf	Inf
Pearson 3	$\mu$ (mu)	0,4860	0,5225	0,1549	0,1759	0,5647	0,5328	0,5286	0,6700
	$\gamma$ (sigma)	0,3036	0,3545	0,2209	0,1736	0,4232	0,3541	0,3476	0,2989





Función de distribución de probabilidad	Parámetros	<i>Cryphiops caementarius</i> (Juvenil)	<i>Cryphiops caementarius</i> (Adulto)	<i>Basilichthys semotilus</i>	<i>Etmobrycon peruanus</i>	<i>Trichomycterus punctulatus</i>	Baetidae	Leptohiphidae	Hydropsychidae
	$\sigma$ (gamma)	0,4380	0,6697	2,5536	1,4591	0,8483	0,4016	0,2756	0,0060
	-LL	9,5772	12,3583	-332,2110	-92,4086	54,0980	123,5192	100,3689	12,9287

La función Rayleigh para el uso de la velocidad de los juveniles de *Cryphiops caementarius* mostró un pico en la velocidad 0,5 y un descenso conforme aparecen valores mayores. Mientras que los adultos de *Cryphiops caementarius*, tuvieron el pico de uso en velocidad 0; sin embargo, a diferencia de los juveniles la caída de la frecuencia escalada no fue tan marcada en valores mayores de velocidad. Para el caso de los peces, se puede observar una diferencia entre las especies pelágicas *Basilichthys semotilus* y *Etmobrycon peruanus* en comparación con *Trichomycterus punctulatus*, las 2 especies pelágicas mostraron un gran uso en valores de velocidad de cero y un uso muy bajo a partir de 0,2 dejando claro el mayor uso de pozas caracterizadas por escasa o nula velocidad. Aunque, *Trichomycterus punctulatus* mostró también un mayor uso en velocidad de cero, su otro uso en velocidades mayores a 0,2 no fue despreciable, encontrándose una frecuencia escalda de aproximadamente 0,5 en velocidades de 1. Baetidae y Leptohiphidae mostraron tendencias similares, con el mayor uso a una velocidad de 0,4, mientras que Hydropsychidae tuvo un mayor uso a una velocidad aproximada de 0,7 (Figura 6.33 y Tabla 6.24).



**Figura 6.33.**Curvas de las funciones de distribución de probabilidad para las velocidades de las especies a) *Cryphiops caementarius* juvenil b) *Cryphiops caementarius* adulto c) *Basilichthys semotilus*, d) *Etmobrycon peruanus* e) *Trichomycterus puntulatus* f) Baetidae g) Leptohyphidae h) Hydropsychidae

**Tabla 6.24.** Valores de idoneidad de las especies seleccionadas para los diferentes valores de velocidad

Velocidad	<i>Cryphiops caementarius</i> (Juvenil)	<i>Cryphiops caementarius</i> (Adulto)	<i>Basilichthys semotilus</i>	<i>Etmobrycon peruanus</i>	<i>Trichomycterus punctulatus</i>	Baetidae	Leptohyphidae	Hydropsychidae
0	0,333	1,000	1,000	1,000	1,000	0,428	0,417	0,081
0,1	0,638	0,952	0,340	0,639	0,944	0,675	0,669	0,163
0,2	0,861	0,902	0,188	0,439	0,888	0,859	0,857	0,292
0,3	0,982	0,851	0,114	0,296	0,832	0,967	0,968	0,468
0,4	1,000	0,798	0,072	0,189	0,775	1,000	1,000	0,670
0,5	0,933	0,744	0,046	0,112	0,718	0,966	0,963	0,857
0,6	0,807	0,687	0,030	0,059	0,662	0,879	0,874	0,979
0,7	0,653	0,627	0,020	0,025	0,605	0,76	0,751	1,000
0,8	0,496	0,564	0,013	0,007	0,547	0,626	0,615	0,914
0,9	0,355	0,498	0,009	0,001	0,49	0,493	0,48	0,746
1	0,241	0,426	0,006	0,000	0,432	0,372	0,359	0,546
1,1	0,154	0,347	0,004	0,000	0,374	0,269	0,257	0,357
1,2	0,094	0,257	0,003	0,000	0,315	0,187	0,176	0,209
1,3	0,054	0,146	0,000	0,000	0,256	0,125	0,116	0,109
1,4	0,030	0,000	0,000	0,000	0,196	0,08	0,073	0,051
1,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,135	0,049	0,045	0,022
1,6	0,000	0,000	0,000	0,000	0,074	0,029	0,026	0,000
1,7	0,000	0,000	0,000	0,000	0,009	0,017	0,015	0,000
1,8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,009	0,008	0,000

### Profundidad

La función de distribución de probabilidad con menor valor de -LL para la profundidad de los juveniles de *Cryphiops caementarius* fue Kappa (-LL=-24,0723); sin embargo, gráficamente el ajuste de esa función parece no ajustarse lo suficiente (Figura 6.34) puesto que la tendencia teórica se muestra diferente de la observada. La siguiente función con el menor valor de -LL fue escogida (Pareto) con un valor de -18,3723, la cual se ajusta también gráficamente (Figura 6.34). Para el caso de los adultos de *Cryphiops caementarius*, la función Pareto mostró el menor valor de -LL (0,9669); sin embargo, el ajuste real se alejaba del teórico como lo muestra la Figura 6.34, por lo que se usó la siguiente función con menor valor de -LL (Gamma), la cual se ajusta mejor gráficamente. (Figura 6.34).

*Basilichthys semotilus* mostró un mejor ajuste con la función Rayleigh, con un valor de -LL de 84,7447. *Etmobrycon peruanus* tuvo el menor valor de -LL para la función Pareto, sin embargo, la tendencia teórica y observada se alejaban demasiado (Figura 6.34), por lo que se probó con la siguiente función con menor valor de -LL, que en este caso fue la función Gamma (-LL= -62,4978), la cual tuvo una mejor tendencia teórica y observada. *Trichomycterus punctulatus* mostró un mejor ajuste con la función Kappa (-LL=-54,1450).



Las curvas de función de distribución de probabilidad para Baetidae y Leptohyphidae tuvieron un mejor ajuste con la función Gamma con valores de -LL de -125,8421 y 91,2825 respectivamente. Finalmente, Hydropsychidae tuvo un mejor ajuste con la función Rauleigh (-LL=23,8673).

**Tabla 6.25.** Parámetros de las funciones de distribución de probabilidad para las profundidades de las especies seleccionadas

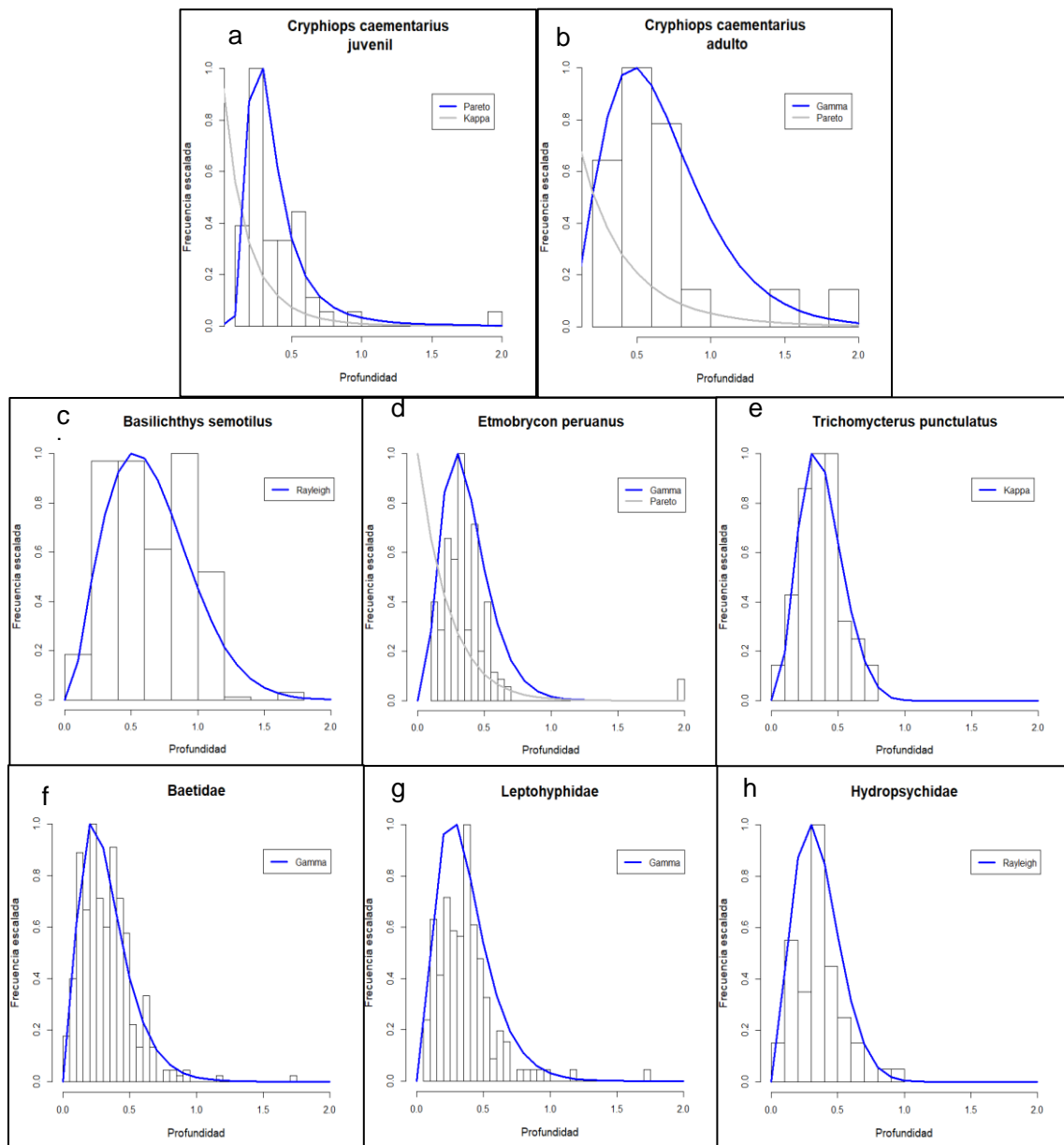
Función de distribución de probabilidad	Parámetros	<i>Cryphiops caementarius</i> (Juvenil)	<i>Cryphiops caementarius</i> (Adulto)	<i>Basilichthys semotilus</i>	<i>Etmobrycon peruanus</i>	<i>Trichomycterus punctulatus</i>	Baetidae	Leptohyphidae	Hydropsychidae
Rayleigh	$\xi$ (xi)	-0,0139	-0,0041	0,0544	0,0336	0,0754	-0,0192	-0,1393	0,0318
	$\alpha$ (Alpha)	0,3322	0,5367	0,4741	0,2696	0,2420	0,2773	0,5329	0,2568
	-LL	-2,1283	14,2420	84,7447	-27,0387	-51,8553	-113,6037	91,2825	-23,8673
Gamma	$\alpha$ (Alpha)	3,2073	3,4069	4,1635	4,2282	5,5311	3,0519	2,0609	4,2240
	$\beta$ (beta)	0,1255	0,1962	0,1558	0,0879	0,0685	0,1076	0,2565	0,0837
	-LL	-11,2778	10,0693	98,5206	-62,4978	-52,6869	-125,8421	Inf	-23,2205
Rice	$\nu$ (nu)	0,0000	0,0000	0,4908	0,2849	0,3286	0,0000	0,0000	0,2711
	$\alpha$ (Alpha)	0,3211	0,5334	0,3704	0,2091	0,1733	0,2619	0,4218	0,1993
	-LL	-2,0679	14,2051	84,8835	2,1540	-52,7883	-114,7030	Inf	-23,3524
Weibull	$\zeta$ (zeta)	-0,1790	-0,2992	0,3190	-0,1641	-0,0471	-0,0304	0,3441	-0,0111
	$\beta$ (beta)	0,2094	0,3530	1,0754	0,2129	0,3744	0,3332	0,9809	0,3869
	$\delta$ (delta)	0,8781	0,9093	3,4956	1,0690	2,2235	1,6577	2,7308	2,1539
	-LL	Inf	Inf	95,4808	Inf	-54,1212	-125,3476	96,8778	-23,7658
Kappa	$\xi$ (xi)	0,2921	ND	-0,0189	ND	0,2951	0,2294	0,2786	ND
	$\alpha$ (Alpha)	0,1129		1,3401		0,1656	0,1645	0,4997	
	k (kappa)	-0,3306		1,1472		0,2065	0,0579	0,4295	
	h	-0,1762		1,1457		0,1918	0,1579	0,4482	
	-LL	-18,3723		Inf		-54,1450	-121,6312	Inf	
Pareto	$\xi$ (xi)	0,1721	0,2906	0,1273	0,1679	0,1412	0,0803	-0,0246	0,1039
	$\alpha$ (Alpha)	0,2047	0,3471	1,0397	0,2154	0,3978	0,3561	1,0113	0,4121
	k (kappa)	-0,1112	-0,0816	0,9949	0,0578	0,6744	0,4362	0,8280	0,6497
	-LL	-24,0723	0,9669	Inf	-95,6294	Inf	Inf	Inf	Inf
Pearson 3	$\mu$ (mu)	0,4024	0,6685	0,6485	0,3715	0,3787	0,3283	0,5286	0,3538
	$\gamma$ (sigma)	0,2532	0,4047	0,3084	0,1947	0,1589	0,1861	0,3476	0,1689
	$\sigma$ (gamma)	2,3136	2,2266	0,0079	1,8493	0,5420	0,9965	0,2756	0,5869
	-LL	Inf	Inf	99,5277	Inf	-53,3278	-123,5246	100,3689	-23,5512

Los valores más altos de idoneidad para las profundidades de *Cryphiops caementarius* (juvenil) fue en 0,3 m mientras que para los adultos de *Cryphiops caementarius* el valor de idoneidad más alto fue para una profundidad de 0,5 m. En el caso de los peces, *Basilichthys*



*semotilus* tuvo una mayor idoneidad en una profundidad de 0,5 m; mientras que para *Etmobrycon peruanus* y *Trichomycterus punctulatus* el valor más alto de idoneidad fue a una profundidad de 0,3 m. Asimismo, *Basilichthys semotilus* tuvo mayores valores de idoneidad en profundidades cercanas a 1 m en comparación con las otras 2 especies de peces.

Baetidae, Leptohyphidae e Hydropsychidae tuvieron tendencias similares en las curvas de idoneidad, con valores más alto entre las profundidades de 0,2 m y 0,3 m; mientras que, a valores mayores de profundidad, los valores de idoneidad empezaron a disminuir.



**Figura 6.34.** Curvas de las funciones de distribución de probabilidad para las profundidades de las especies a) *Cryphiops caementarius* juvenil b) *Cryphiops caementarius* adulto c) *Basilichthys semotilus*, d) *Etmobrycon peruanus* e) *Trichomycterus punctulatus* f) Baetidae g) Leptohyphidae h) Hydropsychidae.

**Tabla 6.26.** Valores de idoneidad de las especies seleccionadas para los diferentes valores de profundidad

Profundidad	<i>Cryphiops camentarius</i> (Juvenil)	<i>Cryphiops camentarius</i> (Adulto)	<i>Basilichthys sermotilus</i>	<i>Etmobycon peruanus</i>	<i>Trichomycterus punctulatus</i>	Baetidae	Leptohyphidae	Hydropsychidae
0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000
0,1	0,04	0,16	0,159	0,281	0,194	0,611	0,477	0,423
0,2	0,874	0,508	0,485	0,843	0,694	1,000	0,963	0,873
0,3	1,000	0,81	0,75	1,000	1,000	0,907	1,000	1,000
0,4	0,612	0,973	0,925	0,811	0,925	0,646	0,791	0,848
0,5	0,34	1,000	1,000	0,534	0,644	0,403	0,539	0,572
0,6	0,193	0,932	0,982	0,308	0,358	0,231	0,334	0,316
0,7	0,115	0,811	0,891	0,163	0,159	0,125	0,194	0,146
0,8	0,072	0,672	0,755	0,08	0,053	0,065	0,107	0,056
0,9	0,047	0,536	0,601	0,038	0,011	0,033	0,057	0,018
1	0,032	0,415	0,451	0,017	0,001	0,016	0,03	0,005
1,1	0,022	0,313	0,32	0,007	0,000	0,008	0,015	0,000
1,2	0,016	0,232	0,216	0,003	0,000	0,004	0,007	0,000
1,3	0,012	0,169	0,138	0,001	0,000	0,002	0,004	0,000
1,4	0,009	0,121	0,084	0,001	0,000	0,001	0,002	0,000
1,5	0,007	0,086	0,048	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000
1,6	0,005	0,06	0,027	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1,7	0,004	0,042	0,014	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1,8	0,003	0,029	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1,9	0,003	0,02	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2,0	0,002	0,013	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

### Índice de canal

La combinación del sustrato y la cobertura produjeron códigos de índice de canal. Los sustratos bases fueron roca madre, roca, canto rodado y guijarro/grava, arena. Los 2 tramos de caudal ecológico mostraron diferentes tipos de cobertura, donde el tramo de caudal ecológico de Puente Matica estuvo cubierto por restos de algas y materia orgánica en descomposición, mientras que el tramo de caudal ecológico de San Juanito estuvo cubierto solo por algas filamentosas. Las diferencias incluso se mostraron a nivel de temporada, donde en el caso de San Juanito, la temporada húmeda se caracterizó por la ausencia de algas filamentosas. La Tabla 6.27. muestra las diferentes combinaciones de sustrato y cobertura. La Figura 6.35 muestra las características de estas combinaciones (índice de canal).

**Tabla 6.27.** Combinación de los tipos de sustrato y cobertura asignados a los respectivos códigos de índice de canal

Índice de canal	Sustrato + Cobertura
0	Roca madre
1	Roca
2	Canto rodado





Índice de canal	Sustrato + Cobertura
3	Guijarro / Grava
4	Roca madre + Alga y Materia orgánica en descomposición
5	Roca + Alga y Materia orgánica en descomposición
6	Canto rodado + Alga y Materia orgánica en descomposición
7	Roca + Alga filamentosa
8	Canto rodado + Alga filamentosa
9	Guijarro / Grava + Alga filamentosa
10	Arena

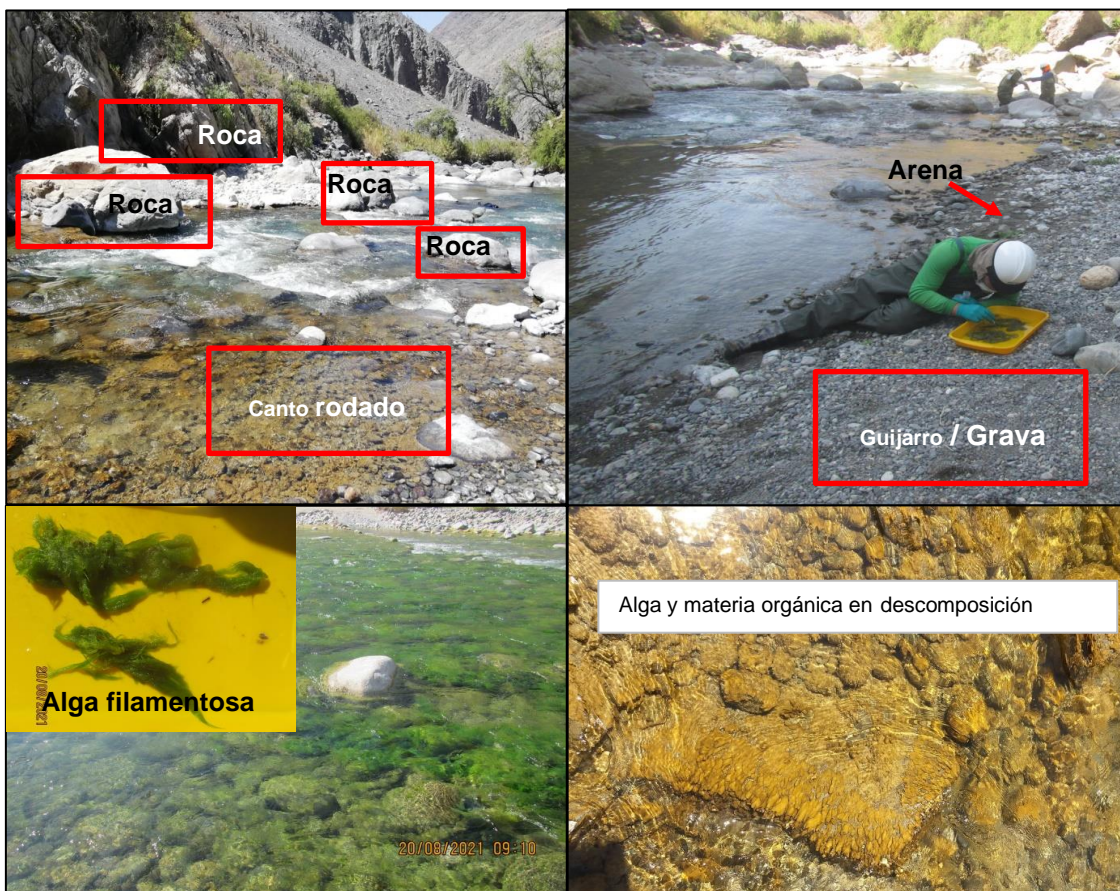


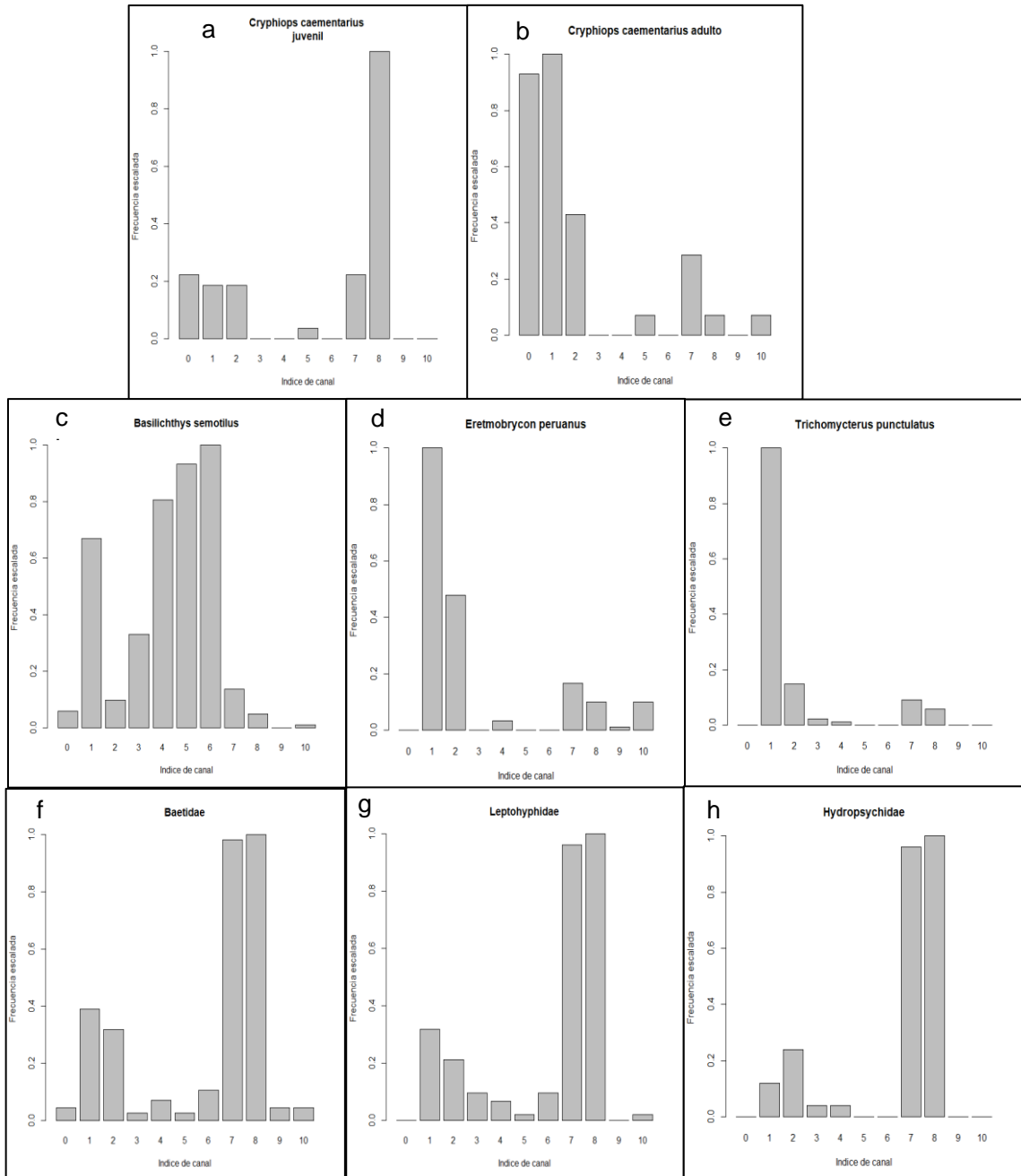
Figura 6.35. Tipos de sustrato y cobertura

Los juveniles de *Cryphiops caementarius* mostraron un mayor valor de idoneidad en el índice de canal tipo 8 (conformado por canto rodado y alga filamentosa). Mientras que, los adultos de *Cryphiops caementarius* tuvieron una mayor idoneidad en sustratos sin coberturas: roca madre, roca y canto rodado. *Basilichthys semotilus* tuvo mayores valores de idoneidad en los sustratos con cobertura de tipo algas y materia orgánica en descomposición, característicos del tramo de caudal ecológico de Puente Matica. El mayor valor de idoneidad para *Eretmobrycon peruanus* y *Trichomycterus punctulatus* fue roca sin cobertura, sustrato encontrado mayormente en la temporada húmeda. Para el caso de macroinvertebrados





bentónicos (Baetidae, Leptohiphidae e Hydropsychidae) mostraron un mayor valor de idoneidad en sustratos con algas filamentosas (rocas y canto rodados), características desarrolladas mayormente durante la temporada seca en el tramo de caudal ecológico de San Juanito. Los valores de idoneidad para el índice de canal se muestran en la Tabla 6.9 y Figura 6.36



**Figura 6.36.** Índice de canal de las especies en el río a) *Cryphiops caementarius* juvenil b) *Cryphiops caementarius* adulto c) *Basilichthys semotilus*, d) *Etmobrycon peruanus* e) *Trichomycterus punctulatus* f) Baetidae g) Leptohiphidae h) Hydropsychidae.

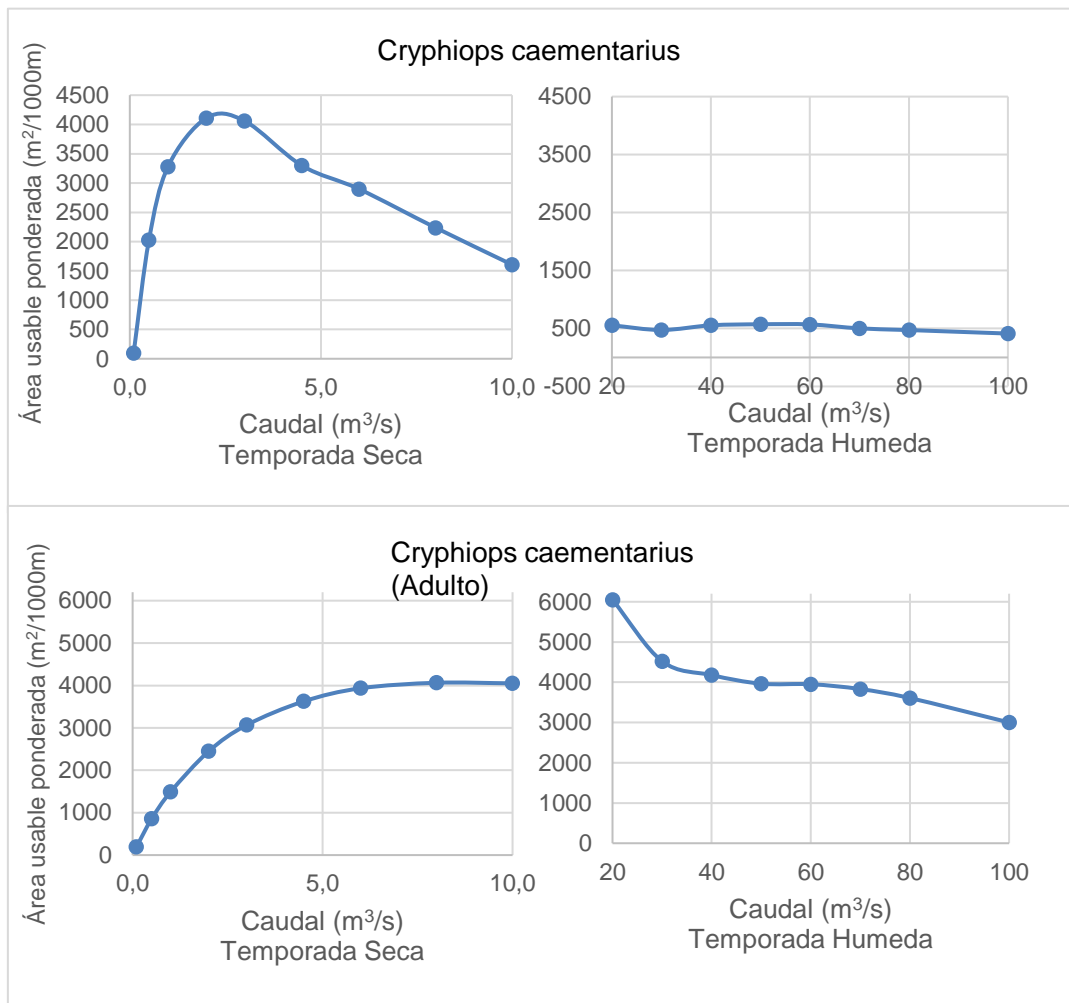
**Tabla 6.28.** Valores de idoneidad de las especies seleccionadas para las categorías de índice de canal

Índice de canal	<i>Cryphiops caementarius</i> (Juvenil)	<i>Cryphiops caementarius</i> (Adulto)	<i>Basilichthys semotilus</i>	<i>Etmobrycon peruanus</i>	<i>Trichomycterus punctulatus</i>	Baetidae	Leptophlebiidae	Hydropsychidae
0	0,222	0,929	0,058	0,000	0,000	0,044	0,000	0,000
1	0,185	1,000	0,67	1,000	1,000	0,389	0,317	0,120
2	0,185	0,429	0,097	0,478	0,149	0,319	0,212	0,240
3	0,000	0,000	0,33	0,000	0,023	0,027	0,096	0,040
4	0,000	0,000	0,806	0,033	0,011	0,071	0,067	0,040
5	0,037	0,071	0,932	0,000	0,000	0,027	0,019	0,000
6	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	0,106	0,096	0,000
7	0,222	0,286	0,136	0,167	0,092	0,982	0,962	0,960
8	1,000	0,071	0,049	0,100	0,057	1,000	1,000	1,000
9	0,000	0,000	0,000	0,011	0,000	0,044	0,000	0,000
10	0,000	0,071	0,01	0,100	0,000	0,044	0,019	0,000

### 6.2.5. Curvas de uso de hábitat

#### a) Tramo de caudal ecológico San Juanito

En la Figura 6.37 se aprecia las curvas de uso de hábitat para *Cryphiops caementarius* juvenil y adulto. Los juveniles de *Cryphiops caementarius* presentaron una mayor área de hábitat entre un caudal de 2 m<sup>3</sup>/s y 3 m<sup>3</sup>/s. Antes de 1 m<sup>3</sup>/s la caída del hábitat es mucho más pronunciada, mientras que en la temporada húmeda (a partir de 10 m<sup>3</sup>/s) el área de hábitat se mantiene casi constante en 500 m<sup>2</sup>/1000 m. Mientras que, el uso de hábitat para los adultos de *Cryphiops caementarius* tuvo un descenso a partir de 6 m<sup>3</sup>/s, y en la temporada húmeda empieza a partir de 10 m<sup>3</sup>/s. El cambio brusco del uso del hábitat entre la temporada seca y húmeda para los adultos de *Cryphiops caementarius* es un reflejo de la desaparición de las algas filamentosas durante la temporada seca, que parece condicionar un mayor hábitat para los adultos de camarón.

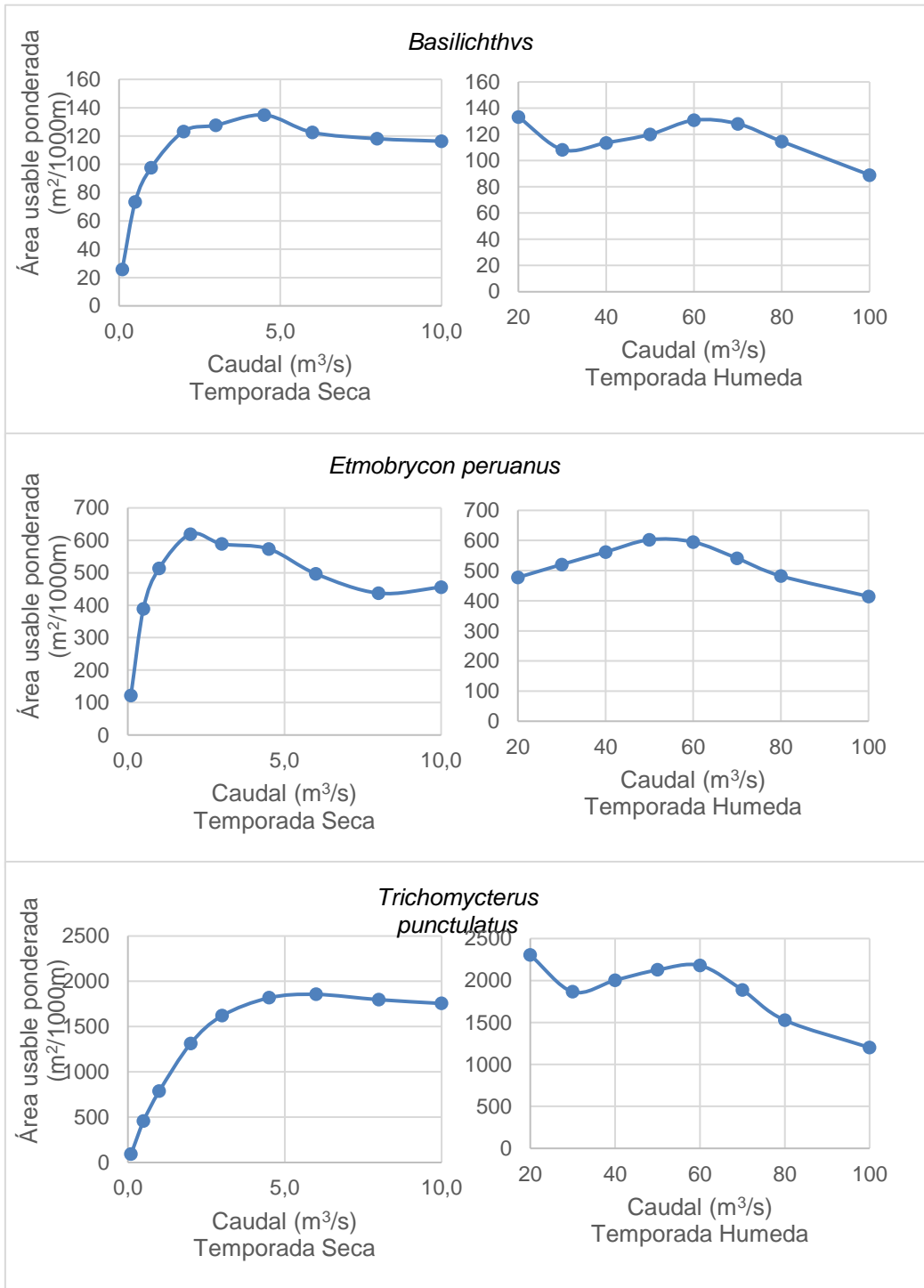


**Figura 6.37.**Curvas de uso de hábitat para *Cryphiops caementarius* juvenil y adulto en el tramo de caudal ecológico San Juanito.

El valor máximo de hábitat para *Basilichthys semotilus* está asociado a un caudal de 4,5 m<sup>3</sup>/s, mientras que su caída drástica se da en valores inferiores de 2 m<sup>3</sup>/s. Los valores de hábitat se mantienen constante a partir de 6 m<sup>3</sup>/s, mientras que en la temporada húmeda ocurre un aumento ligera aumento del hábitat hasta volver a caer en un valor de caudal de 80 m<sup>3</sup>/s.

El valor máximo de hábitat para *Etmobrycon peruanus* está asociado a un caudal de 2 m<sup>3</sup>/s, mientras que su caída drástica se da en valores inferiores de 2 m<sup>3</sup>/s. A partir de 6 m<sup>3</sup>/s, los valores de hábitat oscilan entre 400 m<sup>2</sup>/1000 m y 600 m<sup>2</sup>/1000 m.

El valor máximo de hábitat para *Trichomycterus punctulatus* se encuentra entre valores de 6 m<sup>3</sup>/s y 10 m<sup>3</sup>/s. En valores inferiores de 3 m<sup>3</sup>/s la caída del hábitat se vuelve más precipitada, mientras que, en la temporada húmeda, los valores de hábitat oscilan entre 1500 y 2500 m<sup>2</sup>/1000m hasta un valor de caudal de 80 m<sup>3</sup>/s, donde el hábitat empieza a disminuir en valores superiores.



**Figura 6.38.**Curvas de uso de hábitat para *Basilichthys semotilus*, *Etmobrycon peruanus* y *Trichomycterus punctulatus* en el tramo de caudal ecológico San Juanito.

Baetidae y Leptohiphidae mostraron curvas de hábitat similares, con el valor más alto asociado a un caudal de 2 m<sup>3</sup>/s. Valores inferiores de 2 m<sup>3</sup>/s, mostraron caídas de hábitat más pronunciada, mientras que durante la temporada húmeda los valores de hábitat se



mantuvieron constantes. La curva para Hydropsychidae se desplaza ligeramente a la derecha con el valor más alto de hábitat asociado a un caudal de 3 m<sup>3</sup>/s, mientras que el hábitat durante la temporada húmeda se mantiene constante.

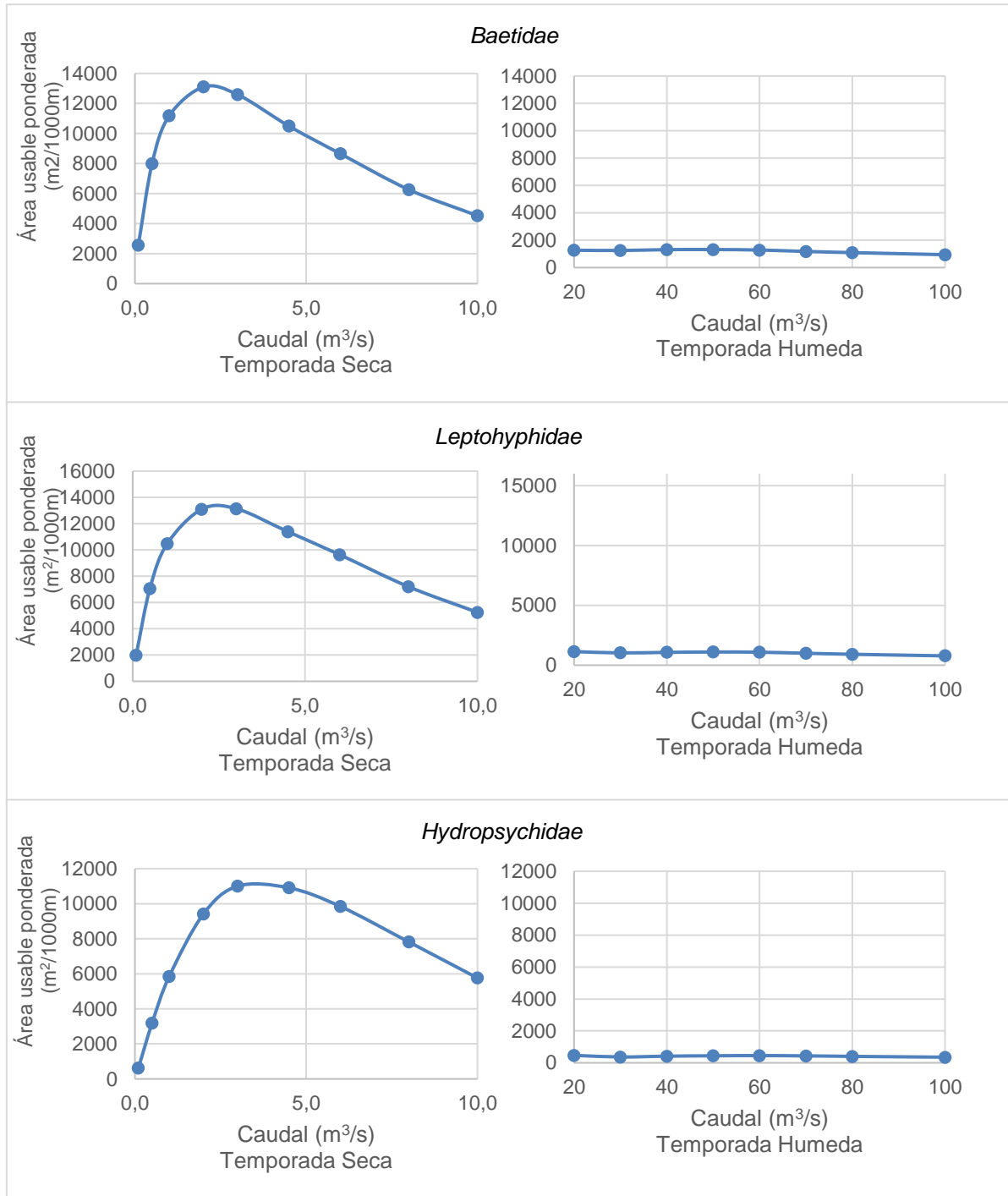


Figura 6.39. Curvas de uso de hábitat para *Baetidae*, *Leptohiphidae* e *Hydropsychidae* en el tramo de caudal ecológico San Juanito.



### Tramo de caudal ecológico Puente Matica

La evaluación de solo una temporada en el tramo de caudal ecológico de Puente Matica permitió solo la estimación durante la época seca. Los juveniles de *Cryphiops caementarius* presentaron un mayor valor de hábitat asociado a un caudal de 2 m<sup>3</sup>/s, mientras que valores anteriores generaron una caída drástica en valores de hábitat. A partir de valores de 4 m<sup>3</sup>/s los registros de hábitat se matienen constantes (aproximadamente 300 m<sup>2</sup>/1000m). En el caso de los adultos de *Cryphiops caementarius*, el mayor valor de hábitat (aproximadamente 2000 m<sup>3</sup>/s) estuvo asociado a caudales superiores de 2,2 m<sup>3</sup>/s, mientras que valores inferiores mostraron una caída drástica del hábitat.

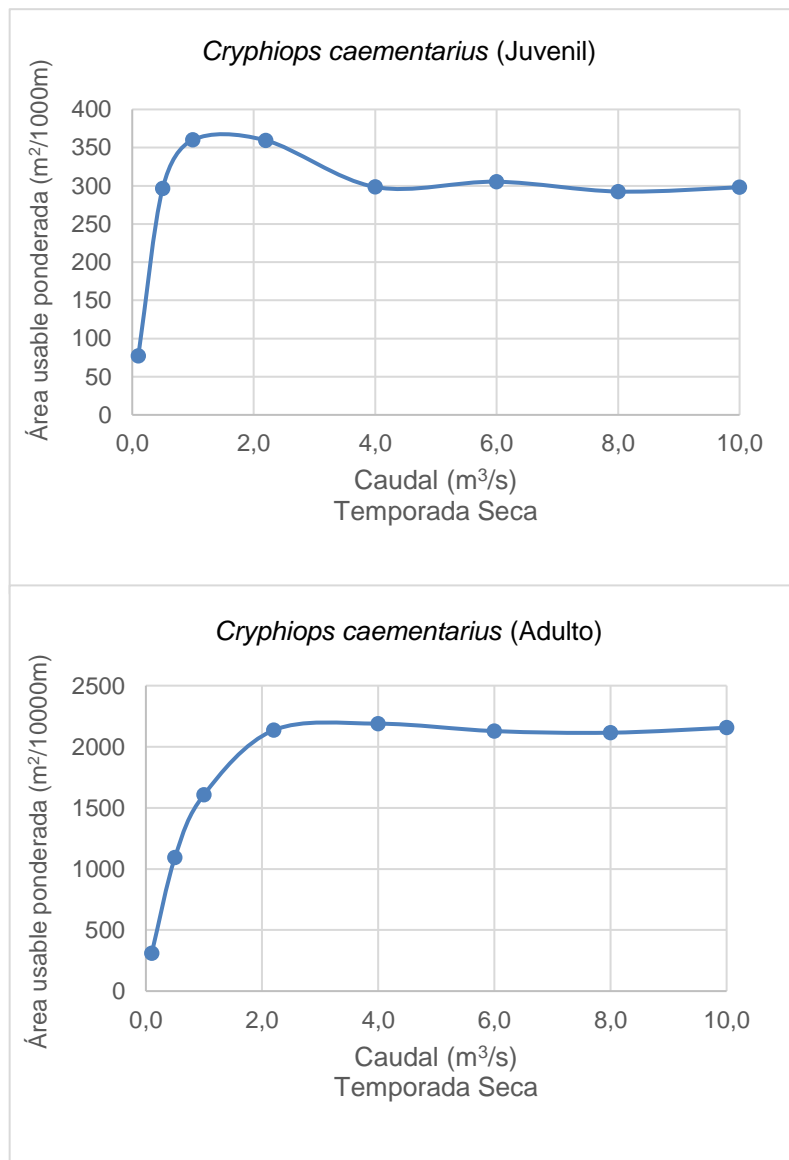
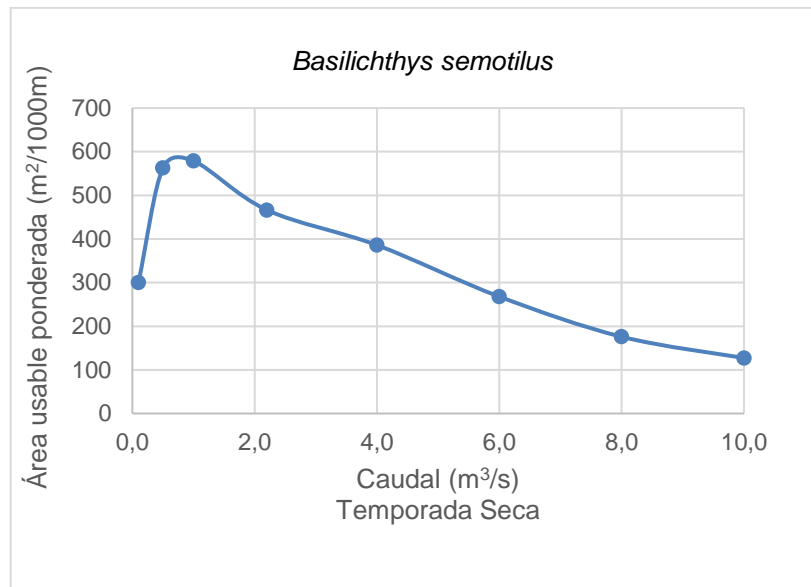


Figura 6.40. Curvas de uso de hábitat para *Cryphiops caementarius* juvenil y adulto en el tramo de caudal ecológico Puente Matica



El mayor valor de hábitat para *Basilichthys semotilus* (aproximadamente 600 m<sup>2</sup>/1000m) estuvo asociado a un valor de caudal de 1 m<sup>3</sup>/s. La preferencia de *Basilichthys semotilus* por pozas (lugares profundos y de poca velocidad) parecen incrementarse para un valor de caudal 1 m<sup>3</sup>/s en el tramo de caudal ecológico de Puente Matica.



**Figura 6.41.**Curvas de uso de hábitat para *Basilichthys semotilus* en el tramo de caudal ecológico Puente Matica

Baetidae y LeptoHyphidae tuvieron curvas de hábitat similares, con el mayor hábitat asociado a un caudal de 1 m<sup>3</sup>/s, mientras que valores inferiores mostraron una caída más drástica del hábitat. Para el caso de Hydropsychidae, el mayor hábitat estuvo asociado a un caudal de 2 m<sup>3</sup>/s. Sin embargo, la cantidad de hábitat generado es mayor para Baetidae y LeptoHyphidae en comparación con Hydropsychidae.



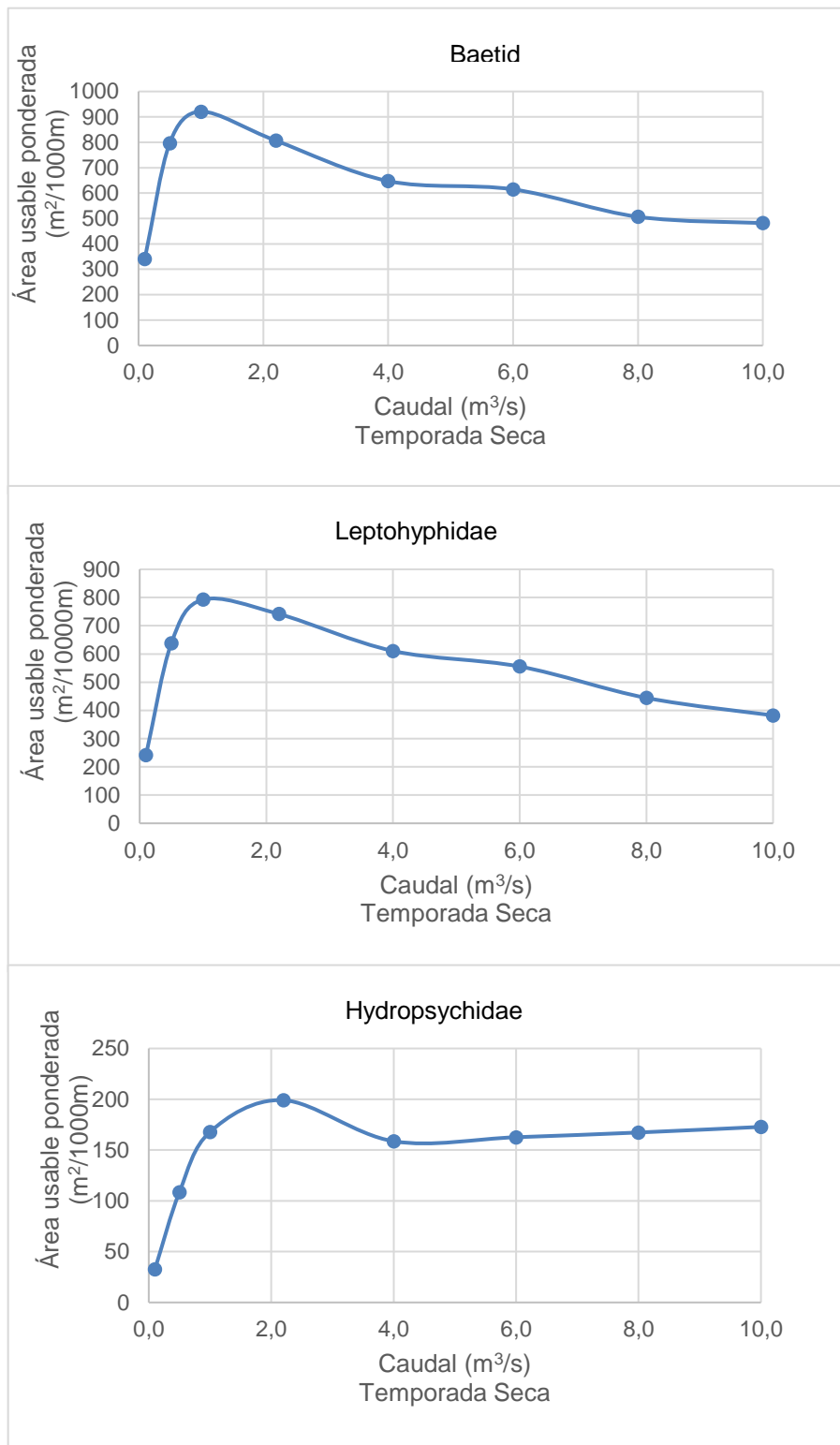


Figura 6.42. Curvas de uso de hábitat para *Baetidae*, *Leptohiphidae* e *Hydropsychidae* en el tramo de caudal ecológico Puente Matica



**6.3. Objetivo específico 3: Evaluar el impacto de la purga de sedimentos del embalse Capillucas en el 2021**

Durante las purgas de sedimentos el administrado evaluó 6 puntos de muestreo de calidad de agua superficial del embalse Capillucas en enero y marzo del 2021. Los puntos de muestreo estuvieron ubicados a la altura de las localidades de Capillucas, Chavín, Catapalla, Socsi, Fortaleza y Pampilla. Dichos puntos distribuidos desde aguas arriba de dicho embalse hasta antes de la desembocadura con el Océano Pacífico.

**A. Comparación con Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua categoría 1 (conservación del ambiente acuático de ríos de Costa y Sierra), Sub-Categoría A2 (aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional); aprobado mediante Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM**

De acuerdo a los resultados reportados por el administrado a continuación, se presentan los valores de concentraciones de los parámetros que excedieron el estándar. En el Anexo 4 se presenta la totalidad de resultados.

**Estación Capillucas**

En la estación Capillucas durante las purgas de sedimentos realizadas en enero y marzo 2021 los parámetros fisicoquímicos de campo como de laboratorio, se encontraron dentro los rangos establecidos en los ECA para Agua 2017 categoría 1 A2, a excepción de cadmio total que registró un valor por encima del estándar para el 30 de enero 2021 a las 7:00 horas y 13:00 horas. En la Tabla 6.29 se muestra la concentración de dicho parámetro desde el inicio a fin del monitorio realizado por el administrado. Los informes de ensayo reportados por el administrado se encuentran en el Anexo 7 (Data de purga de sedimentos 2021).

**Tabla 6.29.** Concentración de Cadmio en la estación Capillucas

Estación	Fecha	Hora de muestreo	Cadmio Total(mg/L)
Capillucas	29/01/2021	04:00:00	<0,0002
		07:00:00	<0,0002
		10:00:00	<0,0002
		13:00:00	<0,0002
		16:00:00	<0,0002
		19:00:00	<0,0002
		22:00:00	<0,0002
	30/01/2021	01:00:00	<0,0002
		04:00:00	0,0019
		07:00:00	0,0403
		10:00:00	<0,0002



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres «Año del Bicentenario del Perú: 200 años de independencia»

		13:00:00	0,0271
19/03/2021		04:00:00	<0,0002
		07:00:00	<0,0002
		10:00:00	<0,0002
		13:00:00	<0,0002
		16:00:00	<0,0002
		19:00:00	<0,0002
		22:00:00	<0,0002
20/03/2021		01:00:00	<0,0002
		04:00:00	<0,0002
		07:00:00	<0,0002
		10:00:00	<0,0002
		13:00:00	<0,0002
ECA para Agua 2017: Cat1A2			0,01

Concentraciones que excedieron el ECA para Agua 2017 Categoría 1-A2.

Respecto a la concentración de sólidos totales suspendidos en la Figura 6.43 y Figura 6.44 se muestra la variación de dicha concentración con un valor mínimo registrado de 8 mg/L y un máximo de 48 mg/L.

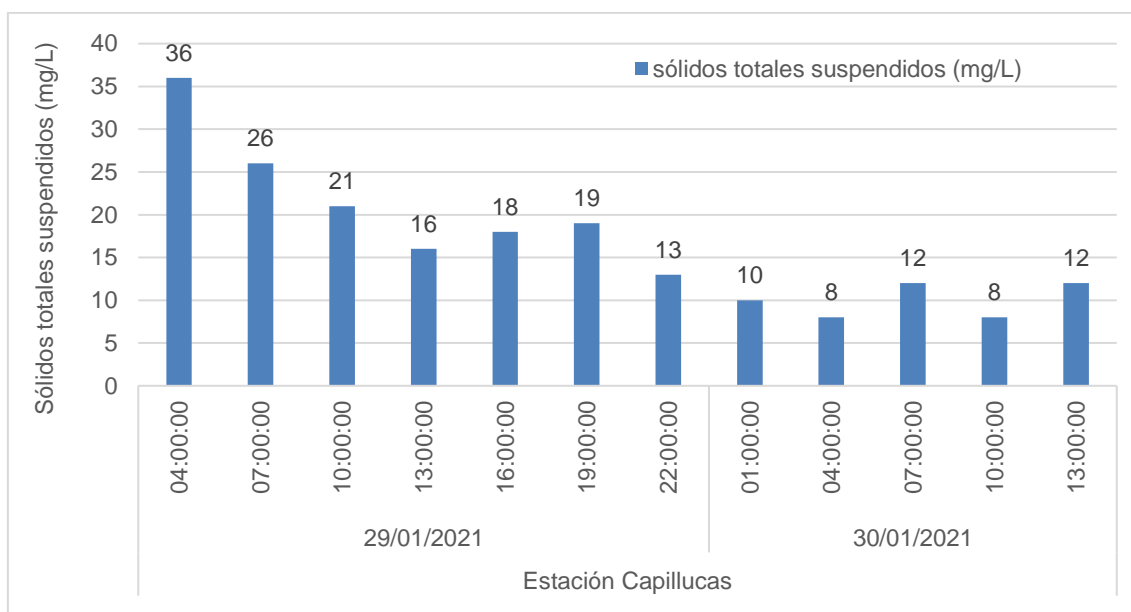


Figura 6.43. Concentraciones de sólidos totales suspendidos registrados en enero 2021 en la estación Capillucas

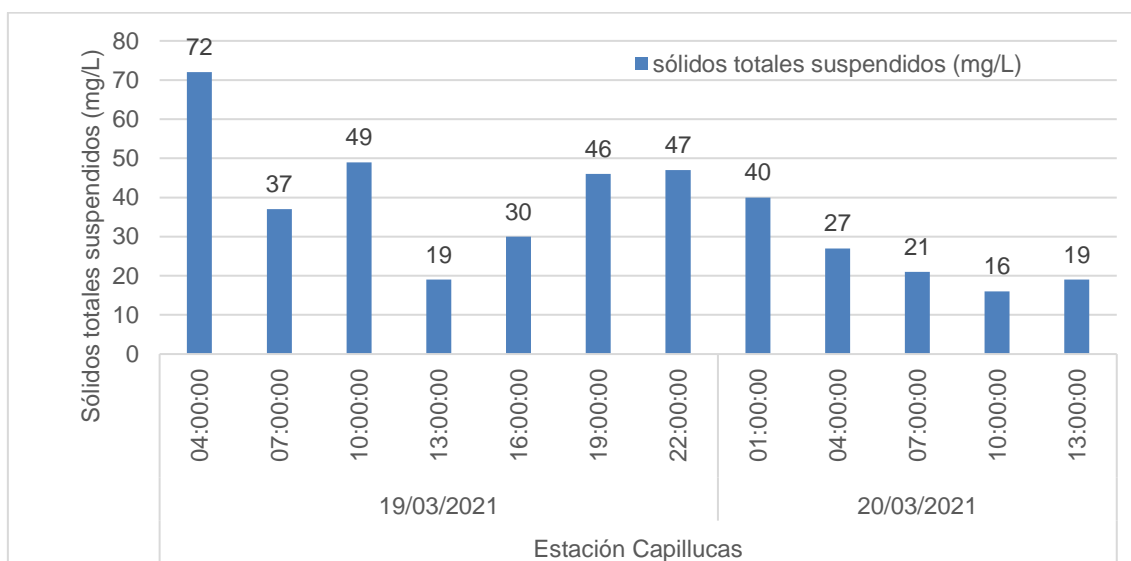


Figura 6.44. Concentraciones de sólidos totales suspendidos registrados en enero 2021 en la estación Capillucas

### Estación Chavín

En la estación Chavín durante las purgas de sedimentos realizadas en enero y marzo de 2021 los parámetros fisicoquímicos de campo como de laboratorio, se encontraron dentro los rangos establecidos en los ECA para Agua 2017 categoría 1 A2, a excepción de la turbidez, sulfato, hierro, manganeso, plomo y coliformes fecales que registraron valores por encima del estándar en ciertas horas. En la Tabla 6.30 se muestra la concentración de dichos parámetros desde el inicio a fin del monitorio realizado por el administrado.

Tabla 6.30. Parámetros que excedieron los ECA para Agua 2017 Categoría 1-A2 en la estación Chavín

Estación	Fecha	Fecha	Turbidez (NTU)	Sulfato (mg/L)	Aluminio Total (mg/L)	Hierro Total (mg/L)	Manganeso Total (mg/L)	Plomo Total (mg/L)	Coliformes Fecales (Termotolerantes) (NMP)
Chavín	29/01/2021	04:00	7,50	1008,70	0,4750	0,1520	0,00267	<0,003	2400,00
		07:00	65,00	-	3,2730	0,8670	0,12379	<0,003	330,00
		09:00	85,00	-	-	-	-	-	-
		10:00	600,00	693,40	1,5530	1,6380	2,07468	<0,003	13000,00
		11:00	150,00	-	-	-	-	-	-
		12:00	200,00	-	-	-	-	-	-
		13:00	500,00	-	2,1820	3,3920	0,71938	<0,003	330,00
		14:00	250,00	-	-	-	-	-	-
		15:00	290,00	-	-	-	-	-	-
		16:00	600,00	755,60	2,5610	3,9920	0,69311	<0,003	5400,00
17:00	600,00	-	-	-	-	-	-	-	



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica Científica

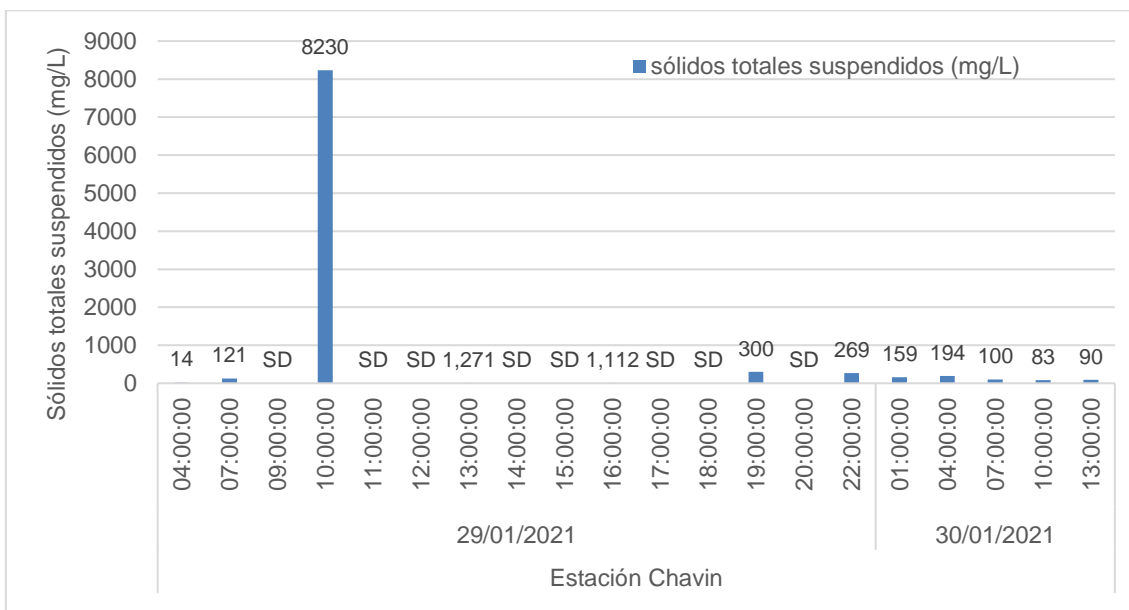
Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
«Año del Bicentenario del Perú: 200 años de independencia»

Estación	Fecha	Fecha	Turbidez (NTU)	Sulfato (mg/L)	Aluminio Total (mg/L)	Hierro Total (mg/L)	Manganeso Total (mg/L)	Plomo Total (mg/L)	Coliformes Fecales (Termotolerantes) (NMP)
		18:00	500,00	-	-	-	-	-	-
		19:00	400,00	-	2,9900	2,4570	0,29016	<0,003	130,00
		20:00	380,00	-	-	-	-	-	-
		22:00	300,00	34,40	2,1290	1,1710	0,14840	<0,003	79,00
	30/01/2021	01:00	150,00	-	1,7610	0,7780	0,04947	<0,003	130,00
		04:00	120,00	33,10	1,6340	0,8580	0,07356	<0,003	240,00
		07:00	110,00	-	1,3250	0,3070	0,01589	<0,003	540,00
		10:00	85,00	34,00	1,5670	0,1600	0,00637	<0,003	170,00
		13:00	75,00	33,10	1,4530	0,0940	0,00345	<0,003	26,00
	19/03/2021	04:00	54,70	25,80	0,5560	0,5130	0,16610	<0,003	490,00
		07:00	172,00	-	1,0290	1,0290	-	<0,003	330,00
		09:00	328,00	-	-	-	1,31700	-	-
		10:00	860,00	28,10	3,4370	6,3360	-	<0,003	3300,00
		11:00	825,00	-	-	-	-	-	-
		12:00	468,00	-	-	-	0,47530	-	-
		13:00	476,00	-	5,4910	6,8590	-	<0,003	790,00
		14:00	406,00	-	-	-	-	-	-
		15:00	1218,00	-	-	-	1,02430	-	-
		16:00	835,00	30,50	6,1270	10,2020	-	0,0520	330,00
		17:00	-	-	-	-	-	-	-
		18:00	-	-	-	-	0,44792	-	-
		19:00	-	-	2,4700	3,5960	-	<0,003	130,00
		20:00	-	-	-	-	0,19544	-	-
	22:00	-	29,20	4,1610	3,6510	0,21129	<0,003	490,00	
	20/03/2021	01:00	-	-	5,2500	4,5160	0,13676	<0,003	330,00
04:00		-	29,50	3,4390	2,7750	0,06591	<0,003	230,00	
07:00		-	-	0,8220	0,6770	0,07034	<0,003	230,00	
10:00		-	30,20	1,7780	1,4580	0,05914	<0,003	330,00	
13:00		-	30,50	0,7910	0,6200	-	<0,003	79,00	
<b>ECA para Agua 2017: Cat1A2</b>			<b>100</b>	<b>500</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>0,4</b>	<b>0,05</b>	<b>2000</b>

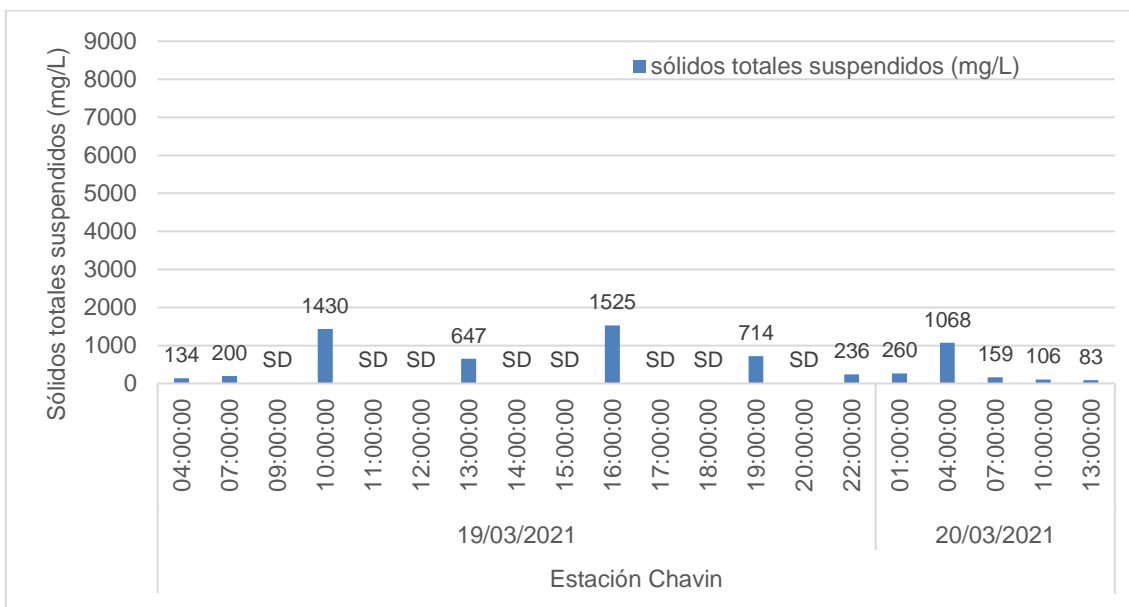
Concentraciones que excedieron el ECA para Agua 2017 Categoría 1-A2



Respecto a la concentración de sólidos totales suspendidos en la Figura 6.45 y Figura 6.46 se muestra la variación de dicha concentración con un valor mínimo registrado de 14 mg/L y un máximo de 8234 mg/L.



**Figura 6.45.** Concentraciones de sólidos totales suspendidos registrados en enero en la estación Chavín  
SD: sin dato



**Figura 6.46.** Concentraciones de sólidos totales suspendidos registrados en marzo 2021 en la estación Chavín  
SD: sin dato

**Estación Catapalla**

En la estación Chavín durante las purgas de sedimentos realizadas en enero y marzo los parámetros fisicoquímicos de campo como de laboratorio se encontraron dentro los rangos establecidos en los ECA para Agua 2017 categoría 1 A2, a excepción de la turbidez, aluminio, hierro, manganeso y coliformes fecales que registraron valores por encima del estándar en ciertas horas. En la Tabla 6.31 se muestra la concentración de dichos parámetros desde el inicio a fin del monitorio realizado por el administrado.

**Tabla 6.31.** Parámetros que excedieron los ECA para Agua 2017 Categoría 1-A2 en la estación Catapalla

Estación	Fecha	Hora	Turbidez (NTU)	Aluminio Total (mg/L)	Hierro Total (mg/L)	Manganeso Total (mg/L)	Coliformes Fecales (Termotolerantes) (NMP)
Catapalla	29/01/2021	04:00:00	-	1,0970	0,2020	0,00290	920,00
		07:00:00	-	1,2860	0,1650	0,00237	490,00
		10:00:00	-	1,1650	0,5780	0,00670	3500,00
		12:00:00	-	-	-	-	-
		13:00:00	-	2,0640	2,0920	0,02756	13000,00
		14:00:00	-	-	-	-	-
		15:00:00	-	-	-	-	-
		16:00:00	-	3,3180	6,2250	1,24261	23000,00
		17:00:00	150,00	-	-	-	-
		18:00:00	160,00	-	-	-	-
		19:00:00	180,00	4,4150	5,9030	0,64214	350,00
		20:00:00	215,00	-	-	-	-
		21:00:00	240,00	-	-	-	-
		22:00:00	320,00	3,1650	3,4330	0,37802	140,00
	23:00:00	300,00	-	-	-	-	
	30/01/2021	01:00:00	220,00	2,1170	1,8900	0,19278	79,00
		04:00:00	110,00	1,2600	1,1980	0,08361	110,00
		07:00:00	110,00	1,5430	1,5730	0,11171	170,00
		10:00:00	100,00	1,0050	0,6110	0,04396	920,00
		13:00:00	55,00	0,6440	0,3130	0,01496	340,00
	19/03/2021	04:00:00	78,30	0,5180	0,4360	0,01810	130,00
		07:00:00	94,80	0,7130	0,6340	0,02350	330,00
		10:00:00	199,00	3,1130	1,7250	0,13760	330,00
		12:00:00	311,00	-	-	-	-
		13:00:00	320,00	1,8530	1,8020	0,18000	2300,00
		14:00:00	682,00	-	-	-	-
		15:00:00	689,00	-	-	-	-
		16:00:00	699,00	2,8810	3,7480	0,53500	13000,00
		17:00:00	419,00	-	-	-	-
	18:00:00	632,00	-	-	-	-	





Estación	Fecha	Hora	Turbidez (NTU)	Aluminio Total (mg/L)	Hierro Total (mg/L)	Manganeso Total (mg/L)	Coliformes Fecales (Termotolerantes) (NMP)
		19:00:00	596,00	5,5700	5,6090	0,30919	1300,00
		20:00:00	800,00	-	-	-	-
		21:00:00	757,00	-	-	-	-
		22:00:00	566,00	9,9020	10,9680	0,60768	2300,00
		23:00:00	510,00	-	-	-	-
	20/03/2021	01:00:00	566,00	6,8820	7,1280	0,33694	790,00
		04:00:00	181,00	3,4190	2,9720	0,14587	1300,00
		07:00:00	136,00	2,5630	2,2030	0,12720	2300,00
		10:00:00	111,00	1,9640	1,8270	0,08253	330,00
		13:00:00	97,60	1,2230	1,1040	0,05235	4900,00
<b>ECA para Agua 2017: Cat1A2</b>			<b>100</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>0,4</b>	<b>2000</b>

Respecto a la concentración de sólidos totales suspendidos en la Figura 6.47 y Figura 6.48 se muestra la variación de dicha concentración con un valor mínimo registrado de 18 mg/L y un máximo de 932 mg/L.

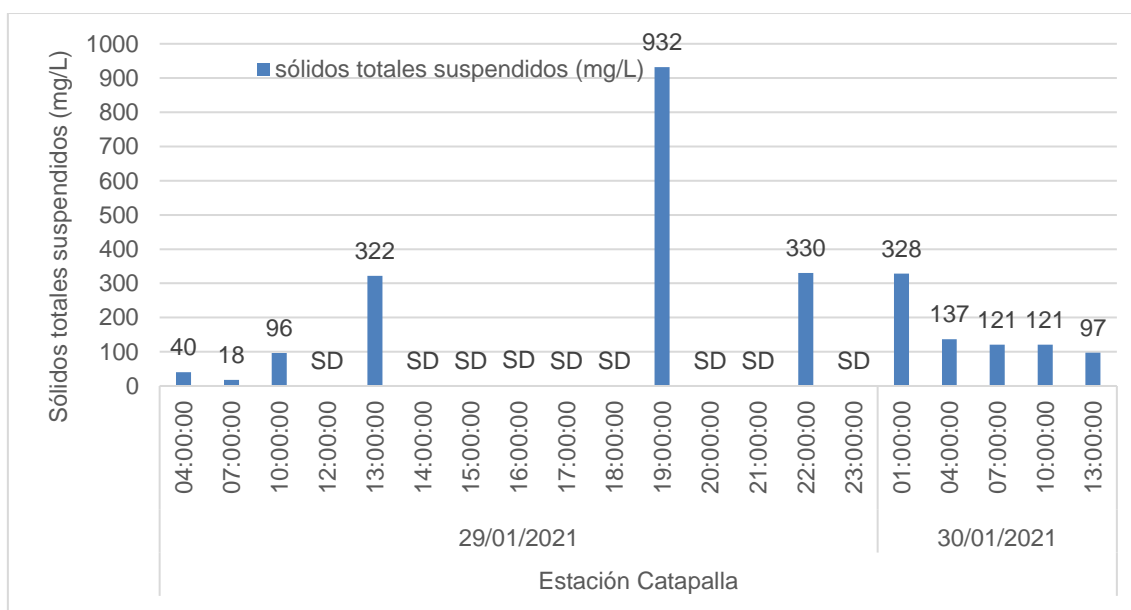


Figura 6.47. Concentraciones de sólidos totales suspendidos registrados en enero en la estación Catapalla

SD: sin dato

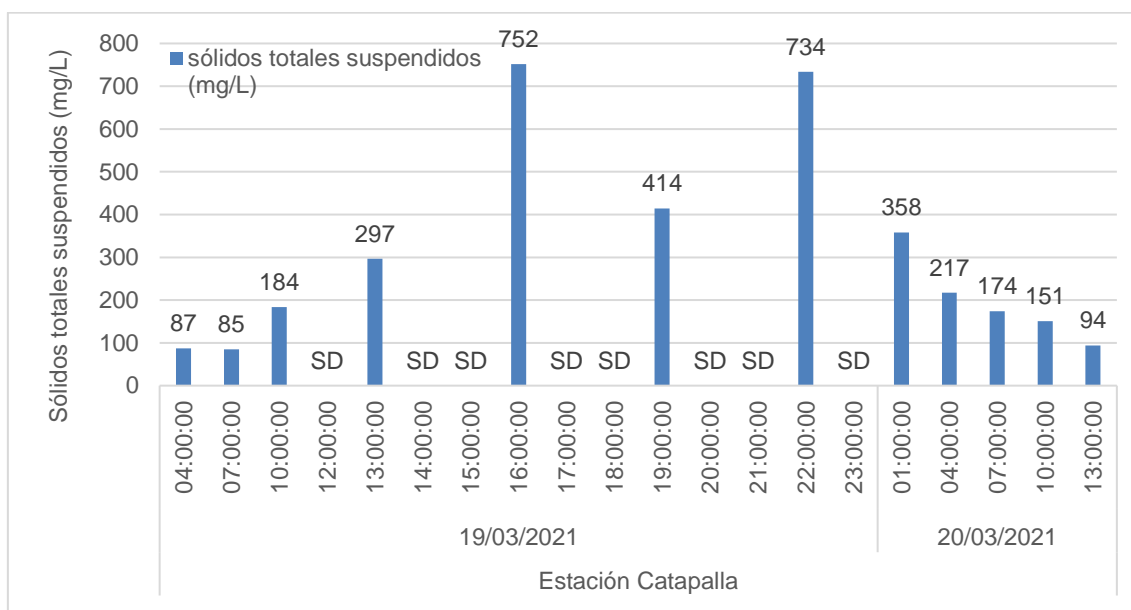


Figura 6.48. Concentraciones de sólidos totales suspendidos registrados en marzo en la estación Catapalla SD: sin dato

Estación Socsi

En la estación Chavín durante las purgas de sedimentos realizadas en enero y marzo de 2021 los parámetros fisicoquímicos de campo como de laboratorio se encontraron dentro los rangos establecidos en los ECA para Agua 2017 categoría 1 A2, a excepción de la turbidez, aluminio, hierro, manganeso y coliformes fecales que registraron valores por encima del estándar en ciertas horas. En la Tabla 6.32 se muestra la concentración de dichos parámetros desde el inicio a fin del monitorio realizado por el administrado.

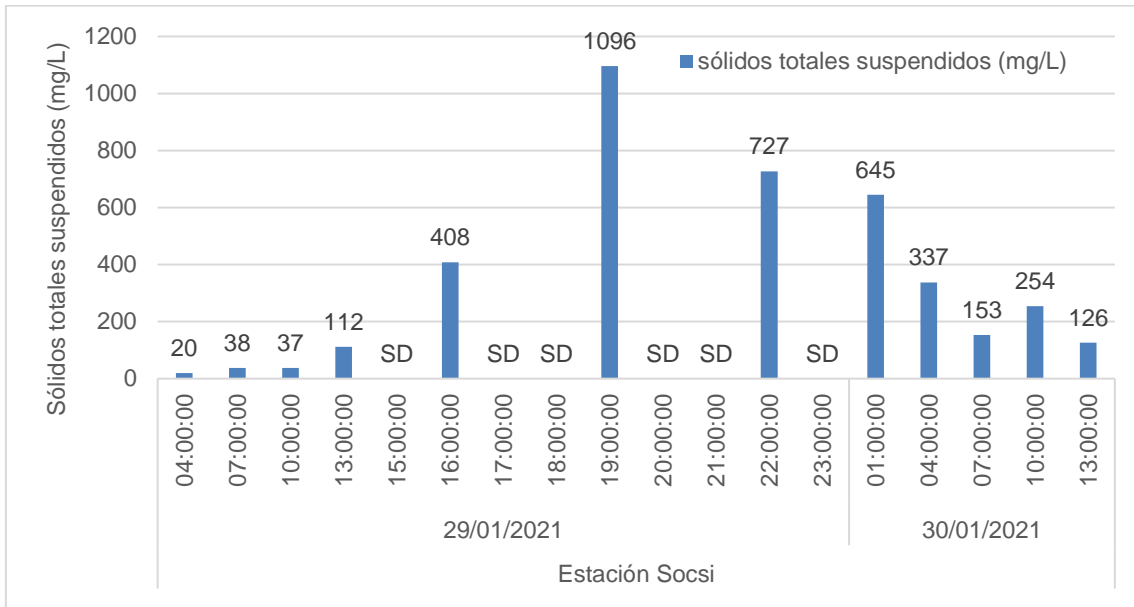
Tabla 6.32. Parámetros que excedieron los ECA para Agua 2017 Categoría 1-A2 en la estación Socsi

Estación	Fecha	Hora	Turbidez (NTU)	Aluminio Total (mg/L)	Hierro Total (mg/L)	Manganeso Total (mg/L)	Coliformes Fecales (Termotolerantes) (NMP)
Socsi	29/01/2021	04:00:00	27,00	0,7010	0,6010	0,01670	790,00
		07:00:00	27,00	0,6660	0,6000	0,02480	1300,00
		10:00:00	32,00	0,6720	0,5320	0,01670	3300,00
		13:00:00	110,00	1,1610	0,9980	0,06560	3300,00
		15:00:00	-	-	-	-	-
		16:00:00	150,00	1,2080	1,1750	0,11060	3300,00
		17:00:00	2500,00	-	-	-	-
		18:00:00	3100,00	-	-	-	-
		19:00:00	2400,00	10,8370	9,9190	0,46543	3300,00
		20:00:00	1000,00	-	-	-	-
		21:00:00	950,00	-	-	-	-
		22:00:00	700,00	12,3620	8,9240	0,40917	230,00

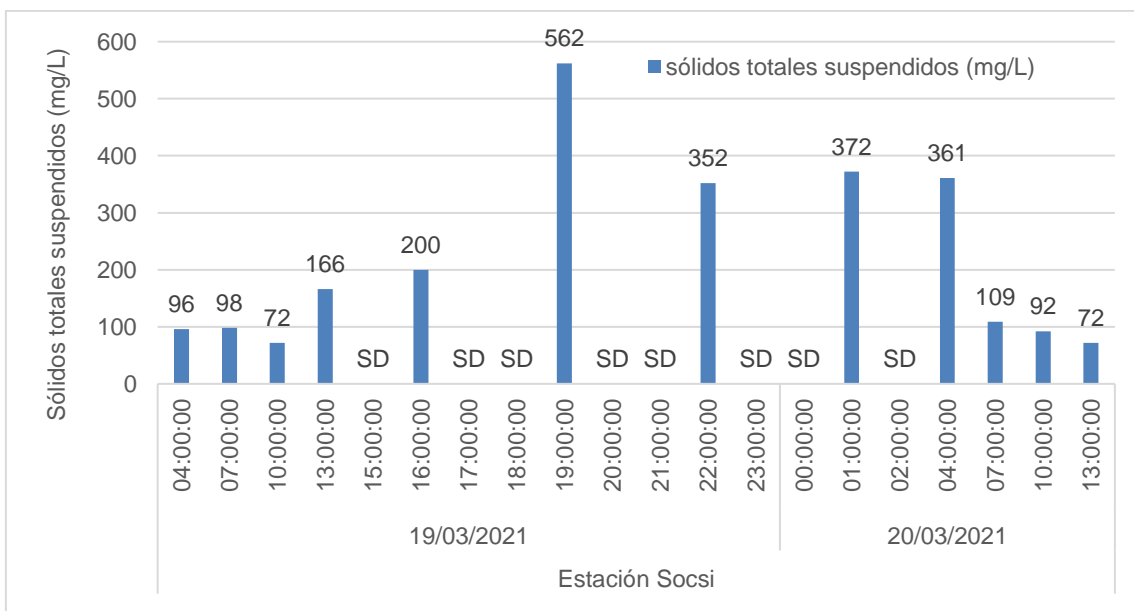


Estación	Fecha	Hora	Turbidez (NTU)	Aluminio Total (mg/L)	Hierro Total (mg/L)	Manganeso Total (mg/L)	Coliformes Fecales (Termotolerantes) (NMP)	
	30/01/2021	23:00:00	1100,00	-	-	-	-	
		01:00:00	550,00	-	-	-	-	
		04:00:00	290,00	7,5290	7,0980	0,31726	1300,00	
		07:00:00	170,00	-	-	-	-	
		10:00:00	150,00	6,6120	6,0010	0,25917	2300,00	
		13:00:00	140,00	3,5030	2,8030	0,13643	1300,00	
	19/03/2021	04:00:00	79,50	0,7010	0,6010	0,01670	790,00	
		07:00:00	93,20	0,6660	0,6000	0,02480	1300,00	
		10:00:00	111,00	0,6720	0,5320	0,01670	3300,00	
		13:00:00	231,00	1,1610	0,9980	0,06560	3300,00	
		15:00:00	283,00	-	-	-	-	
		16:00:00	314,00	1,2080	1,1750	0,11060	3300,00	
		17:00:00	855,00	-	-	-	-	
		18:00:00	702,00	-	-	-	-	
		19:00:00	535,00	10,8370	9,9190	0,46543	3300,00	
		20:00:00	501,00	-	-	-	-	
		21:00:00	456,00	-	-	-	-	
		22:00:00	546,00	12,3620	8,9240	0,40917	230,00	
		23:00:00	637,00	-	-	-	-	
		20/03/2021	00:00:00	640,00	-	-	-	-
	01:00:00		334,00	7,5290	7,0980	0,31726	1300,00	
	02:00:00		208,00	-	-	-	-	
	04:00:00		225,00	6,6120	6,0010	0,25917	2300,00	
	07:00:00		176,00	3,5030	2,8030	0,13643	1300,00	
	10:00:00		120,00	2,1720	1,7530	0,08287	2,00	
	13:00:00		80,00	2,0790	1,5710	0,07003	790,00	
	<b>ECA para Agua 2017: Cat1A2</b>			<b>100</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>0,4</b>	<b>2000</b>

Respecto a la concentración de sólidos totales suspendidos en la Figura 6.49 y Figura 6.50 se muestra la variación de dicha concentración con un valor mínimo registrado de 20 mg/L y un máximo de 1096 mg/L.



**Figura 6.49.** Concentraciones de sólidos totales suspendidos registrados en enero 2021 en la estación Socsi  
SD: sin dato



**Figura 6.50.** Concentraciones de sólidos totales suspendidos registrados en marzo 2021 en la estación Socsi  
SD: sin dato

### Estación Fortaleza

En la estación Chavín durante las purgas de sedimentos realizadas en enero y marzo los parámetros fisicoquímicos de campo como de laboratorio se encontraron dentro los rangos establecidos en los ECA para Agua 2017 categoría 1 A2, a excepción de la turbidez,



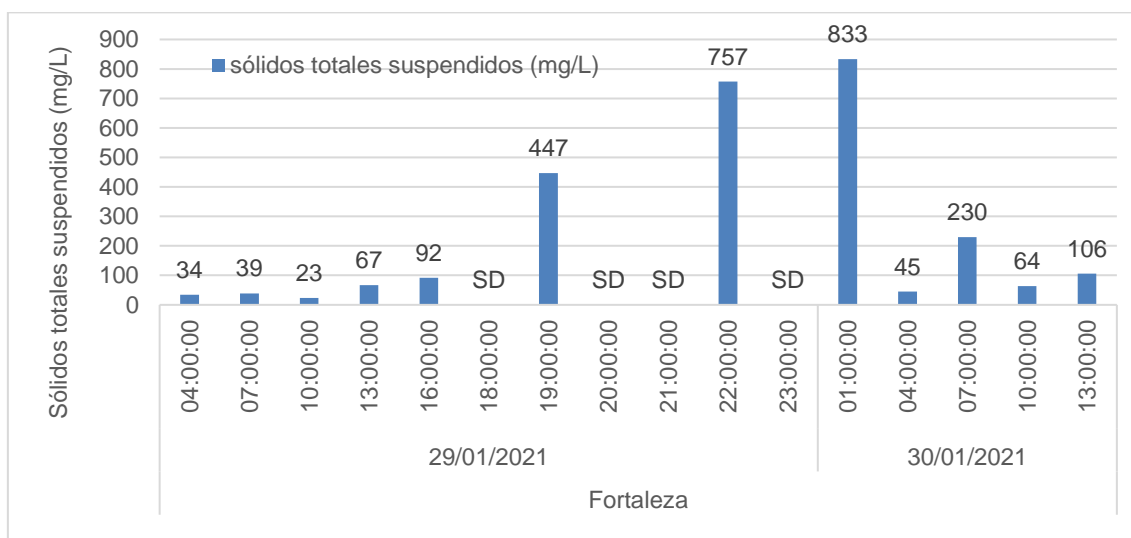
aluminio, hierro y coliformes fecales que registraron valores por encima del estándar en ciertas horas. En la Tabla 6.33 se muestra la concentración de dichos parámetros desde el inicio a fin del monitoreo realizado por el administrado.

**Tabla 6.33.** Parámetros que excedieron los ECA para Agua 2017 Categoría 1-A2 en la estación Fortaleza

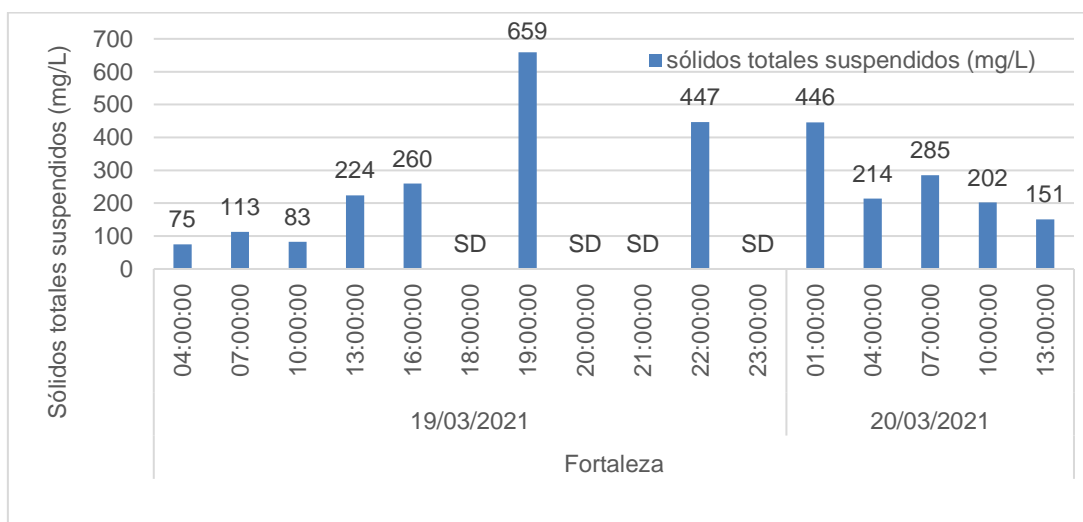
Estación	Fecha	Hora	Turbidez (NTU)	Aluminio Total (mg/L)	Hierro Total (mg/L)	Coliformes Fecales (Termotolerantes) (NMP)	
Fortaleza	29/01/2021	04:00:00	30,00	0,1820	0,00279	23,00	
		07:00:00	31,00	0,2150	0,03050	1300,00	
		10:00:00	22,00	0,3260	0,02820	330,00	
		13:00:00	40,00	0,2680	0,04050	1300,00	
		16:00:00	90,00	0,3170	0,04630	490,00	
		18:00:00	150,00	-	-	-	
		19:00:00	550,00	3,6720	0,42814	350,00	
		20:00:00	1600,00	-	-	-	
		21:00:00	1200,00	-	-	-	
		22:00:00	1300,00	4,8790	0,48080	1600,00	
		23:00:00	1200,00	-	-	-	
	30/01/2021	01:00:00	600,00	3,6590	0,45466	540,00	
		04:00:00	360,00	1,4750	0,15837	1300,00	
		07:00:00	210,00	1,3950	0,15314	350,00	
		10:00:00	190,00	0,7590	0,05194	240,00	
		13:00:00	120,00	0,3660	0,02706	920,00	
	19/03/2021	04:00:00	30,00	0,6360	0,5240	3300,00	
		07:00:00	31,00	0,8790	0,7850	1300,00	
		10:00:00	22,00	0,7020	0,6120	790,00	
		13:00:00	40,00	0,7240	0,6180	13000,00	
		16:00:00	90,00	1,7910	1,6060	23000,00	
		18:00:00	150,00	-	-	-	
		19:00:00	550,00	4,9880	5,2240	2300,00	
		20:00:00	1600,00	-	-	-	
		21:00:00	1200,00	-	-	-	
		22:00:00	1300,00	6,2190	5,9470	3300,00	
		23:00:00	1200,00	-	-	-	
	20/03/2021	01:00:00	600,00	8,1920	8,2140	2300,00	
		04:00:00	360,00	4,9640	5,6310	490,00	
		07:00:00	210,00	2,7530	2,7000	2300,00	
		10:00:00	190,00	2,0780	1,9690	79,00	
		13:00:00	100,00	1,8930	1,4900	1300,00	
	<b>ECA para Agua 2017: Cat1A2</b>			<b>100</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>2000</b>



Respecto a la concentración de sólidos totales suspendidos en la Figura 6.51 y Figura 6.52 se muestra la variación de dicha concentración con un valor mínimo registrado de 23 mg/L y un máximo de 833 mg/L.



**Figura 6.51.** Concentraciones de sólidos totales suspendidos registrados en enero 2021 en la estación Fortaleza  
SD: sin dato



**Figura 6.52.** Concentraciones de sólidos totales suspendidos registrados en marzo 2021 en la estación Fortaleza  
SD: sin dato

**Estación Pampilla**

En la estación Chavín durante las purgas de sedimentos realizadas en enero y marzo 2021 los parámetros fisicoquímicos de campo como de laboratorio se encontraron dentro los rangos establecidos en los ECA para Agua 2017 categoría 1 A2, a excepción de la turbidez, aluminio, hierro, manganeso, plomo y coliformes fecales que registraron valores por encima del estándar en ciertas horas. En la Tabla 6.34 se muestra la concentración de dichos parámetros desde el inicio a fin del monitorio realizado por el administrado.

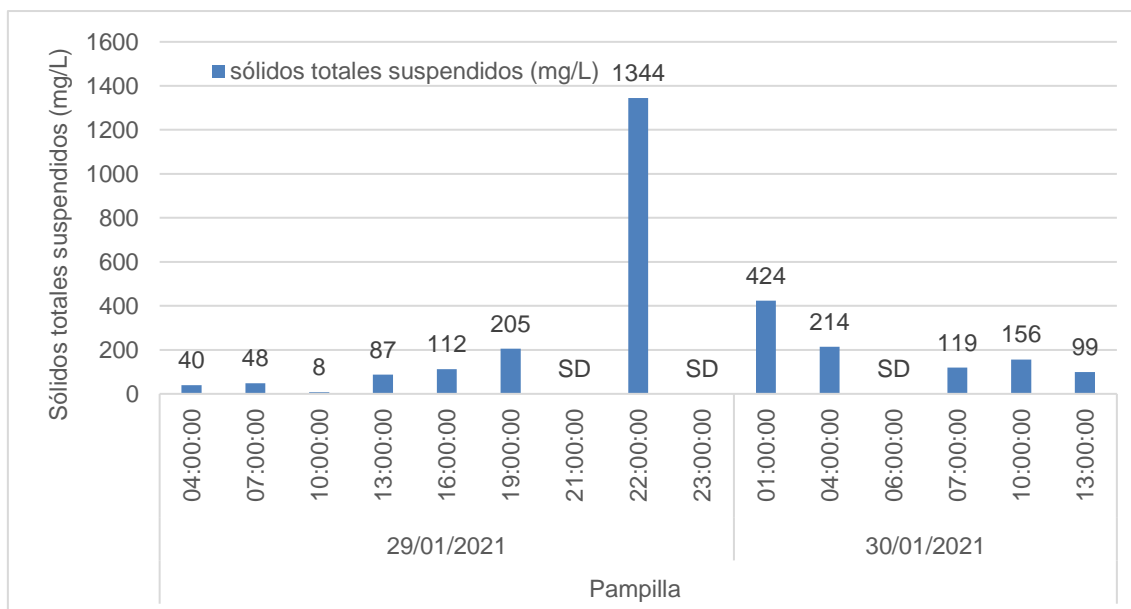
**Tabla 6.34.** Parámetros que excedieron los ECA para Agua 2017 Categoría 1-A2 en la estación Pampilla

Estación	Fecha	Hora	Turbidez (NTU)	Aluminio Total (mg/L)	Hierro Total (mg/L)	Manganeso Total (mg/L)	Plomo Total (mg/L)	Coliformes Fecales (Termotolerantes) (NMP)
Pampilla	29/01/2021	04:00:00	30,00	0,5720	0,3290	0,0164	<0,003	4900,00
		07:00:00	32,00	0,4760	0,4870	0,6443	<0,003	3300,00
		10:00:00	31,00	0,4910	0,2580	0,0147	<0,003	920,00
		13:00:00	50,00	0,4730	0,3240	0,0225	<0,003	2300,00
		16:00:00	100,00	1,0890	0,6670	0,0618	<0,003	13000,00
		19:00:00	200,00	2,2720	1,3390	0,1584	<0,003	350,00
		21:00:00	1800,00	-	-	-	-	-
		22:00:00	2100,00	5,9310	9,3180	1,3855	0,0780	240,00
		23:00:00	1900,00	-	-	-	-	-
	30/01/2021	01:00:00	1000,00	2,9830	3,3480	0,4024	0,0180	1700,00
		04:00:00	750,00	4,2030	2,7480	0,23124	0,0150	220,00
		06:00:00	<0,01	-	-	-	-	-
		07:00:00	350,00	1,6810	1,1680	0,0935	<0,003	1,600,0
		10:00:00	170,00	2,2560	1,4720	0,1591	<0,003	540,00
		13:00:00	95,00	2,0640	0,8390	0,0510	<0,003	110,00
	19/03/2021	04:00:00	30,00	0,7390	0,5970	0,02410	<0,003	13000,00
		07:00:00	32,00	0,8690	0,7520	0,07380	<0,003	7900,00
		10:00:00	31,00	0,9190	0,7540	0,01970	<0,003	790,00
		13:00:00	30,00	1,1560	0,8430	0,08930	<0,003	4900,00
		16:00:00	100,00	1,3520	1,1030	0,07920	<0,003	230000,00
		19:00:00	198,30	2,9950	2,6830	0,14401	<0,003	2300,00
		21:00:00	1845,00	-	-	-	-	-
		22:00:00	2112,00	1,4710	1,6520	0,15830	<0,003	7900,00
	23:00:00	1981,00	-	-	-	-	-	
	20/03/2021	01:00:00	1021,00	1,3920	1,5930	0,17051	<0,003	1300,00
		04:00:00	725,00	9,5760	10,3120	0,51492	<0,003	790,00
		06:00:00	<0,01	-	-	-	-	-
		07:00:00	350,00	4,3730	4,2010	0,18959	<0,003	4900,00
10:00:00		168,00	2,7960	2,5290	0,10649	<0,003	1300,00	
13:00:00		96,90	2,2000	1,9720	0,07872	<0,003	3300,00	
<b>ECA para Agua 2017: Cat1A2</b>			<b>100</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>0,4</b>	<b>0,05</b>	<b>2000</b>

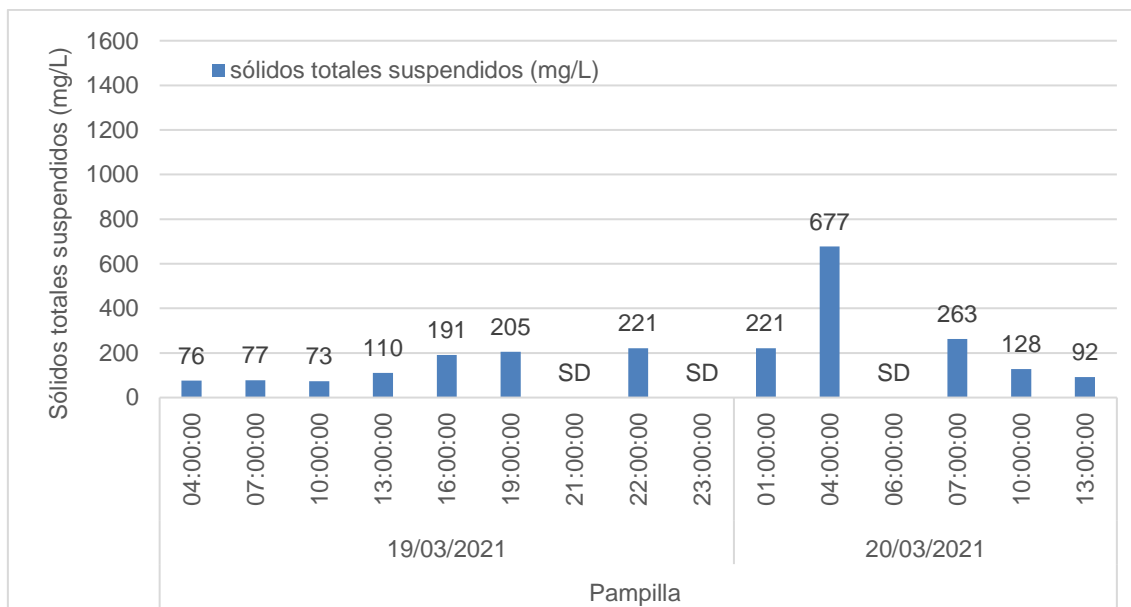




Respecto a la concentración de sólidos totales suspendidos en la Figura 6.53 y Figura 6.54 se muestra la variación de dicha concentración con un valor mínimo registrado de 8 mg/L y un máximo de 1334 mg/L.



**Figura 6.53.** Concentraciones de sólidos totales suspendidos registrados en enero 2021 en la estación Pampilla  
SD: sin dato



**Figura 6.54.** Concentraciones de sólidos totales suspendidos registrados en marzo de 2021 en la estación Pampilla  
SD: sin dato



### 7. DISCUSIÓN

En esta sección se discutirá los principales resultados obtenidos durante la EAC en el área de influencia de la C.H. El Platanal de la Compañía Eléctrica El Platanal S.A (en adelante, Celepsa). El análisis complementado con información proporcionada por DSEM, el administrado, así como otras referencias citadas permitieron evaluar los posibles riesgos hídricos del río Cañete relacionado a las actividades de operación de la C.H. El Platanal.

#### Caudal ecológico en el río Cañete – ámbito de influencia de la C.H. El Platanal

El régimen de caudal del río Cañete es característico de ríos de la vertiente del pacífico; por la presencia de descargas torrenciales e irregulares y con un período húmedo que inicia en el mes de diciembre y culmina en abril. De acuerdo al estudio de aprovechamiento hídrico<sup>21</sup> del administrado los caudales mínimos determinados para la estación Chavín (1414 m s.n.m) de una serie de histórica de datos extendidos entre los años 1926 al 2008 ascendía de 6,5 m<sup>3</sup>/s para el mes de octubre a 33,1 m<sup>3</sup>/s para el mes de marzo y respecto a los caudales medios estos tuvieron una variación media mensual entre 9,82 m<sup>3</sup>/s en el mes de setiembre a 77,29 m<sup>3</sup>/s para el mes de marzo.

En el ámbito de influencia de la C.H. El Platanal en el tramo del río Cañete comprendido aguas abajo de la captación (poblado Chicchicay) hasta el poblado de San Juanito (aproximadamente 28 km) el caudal ecológico establecido por el administrado asciende a 1,0 m<sup>3</sup>/s<sup>22</sup> tal como se establece en el IGA del administrado<sup>23</sup>, en donde se indica además en el capítulo 6.0-Determinación del caudal ecológico de la C.H. El Platanal-item 4:

*(...) cabe indicar que este caudal de "flujo mínimo" deberá ser considerado en el Plan de Monitoreo para su constante evaluación, incluso cuando la Central ya se encuentre en operación, para efectuar los ajustes y/o adecuaciones que resulten necesarios en caso de detectarse algún impacto importante en los elementos de flora y fauna ó en los otros usos de agua comprometidos.*

De acuerdo con los reportes remitidos de caudales por Celepsa al OEFA, así como los reportados en su página web «Hidrología río Cañete» se evidencia que desde el año 2013 durante el período de estiaje se vienen reportando caudales mínimos horarios de 2 m<sup>3</sup>/s en la estación Capillucas (100 % más que el valor determinado en su IGA). Asimismo, en la Figura 7.2. se muestra el registro de caudales diarios reportados por el administrado durante las supervisiones realizadas en abril y agosto del 2021.

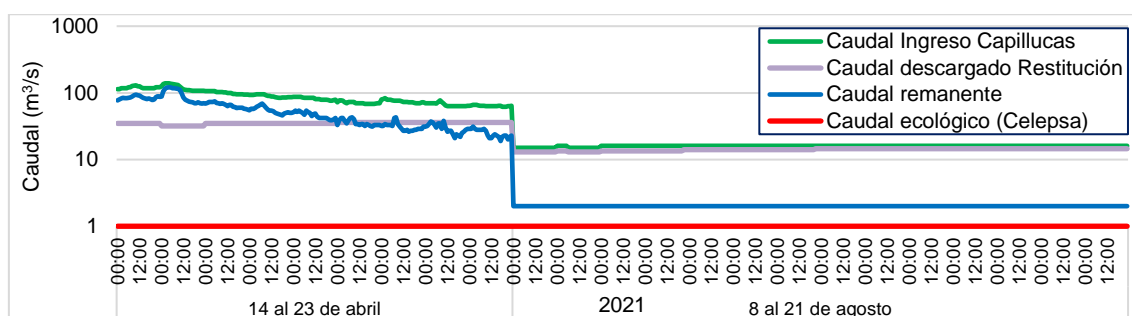


Figura 7.1. Caudales reportados durante las supervisiones realizadas

<sup>21</sup> Plan de Aprovechamiento Hídrico de la Hidroeléctrica G-1 El Platanal, elaborado por G y W Servicios Generales EIRL en el año 2010.

<sup>22</sup> Resolución Directoral N.º 0335-2010-ANA-DARH, Resolución Directoral N.º 0169-2011-ANA-DARH.

<sup>23</sup> De acuerdo al estudio de caudal ecológico elaborado por Walsh Perú S.A. en el año 1999; el tramo de estudio de caudal reducido fue dividido en 2 tramos, comprendiendo el primer tramo entre Capillucas y el río Tupe caracterizado dicho tramo por ser el crítico al no presentar aportes importantes de quebradas.



En la Figura 7.2 se presenta un esquema conceptual de las principales actividades que se desarrollan en la cuenca del río Cañete, tales como: acuicultura (laguna Paucarcocha y piscigranjas); ganadería en la parte alta y media de la cuenca; minería (U.M. Corona en el distrito de Alis); agricultura en torno al valle del río Cañete intensificándose entre los sectores de Vitis y Zuñiga<sup>24</sup>; turismo recreacional y de aventura (p.ej. reserva paisajística Nor Yauyos Cocha<sup>25</sup> y canotaje en la ciudad de Lunahuana); extracción de camarones en el río Cañete<sup>26</sup> y energético correspondiente a la C.H. El Platanal; siendo esta última actividad evaluada en la presente EAC. El tramo evaluado comprendió desde de la presa Capillucas hasta la altura del embalse restitución en el sector de San Juanito, donde se reduce el caudal aproximadamente 28 km por la conducción del agua hacia la casa de máquinas.

El caudal ecológico de  $1\text{m}^3/\text{s}$  determinado en el IGA del administrado ya consideraba las demandas hídricas en el tramo reducido antes de la implementación de la C.H. El Platanal, donde además definen al caudal ecológico como la suma del caudal de usos actuales y el caudal ecológico propiamente dicho (este último referido a la conservación del hábitat acuático). Por lo cual, en la presente EAC, el análisis del caudal solo comprendió el disponible para el hábitat acuático de las especies, considerando que las demandas hídricas de otros tipos de usos ya se encuentran satisfechas (ANA, 2019).

Con la finalidad de verificar la sostenibilidad de las comunidades hidrobiológicas en el tramo de caudal reducido asociado a la operación de la C.H. El Platanal se determinó un valor de caudal ecológico basado en el modelo de simulación de hábitat contemplado dentro de los «Lineamientos generales para determinar caudales ecológicos»<sup>27</sup> y sugerido dentro del IFIM<sup>28</sup> «*Instream Flow Incremental Methodology*» método muy conocido para determinar el impacto del cambio del caudal en la comunidad acuática (Navarro *et al.* 1994). Estos modelos se encuentran dentro del programa PHABSIM, que permite establecer una relación cuantitativa entre el caudal circulante y las condiciones hidráulicas que este genera para el hábitat de los organismos.

De acuerdo con los organismos identificados en el tramo de caudal reducido se seleccionaron para determinar el uso de hábitat a las familias de macroinvertebrados bentónicos como Baetidae, Leptohiphidae e Hydropsychidae; a las especies de *Cryphios caementarius* (camarón de río) y los peces *Basilichthys semotilus* (pejerrey de río), *Eretmobrycon peruanus* (carachita) y *Trichomycterus punctulatus* (bagre costero). Cabe indicar que los macroinvertebrados bentónicos fueron seleccionados a partir del análisis de contenido estomacal de los peces

<sup>24</sup> La parte alta de la cuenca es estrecha y a partir de los 2000 metros comienza a ensancharse en una planicie hasta su desembocadura (Martel y Enrique, 1978).

<sup>25</sup> En esta parte se ubica la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas, área natural protegida por el Estado por la presencia de ecosistemas estratégicos como glaciares, lagos, bofedales y pajonales altoandinos (Ortiz *et al.*, 2019).

<sup>26</sup> El camarón de río presenta el único recurso hidrobiológico de los ríos costeros peruanos que soporta una pesquería comercial (Imarpe, 2012).

<sup>27</sup> Aprobado por la Autoridad Nacional del Agua mediante Resolución Jefatural N° 267-2019-ANA

<sup>28</sup> Los procesos del método incremental de flujo (IFIM) intenta integrar conceptos de planificación del suministro de agua, modelos analíticos de ingeniería hidráulica y Hábitat derivado empíricamente versus funciones de flujo para abordar los problemas del uso del agua y el flujo de las corrientes y las cuestiones relativas a los efectos específicos de la etapa de la vida en determinadas especies y el bienestar general de los biológicos acuáticas poblaciones (Zappia y Hayes, 1998).





PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
«Año del Bicentenario del Perú: 200 años de independencia»

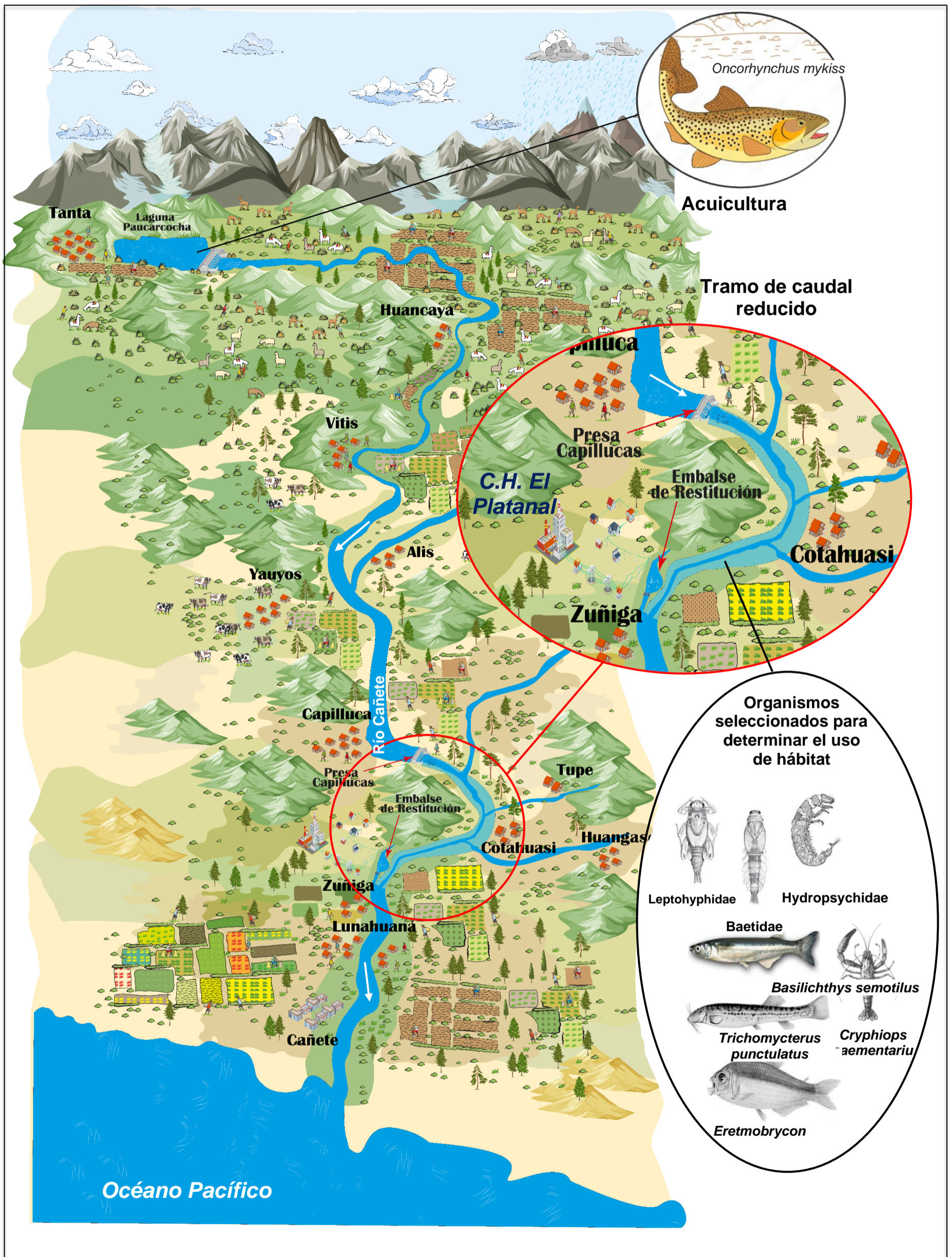


Figura 7.2. Esquema conceptual de las principales actividades que se desarrollan en el entorno del tramo de caudal reducido por las actividades de la C.H. El Platanal.



Las especies de peces: *Basilichthys semotilus* (pejerrey de río), *Eretmobrycon peruanus* (carachita) y *Trichomycterus punctulatus* (bagre costero) coinciden con las encontradas en estudios ictiológicos de la cuenca del río Cañete (Sifuentes, 2017). Con respecto al EIA, existieron diferencias en algunas especies reportadas posiblemente debido a discrepancia en la identificación taxonómica como *Trichomycterus rivulatus* reportada en el EIA, mientras que en el presente EAC se reportó *Trichomycterus punctulatus*. En el caso de *Bryconamericus peruanus*, este fue llamado así en estudios anteriores, sin embargo, se registró ahora como *Eretmobrycon peruanus* según el cambio propuesto por Thomaz et al., (2015). Según Vera et al., (2013), el bagre costero muestra una baja selección a determinados organismos de macroinvertebrados bentónicos, mostrando una estrategia alimentaria más generalista. Esto es posible notar comparando el trabajo de Vera et al (2013) y el realizado en la presente EAC, donde el mayor consumo de determinadas familias de macroinvertebrados bentónicos estuvo relacionada con su disponibilidad en el río. Por otro lado, el pejerrey de río se ha considerado un depredador especialista (Muñoz Guerra, 2017), cuyo consumo de familias de macroinvertebrados bentónicos coincide con las reportadas en este estudio.

El uso de determinadas condiciones hidráulicas fue diferente entre los organismos seleccionados, siendo estas representadas en las curvas de idoneidad de hábitat. Algunos macroinvertebrados bentónicos como Baetidae y Leptohyphidae mostraron un comportamiento similar; mientras que otras como el camarón de río mostraron diferencias entre sus estadios de crecimiento.

Características hidráulicas óptimas (índice de idoneidad cerca de 1) en otros estudios del camarón del río, como el realizado en el río Ocoña en Arequipa encontraron una profundidad óptima de 0,57 m, velocidad óptima de 0,54 m/s y sustrato óptimo de tipo canto rodado (Quevedo Medina, 2017). Sin embargo, para el análisis realizado se separó los juveniles y adultos lo que permitió ver condiciones óptimas según su estadio, por ejemplo, se tuvo una profundidad óptima para juveniles de 0,3 m mientras que para los adultos fue de 0,5 m, para la velocidad los juveniles tuvieron un valor óptimo en 0,4 m/s y los adultos en 0 m/s, y en el sustrato los juveniles tuvieron óptimo valor en canto rodado mientras que los adultos tuvieron en rocas.

Aunque el número óptimo se refleje en un determinado valor de profundidad, velocidad y sustrato-cobertura, los valores de idoneidad en los valores restantes dependen de la función de distribución de probabilidad que mejor se haya ajustado. En algunas especies como pejerrey de río y carachita que tienen un valor óptimo a una velocidad de 0 m/s, la idoneidad en los registros restantes cae bruscamente, haciendo notar un uso muy escaso en valores por encima de 0 m/s. Por otro lado, si bien los adultos de camarón de río muestran un número óptimo de velocidad en 0 m/s, la idoneidad restante en los valores superiores de velocidad no cae rápidamente encontrando un descenso en la idoneidad hasta 0,7 en valores de velocidad de hasta 0,5 m/s.

En la Figura 7.3 y Figura 7.4 se muestra las curvas de uso de hábitat en los tramos de caudal ecológico de San Juanito (Tramo I) y Puente Matica (Tramo II) respectivamente, además de su extrapolación a otras zonas del río según las similitudes en características geomorfológicas.





PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
«Año del Bicentenario del Perú: 200 años de independencia»

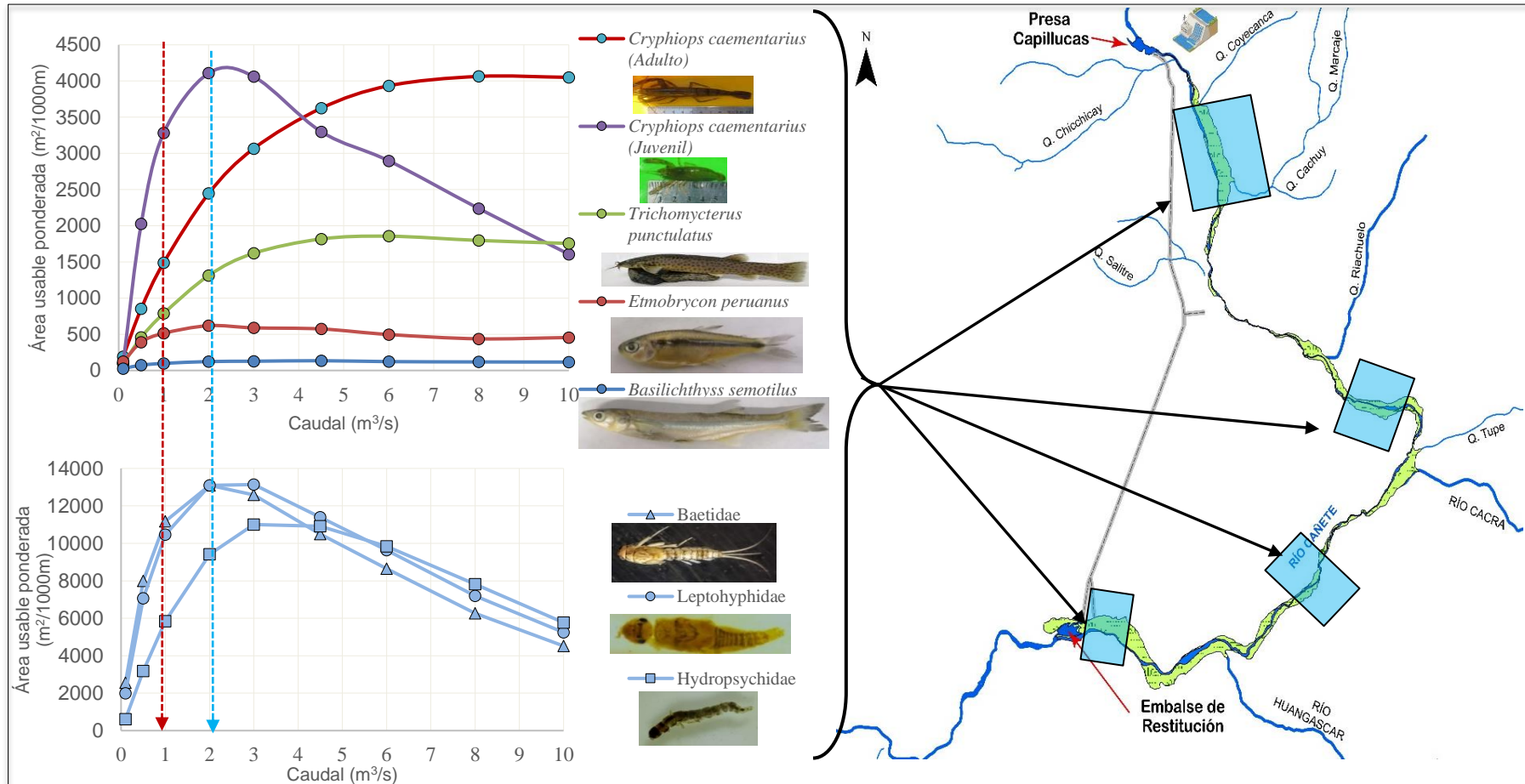


Figura 7.3. Curvas de uso de hábitat en el tramo de caudal ecológico de San Juanito y su extrapolación a otras zonas del río según las similitudes en características geomorfológicas.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
«Año del Bicentenario del Perú: 200 años de independencia»

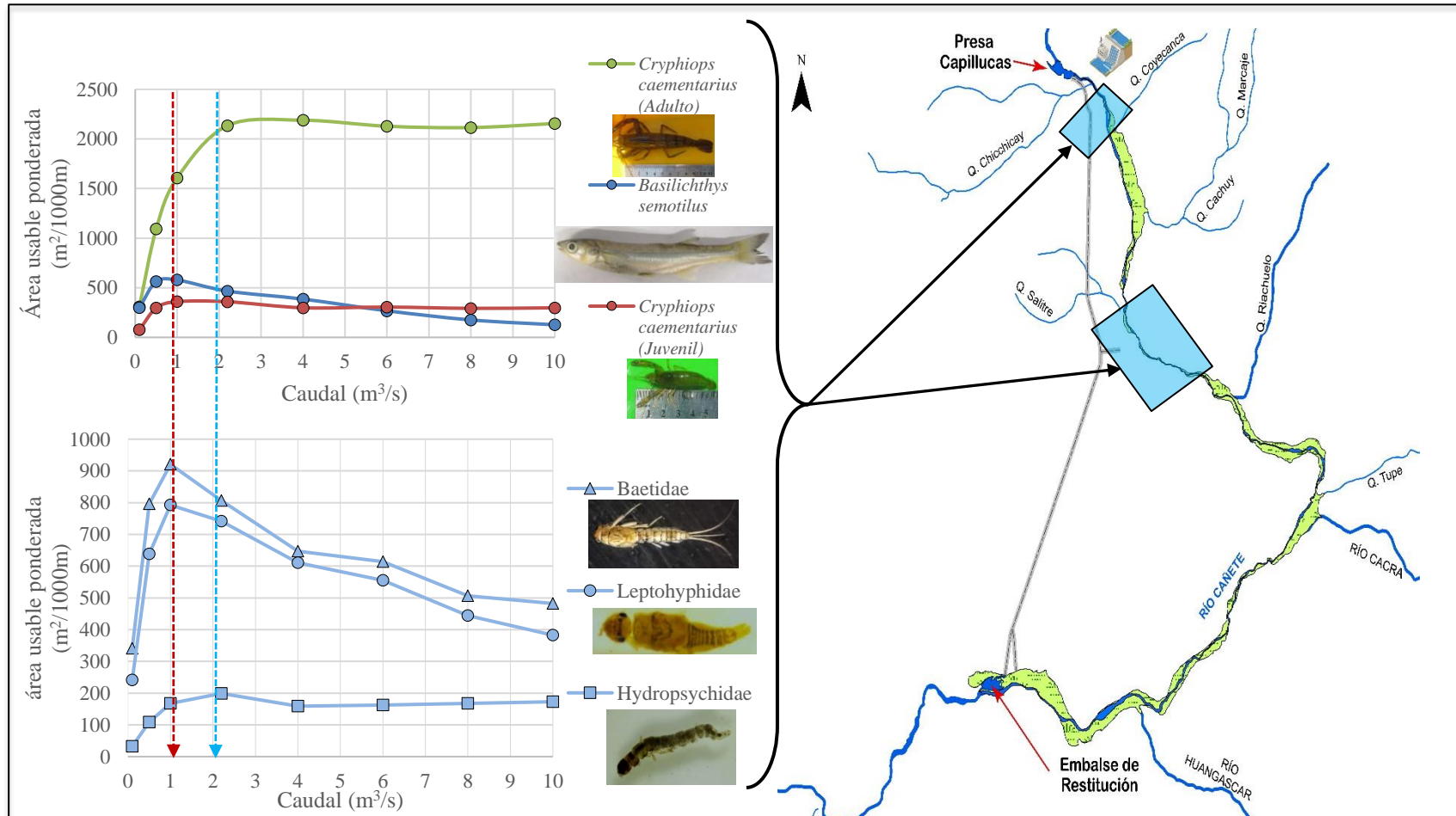


Figura 7.4. Curvas de uso de hábitat en el tramo de Puente Matia y su extrapolación a otras zonas del río según las similitudes en características geomorfológicas.





El análisis integral de cada una de las curvas de hábitat de las especies seleccionadas (Figura 7.2 y 7.3) permitió conocer los umbrales de afectación por cada especie. Es posible notar que algunas especies tienen mayores valores de área usable ponderada, este fue el caso para los macroinvertebrados bentónicos seleccionados (Baetidae, LeptoHyphidae e Hydropsychidae), cuyos registros de área usable ponderada llegan a superar los 6000m<sup>2</sup>/1000m. Por otro lado, las especies de peces y camarón no llegan a superar los 4500 m<sup>2</sup>/1000m y dentro de este grupo los que obtuvieron menores valores de área usable ponderada fueron las especies pelágicas (pejerrey de río y carachita). Este criterio de considerar organismos con diferentes adaptaciones, nichos y funciones tróficas ha sido aplicada en lugares donde incluso conviven especies introducidas de hábitos pelágicos como *Onchorynchuss mykiss* (trucha de río) y especies nativas como *Astroblepus sp* (bagre de torrente), permitiendo tener un equilibrio entre los valores bajos de caudales recomendados como resultado de los hábitats usados por especies pelágicas (pozas o remansos), y valores muy altos de caudales recomendados como resultados de los hábitats usados (rápido, subrápido y tablas) por especies bentónicas (Oyague *et al.*,2020).

El valor de caudal ecológico aprobado para la C.H. El Platanal (Q=1m<sup>3</sup>/s) fue comparado dentro de las curvas de hábitat de las especies seleccionadas. En el tramo de caudal ecológico de San Juanito (tramo I), la mayoría de las especies conserva por lo menos la mitad del máximo hábitat para un caudal de 1m<sup>3</sup>/s, sin embargo, los camarones adultos y los especímenes de bagre costero manifiestan una reducción del hábitat por debajo de la mitad de su hábitat máximo para un caudal de 1m<sup>3</sup>/s (Figura 7.3). Un caudal de 2 m<sup>3</sup>/s genera un mayor hábitat para las especies seleccionadas, pero es insuficiente para el bagre costero y los camarones de río adultos.

Para el caso del tramo de caudal ecológico de Puente Matica (Tramo II), el caudal de 1m<sup>3</sup>/s está asociado a valores muy cercanos al registro máximo de hábitat en las curvas de Baetidae y LeptoHyphidae, pejerrey de río y camarones juveniles, mientras que para Hydropsychidae y camarón adulto, el caudal de 1m<sup>3</sup>/s cae por debajo del valor máximo, (Figura 7.4). En un caudal de 2 m<sup>3</sup>/s se conserva el hábitat máximo para adultos y juveniles de camarón de río mientras que, para el pejerrey de río, Baetidae y LeptoHyphidae disminuye, pero muy poco manteniendo aún hábitat.

Se resalta que los resultados del hábitat de macroinvertebrados bentónicos (en este caso Baetidae, LeptoHyphidae e Hydropsychidae) para un caudal de 1m<sup>3</sup>/s coinciden con la afirmación en el estudio de caudal ecológico del IGA de la C.H. El Platanal<sup>29</sup>. Sin embargo, una diferencia sustancial es la encontrada en el caso de peces en particular bagre costero, donde en el presente estudio es posible observar una reducción de su hábitat para un caudal de 1m<sup>3</sup>/s diferente a lo que se había proyectado en el mencionado estudio de caudal<sup>30</sup>. Adicionalmente se menciona en el EIA el desplazamiento de las especies en el tramo de caudal reducido<sup>31</sup>. Si bien existen patrones naturales de desplazamiento, no es posible que

<sup>29</sup> "... bentos no presenta riesgos de extinción ya que estos microorganismos requieren cantidades mínimas de agua para su supervivencia".

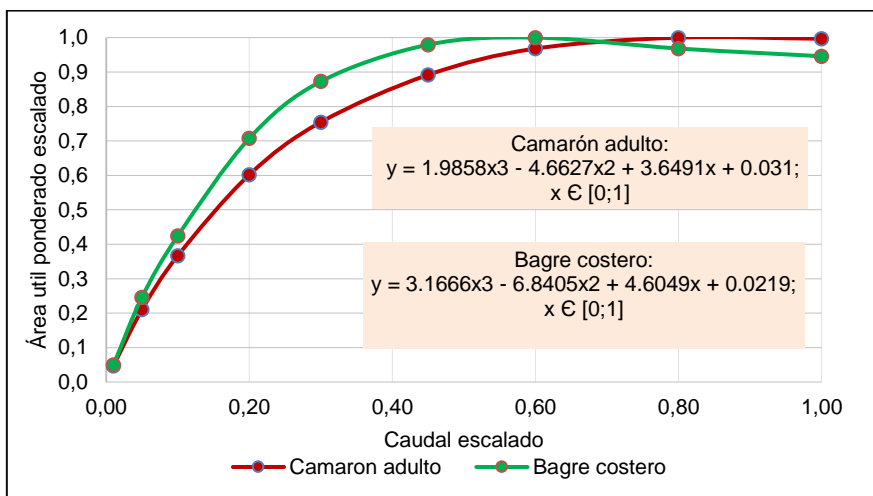
<sup>30</sup> "Las especies de necton que son escasas en la zona y que además no son migratorias, contribuyen a que la disminución del caudal temporal en el río no afecte considerablemente a estas especies de las cuales solo se ha determinado que el "pejerrey de río" sería la especie que podría tener mayor tránsito en el tramo de interés ...".

<sup>31</sup> Otro punto para precisar es una de las conclusiones: "En todo caso las diversas especies asumirán comportamientos determinados que los induzcan a permanecer en zonas donde tiene los caudales suficientes para desarrollar sus actividades, evitando por tanto el ingreso al tramo crítico durante los 3-4 meses con aguas mínimas"



estos sean resultado de la reducción no natural de caudal, sobre cuando la definición actual de caudal ecológico implica la conservación de los ecosistemas involucrados<sup>32</sup>.

Para comparar las tendencias en las curvas de uso hábitat se escaló entre 0 y 1 los ejes «x» e «y» (Figura 7.5). Las curvas con mayor exigencia en caudales para el hábitat fueron escogidas para el establecimiento de los límites, estas fueron la curva de uso de hábitat para camarón adulto de río en el tramo de San Juanito y la curva de uso de hábitat para el bagre costero en el tramo de San Juanito. Siguiendo la metodología aplicada por Meza-Rodriguez *et al.* (2017), se identificó el primer punto de inflexión en las curvas con asíntota, donde la variación del hábitat con respecto al caudal fue menor. Esto último interpretado como una pendiente menor a 1 (área naranja de la Figura 7.6), para lo cual se calcularon las derivadas de las funciones estimadas para el camarón adulto y el bagre costero. En el caso de curvas que no tienen un comportamiento asíntótico al eje «x» se proyectó el valor de hábitat del caudal de 10 m<sup>3</sup>/s, indicando a los menores como zona crítica (área roja de la Figura 7.6). Una excepción fue para el pejerrey de río en el tramo de Puente Matica donde la zona crítica se colocó para un valor superior de hábitat. La Tabla 7.1 muestra las diferentes pendientes obtenidas para distintos valores de caudal, mostrando en el caso del bagre una pendiente cercana a uno para un valor de caudal de 3,4 m<sup>3</sup>/s y para el camarón adulto un valor de caudal de 3,7 m<sup>3</sup>/s. Una pendiente de 1,3 fue encontrada en común para el camarón adulto y el bagre costero asociada a un caudal de 3 m<sup>3</sup>/s, la cual se usó como el cambio límite para la relación caudal – área útil ponderada.



**Figura 7.5.** Curvas de uso de hábitat y sus funciones estimadas para camarón adulto y bagre costero.

**Tabla 7.1.** Valores de pendiente para camarón adulto y bagre costero

Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Caudal (escalado)	Pendiente (Camarón adulto)	Pendiente (Bagre)
0,1	0,01	3,556	4,469
0,5	0,05	3,198	3,945
1	0,10	2,776	3,332
2	0,20	2,022	2,249
3	0,30	1,388	1,356
3,4	0,34	1,167	1,052

<sup>32</sup> Artículo 153 del Reglamento de la Ley de Recursos hídricos 29338: “Se entenderá como caudal ecológico al volumen de agua que se debe mantener en las fuentes naturales de agua para la protección o conservación de los ecosistemas involucrados ...”



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres «Año del Bicentenario del Perú: 200 años de independencia»

Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Caudal (escalado)	Pendiente (Camarón adulto)	Pendiente (Bagre)
3,7	0,37	1,014	0,843
4	0,40	0,872	0,652
5	0,50	0,476	0,139
6	0,60	0,198	-0,184
7	0,70	0,040	-0,317
8	0,80	0,001	-0,260
9	0,90	0,082	-0,013

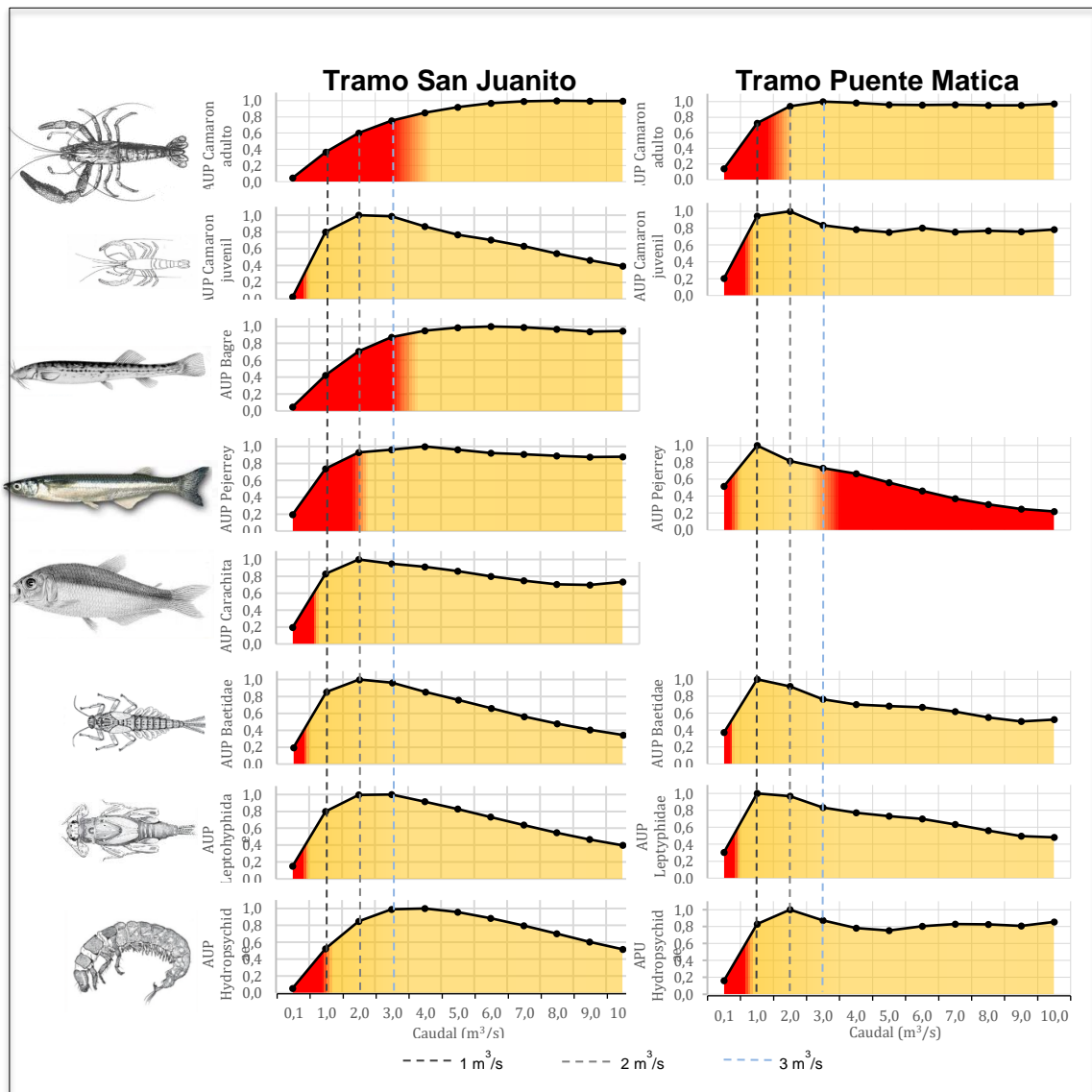


Figura 7.6. Curvas de uso de hábitat para adultos y juveniles de camarón de río, bagre costero, pejerrey de río, carachita y los macroinvertebrados bentónicos: Baetidae, Leptophlebiidae e Hydropsychidae.

AUP: Área usable ponderada (valores escalados entre 0 a 1), área roja: Zona crítica para la relación caudal – área usable ponderada, área naranja: Zona adecuada para la relación caudal – área usable ponderada

Aplicando dicho criterio, se mostró las proyecciones del caudal de 3 m<sup>3</sup>/s para los demás organismos. Se puede observar en la Figura 7.6 que el caudal de 3 m<sup>3</sup>/s se encuentra



ligeramente por debajo del umbral de un cambio más pronunciado entre caudal y área usable ponderada (zona crítica) para los adultos de camarón de río y para el bagre costero, sin embargo, la proyección de ese valor se mantiene aún en las zonas de menor pendiente para la relación caudal – área útil ponderada de los organismos restantes

Al comparar el compromiso de caudal del administrado de  $1 \text{ m}^3/\text{s}$  en la Figura 7,6, se observa que todos los organismos se encuentran en la zona crítica en el tramo de San Juanito, mientras que, en el tramo de Puente Matica, solo los juveniles de camarón, pejerrey de río, Baetidae y Leptoxyphidae se encuentran cerca del umbral de cambio. Un caudal de  $2 \text{ m}^3/\text{s}$  en el tramo de San Juanito, acercó a algunos organismos como juveniles de camarón, pejerrey de río, carachita, Baetidae y Leptoxyphidae al umbral de cambio, mientras que todavía los adultos de camarón, bagre costero e Hydropsychidae se encuentran en la zona crítica.

Respecto a las diferencias geomorfológicas en los 2 tramos evaluados (Tramo de caudal ecológico San Juanito y tramo de caudal ecológico Puente Matica) condiciona distintas características hidráulicas, donde las curvas de uso de hábitat van a depender no sólo de estas características sino del uso de determinadas condiciones de velocidad, profundidad, sustrato y cobertura vegetal por parte de las especies, reflejándose en las curvas de uso de hábitat. Esto puede generar diferentes recomendaciones de caudal para determinados tramos del río, como se ha dado en el estudio de caudal ecológico para la cuenca del río Huasco en Chile (Pouilly y Aguilera, 2012).

La clasificación geomorfológica obtenida (Figura 6.9) permitió extrapolar las curvas de uso de hábitat a otras zonas del río. Las unidades geomorfológicas han mostrado condicionar diferentes procesos en el río (Everard y Quin, 2015) y ser un factor a una escala de cuenca que condiciona los hábitats presentes y por ende la comunidad hidrobiológica (Trujillo, 2018). Si bien el análisis geomorfológico no consideró la clasificación exacta propuesta por Rosgen (1994), si consideró varias de sus variables geomorfológicas como la relación de atrincheramiento, la sinuosidad y la pendiente para clasificar por similitud diferentes zonas del tramo de caudal reducido. Esto permitió tener algunas zonas del río que pueden responder similarmente a la relación caudal – área usable ponderada obtenido en los tramos de San Juanito y de Puente Matica (Figura 7.3 y 7.4). En base a estas similitudes, la curva de uso de hábitat del tramo de San Juanito puede ser aplicable a un 24,39% del tramo total de caudal reducido, mientras que la curva de uso de hábitat del tramo de Puente Matica puede ser aplicable a un 24,22% del total.

Cabe indicar que, en el estudio de caudal ecológico del administrado, elaborado por Walsh Perú S.A., se consideró que el aporte hídrico entre Capillucas y Cotahuasi (río Tupe) es mínimo siendo este tramo el más crítico y en el cual si se ha determinado condiciones geomorfológicas similares a las determinadas en el tramo de caudal ecológico evaluado por OEFA a la altura de San Juanito (Tramo I). Para el caso del sector comprendido entre Cotahuasi y la casa de máquinas se resalta los aportes medio mensual determinado en dicho estudio en las quebradas Tupe ( $0,53 \text{ m}^3/\text{s}$ ), río Chacra ( $1,35 \text{ m}^3/\text{s}$ ) y río Huangascar ( $0,76 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Sin embargo, los aportes de dichos afluentes están condicionados a la variabilidad hidrológica que se presente cada año en particular y pudiendo estos también ser mínimos en años secos.



## Camarones

En el IGA del administrado, sección 7.0-Programa de monitoreo, ítem 7.2.3.3. Control de la población de camarón.

*(...) En principio la regulación del río, con caudales más bajos y regulados, favorecerá al camarón. Esto será especialmente relevante en la zona de codo, entre Capillucas y San Juanito donde se mantendrá un caudal mínimo acorde a las necesidades hídricas existentes (...) se propone la realización de una serie de muestreos para cuantificar la evolución de esta especie en el citado tramo (...) se propone realizar muestreos cuantitativos de camarón en el embalse Capillucas y aguas arriba hasta su límite biológico cerca de Putinza.*

En base a la información de monitoreos de camarones proporcionados por el administrado como respuesta a los requerimientos de información solicitados en el marco de las acciones de supervisión de la EAC realizada en abril y agosto 2021 se realizó un análisis de las condiciones fisicoquímicas óptimas para el camarón del río en función a las variaciones altitudinales y a nivel temporal, así como su biomasa.

Las condiciones fisicoquímicas óptimas para el camarón de río han sido reportadas por diferentes autores como las siguientes: rango de temperatura entre 15 a 27 °C, pH entre 6,5 a 9, oxígeno disuelto entre 5 a 10 mg/L, alcalinidad total entre 100 a 200 mg/L y dureza total entre 150 a 400 mg/L de CaCO<sub>3</sub>. (Bahamonde y Vila, 1971; Chávez *et al.*, 1973; Norambuena, 1977; Viacava *et al.*, 1978; Meruane *et al.*, 2006). En las Figuras 7.3, Figura 7.4, Figura 7.6 y Figura 7.7 se mostraron los límites de rangos óptimo de los parámetros temperatura, pH, oxígeno disuelto y dureza para comparación.

Se puede observar la excedencia de algunos valores de temperatura durante junio del 2006, mientras que en el rango altitudinal de 0 a 300 m s.n.m se observa algunos registros por abajo del óptimo. La variación de los registros de temperatura durante la construcción y la operación permanecieron dentro del rango óptimo de 15 a 27°C, con excepción de junio del 2006 cuyos valores incluso en otros rangos altitudinales fuera del tramo de caudal reducido mostraron incrementos. Los valores de pH estuvieron dentro del rango óptimo de 6,5 a 9, con excepción de un registro de octubre del 2019 para el rango altitudinal de 700 a 900 msnm. Durante la etapa de construcción los valores de pH estuvieron dentro del rango óptimo, mientras que, durante la etapa de operación, las fechas de octubre del 2016 y 2018 tuvieron registros cerca del límite de 9.

Para los valores de oxígeno disuelto, se superaron el límite de 10 mg/L en la mayoría de los casos durante octubre del 2006, julio del 2007 y octubre del 2007, esto puede observarse además durante el tramo de caudal reducido en la etapa de construcción. En el caso de la etapa de operación, los registros se encontraron en su mayoría dentro del rango óptimo de 5 y 10 mg/L para el camarón, con algunas excepciones como octubre del 2019.

En términos generales, los incrementos fuera del rango óptimo parecen estar más relacionados a la variación temporal que a la espacial. Estos valores, además no son temporalmente constantes y oscilan nuevamente dentro del rango óptimo. Esto puede observarse también en el estudio de Wasiw y Yépez (2017) donde evidenciaron condiciones fisicoquímicas favorables para el desarrollo del camarón entre 2005 a 2017 en el río Cañete. Por otro lado, el incremento de valores, como el CO<sub>2</sub> y la dureza han sido relacionados a actividades antropogénicas en la cuenca ajenas a la hidroeléctrica, sus incrementos fueron asociados a la presencia de centros poblados y áreas de cultivos (Wasiw y Yépez, 2015; Wasiw y Yépez, 2017).



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
«Año del Bicentenario del Perú: 200 años de independencia»

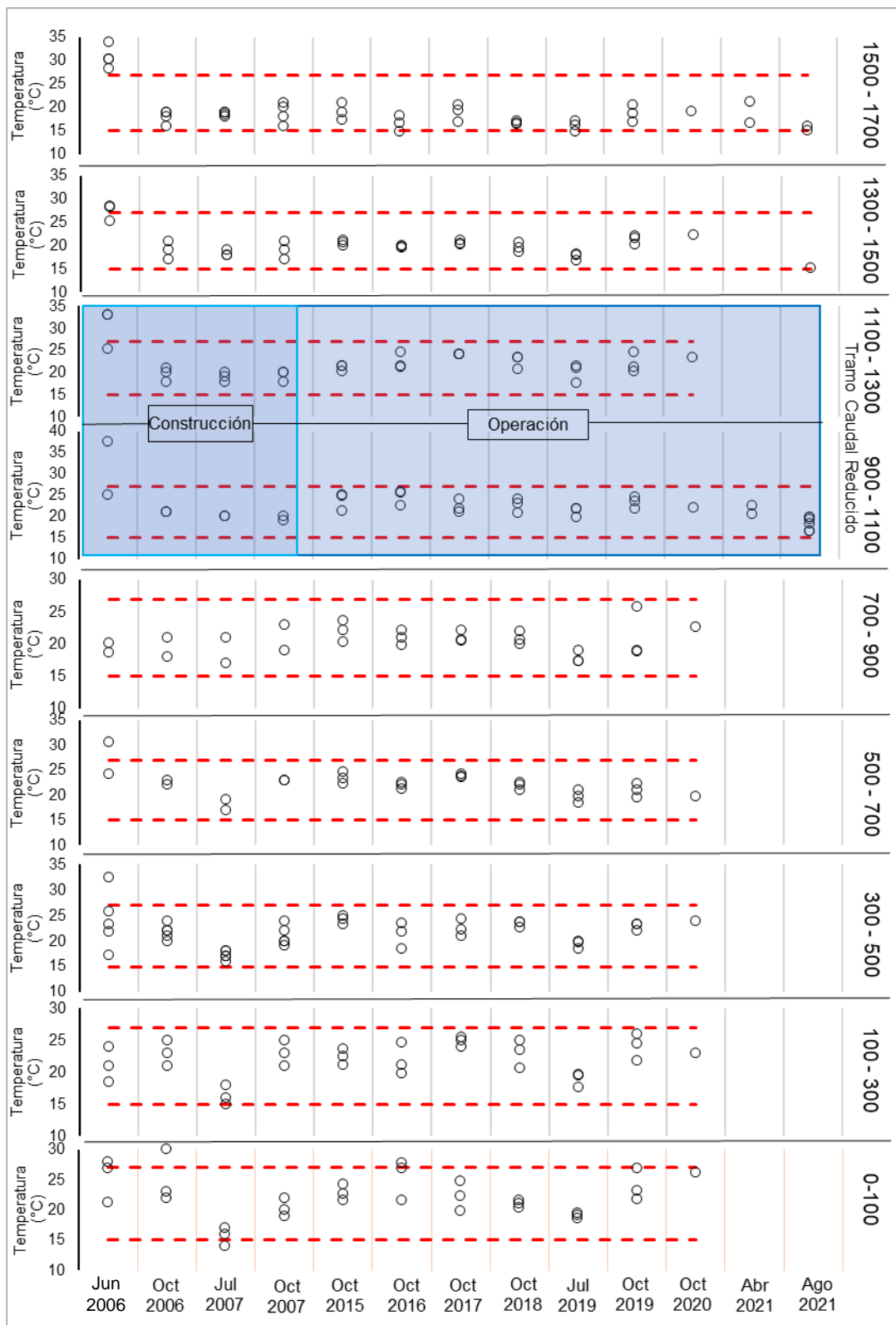


Figura 7.7. Variación altitudinal y temporal de la temperatura





Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
«Año del Bicentenario del Perú: 200 años de independencia»

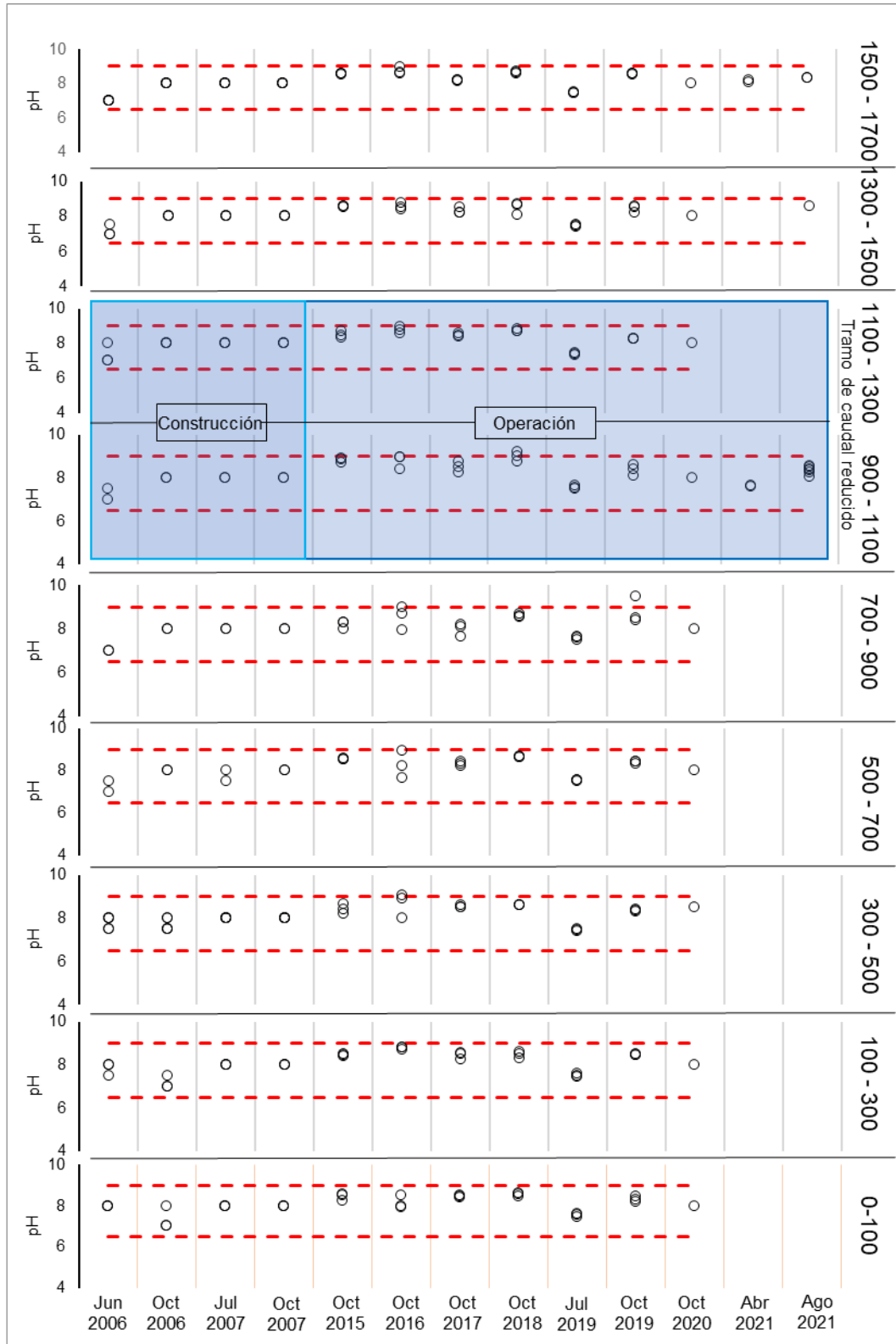


Figura 7.8. Variación altitudinal y temporal del pH.





Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
«Año del Bicentenario del Perú: 200 años de independencia»

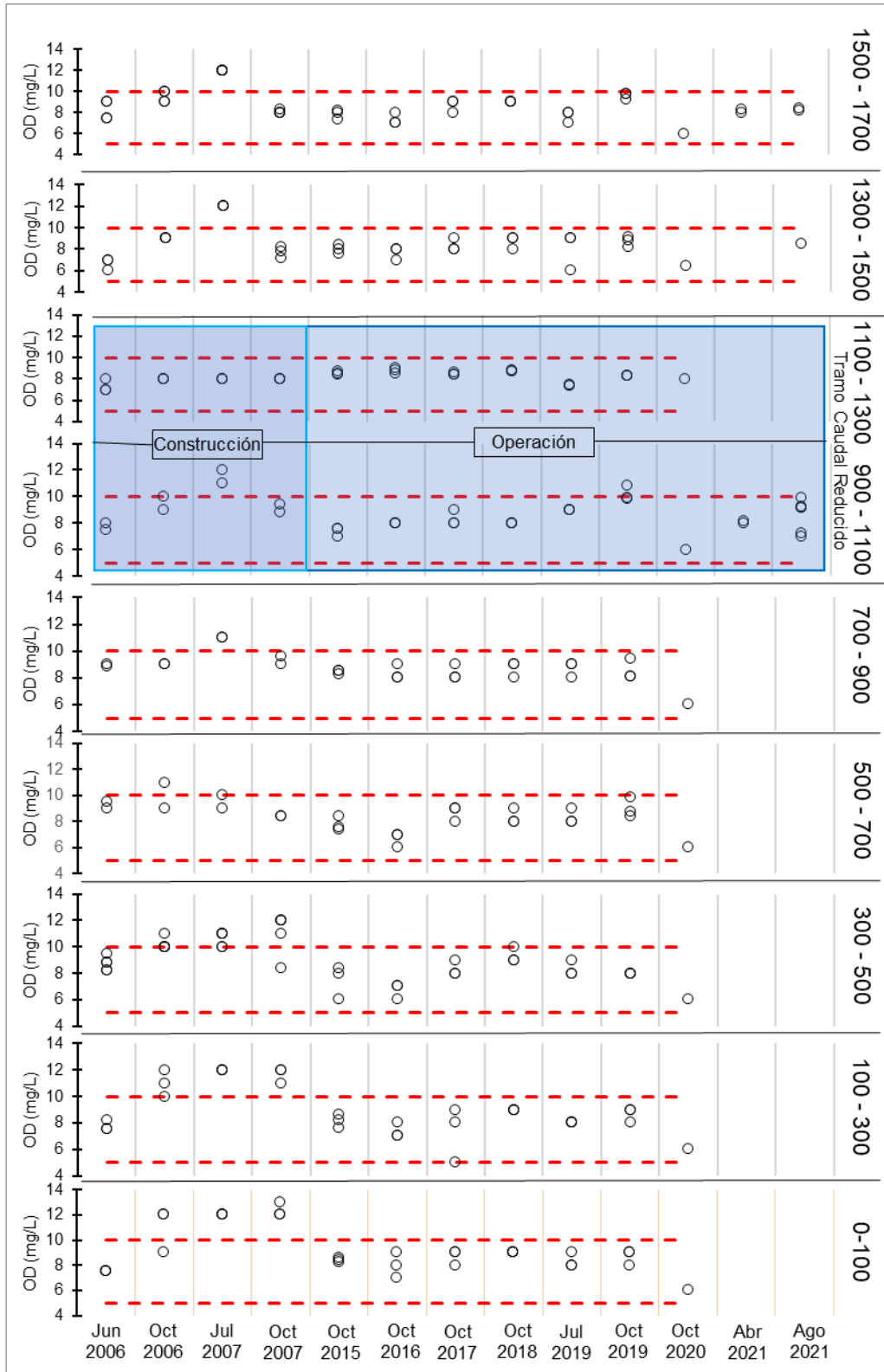


Figura 7.9. Variación altitudinal y temporal del oxígeno disuelto



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
«Año del Bicentenario del Perú: 200 años de independencia»

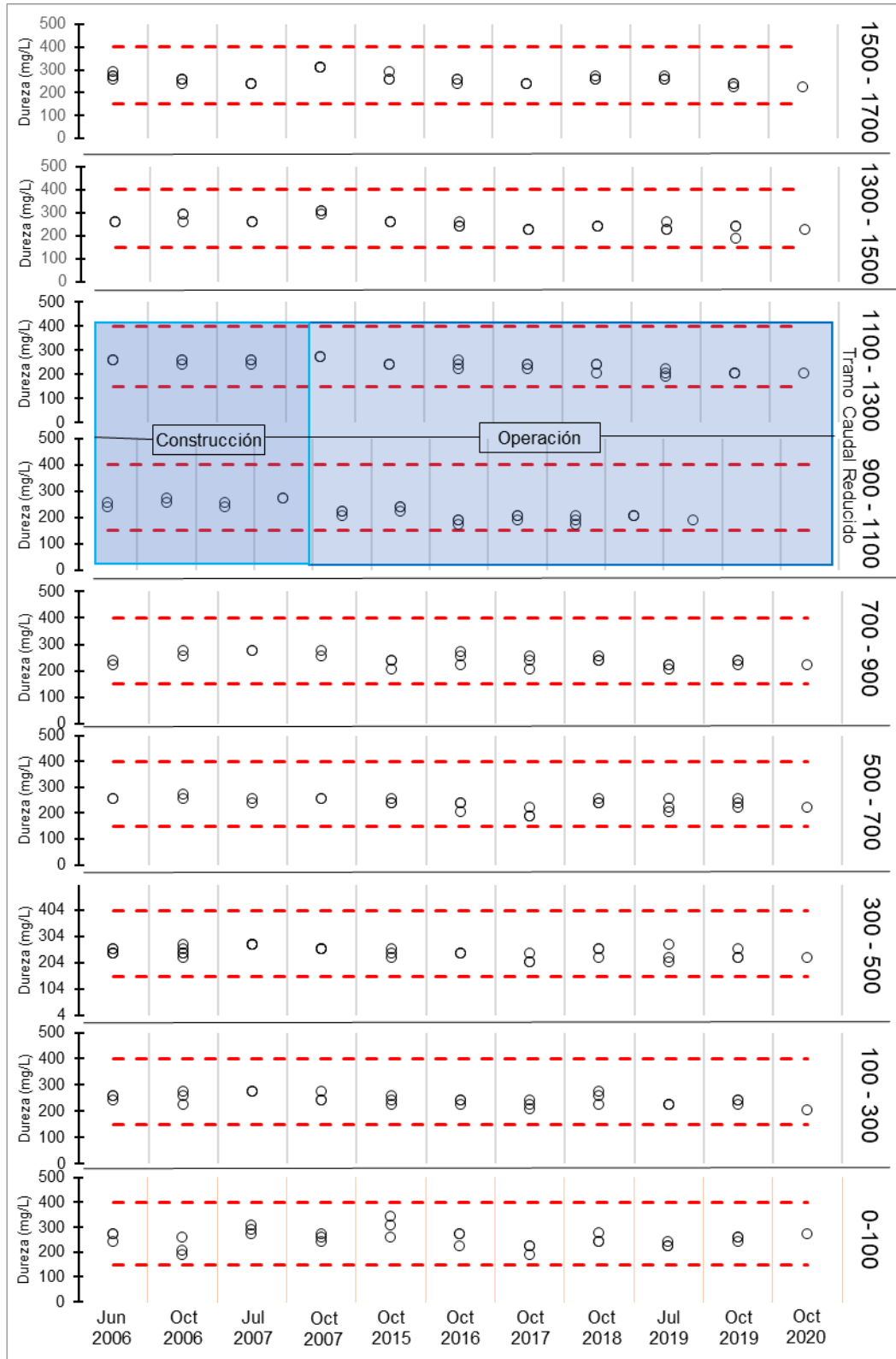
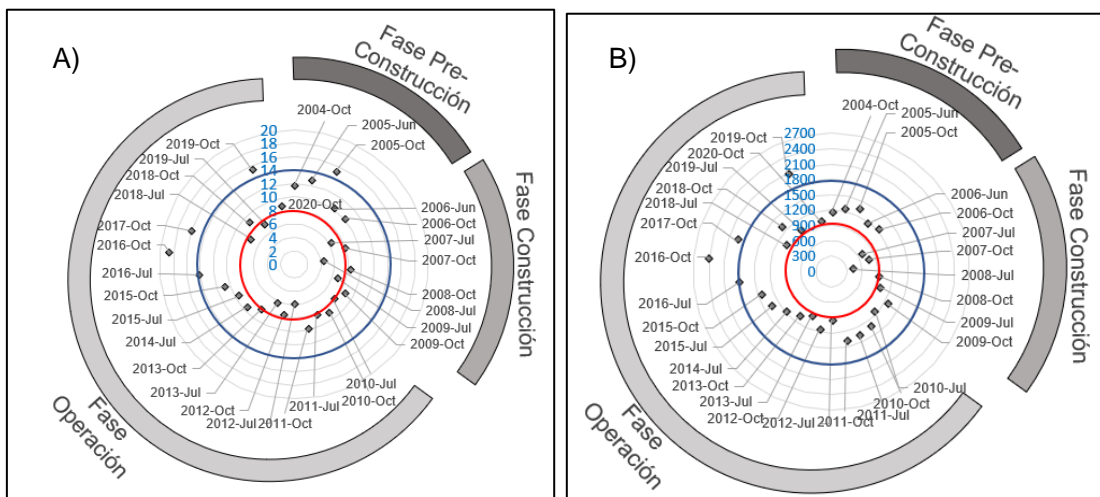


Figura 7.10. Variación altitudinal y temporal de la dureza



Los registros de biomasa y abundancia de los monitoreos de camarones<sup>33</sup> fueron comparados. La Figura 7.8.A muestra la biomasa estimada en todos los estratos altitudinales (0-1700 m s.n.m), donde se mostró registros que exceden las 14 toneladas durante octubre del 2005 (fase pre-construcción), octubre del 2016 y 2017, y octubre del 2019 (fase de operación). Mientras que, registros de biomasa por debajo de las 8 toneladas fueron encontrados en su mayoría en la fase de construcción y la fase de operación. Las abundancias estimadas en todos los estratos altitudinales (Figura 7.8.B) mostraron en general valores entre 900 y 1800 individuos. Registros que caen por debajo de 900 fueron encontrados durante la fase de construcción (julio y octubre del 2007 y julio del 2008) y picos de abundancia por encima de los 1800 para algunos monitoreos durante la fase de operación (octubre del 2016, octubre del 2017 y octubre del 2019). Estudios en el río Cañete mostraron una disminución crítica de la biomasa y de la abundancia del camarón del río en los años 2012 y 2013 (Wasiw y Yépez, 2017), sin embargo, esto no ha podido notarse en la presente EAC.



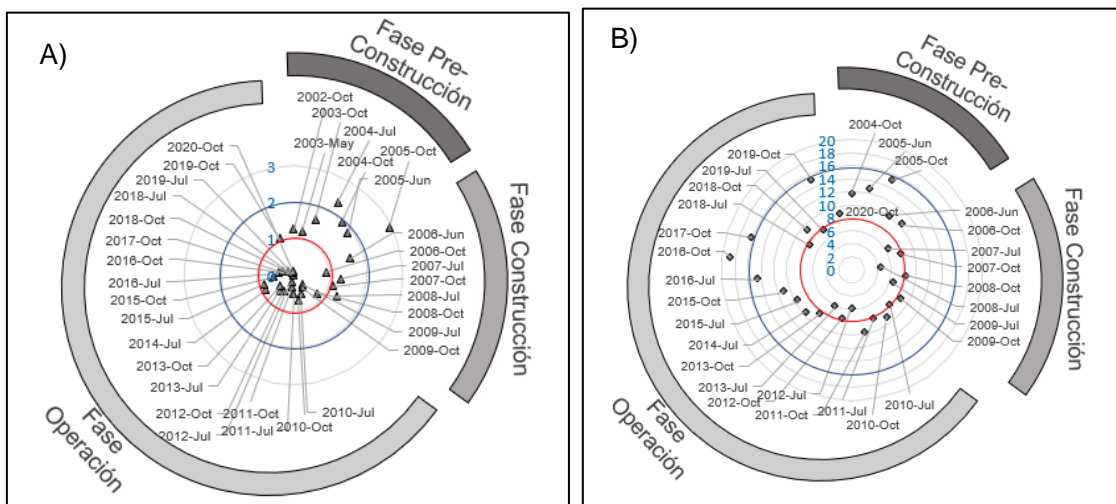
**Figura 7.11. A)** Biomasa estimada en toneladas desde 0 a 1700 msnm para cada monitoreo de camarón. **B)** Abundancia estimada desde 0 a 1700 msnm para cada monitoreo de camarón.

Para el caso del tramo de caudal reducido (rango altitudinal entre 900 a 1500 msnm), la Figura 7.9.A muestra una reducción de la biomasa estimada para los monitoreos durante la fase de operación (registros menores a 1 tonelada) en comparación con la fase de pre-construcción cuyos registros estuvieron entre 1 y 2 toneladas. En general parece existir un descenso en la biomasa a partir de la fase de construcción donde ya no se observan biomazas por encima de 2 toneladas comparado con la fase de pre-construcción. La Figura 7.9.B mostró las abundancias estimadas para el tramo de caudal reducido, donde se observó que la fase de pre-construcción tuvo monitoreos entre 8000 y 16000 individuos. La fase de construcción, aparte de tener monitoreos entre 8000 y 16000 individuos, tuvo

<sup>33</sup> El esfuerzo de muestreo realizado por la Compañía Eléctrica El Platano fue similar tal como se indica en la metodología descrita en los reportes de monitoreo de camarones como el noveno monitoreo realizado el año 2005: *De manera similar a las evaluaciones anteriores, la colecta de muestras se realizó mediante el método de buceo diurno. Ocho pescadores experimentados realizaron las capturas de camarones, los cuales, pesados, contados medidos y sexados (...).* y el trigésimo primero realizado en el año 2016: *en cada sección de evaluación del cauce, se consideró una longitud de 40 m y el ancho promedio de la misma la colecta de muestras se realizó mediante el método de buceo diurno, donde ocho pescadores experimentados realizaron las capturas de camarones, los cuales fueron contados, pesados medidos y sexados.*



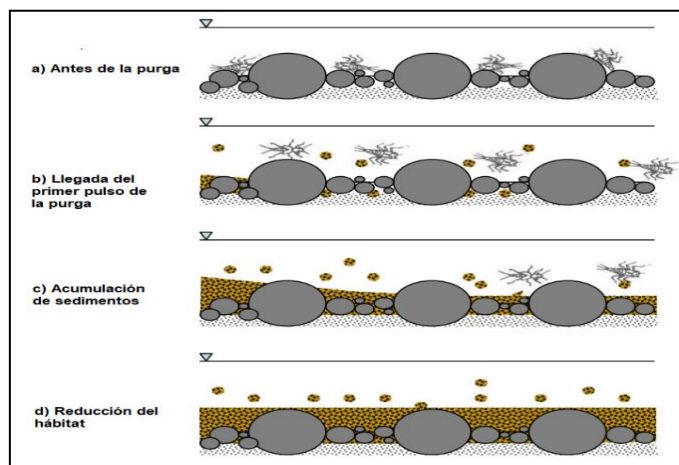
monitoreos con menos de 8000 individuos, mientras que, en el caso de la fase de operación, este mismo comportamiento se pudo observar, sin embargo, un pico superior a 16000 individuos ocurrió durante octubre del 2016. La cantidad de camarones en esta zona parece oscilar dentro del mismo rango antes de la aparición de la C.H. El Platanal, posiblemente debido al repoblamiento realizado por el administrado, sin embargo, a pesar del repoblamiento se evidencia una disminución de la biomasa en el tiempo.



**Figura 7.12. A)** Biomasa estimada (toneladas) desde 900 a 1500 msnm (tramo de caudal reducido) para cada monitoreo de camarón **B)** Abundancia estimada (en miles) desde 900 a 1500 msnm (tramo de caudal reducido) para cada monitoreo de camarón

### Purga de sedimentos del embalse Capillucas durante el 2021

Se ha demostrado que durante purgas de sedimentos experimentales existe desprendimiento de individuos, en este caso identificando al aumento del transporte de sedimentos de fondo (Gomi *et al.*,2010) como el detonante (Figura 7.11). Así también el excesivo transporte de sedimentos como la que ocurre en las purgas ha mostrado efectos de abrasión y obstrucción a nivel fisiológico, por ejemplo: acumulación de sedimento en redes de Trichoptera o retención interna de sedimentos en organismos filtradores (Jones *et al.*,2011). Adicionalmente, la acumulación del sedimento dependiendo de las condiciones ocasiona el entierro de individuos de macroinvertebrados bentónicos en el río (Gomi *et al.*,2010; Jones *et al.*, 2011).



**Figura 7.13.** Efecto de la acumulación de sedimentos y respuesta de los macroinvertebrados bentónicos durante la purga de sedimentos. a) antes de la purga b) primer pulso de sedimentos c) acumulación de sedimentos d) reducción de hábitat.

Fuente: Modificado de Gomi *et al.* (2010), p. 5.

De acuerdo con el subnumeral 5.2.1.7 Recursos hídricos, del subnumeral 5.2.1 – Ambiente Físico, del numeral 5.2 – Reservorio Capillucas, Zona Túnel y Casa de Máquinas, de la sección cinco – Determinación de Impactos Ambientales Previsibles, del EIA del administrado se establece lo siguiente:

#### ***Fase de Operación***

(...)

#### **Manejo de sedimentos**

*Dado el relativamente reducido volumen del embalse de Capillucas, éste debe ser purgado con regularidad durante el periodo húmedo del año, para que no se colmate y pierda su operatividad.*

*El mayor aporte de sedimentos se produce en la época de avenidas. Durante este periodo se puede esperar un volumen de aporte de sólidos en suspensión y de arrastre al reservorio del orden de hasta 2.0 Mm<sup>3</sup>. Se plantea efectuar purgas semanales, los días domingo, de una duración máxima de 12 horas continuas, con caudales que no excedan los 200 M<sup>3</sup>/s. esto equivale a purgar en un día el sedimento acumulado en una semana.*

*La decisión de purgar cada domingo estará sujeta a ciertas consideraciones prácticas, tales como el volumen de sedimento existente en el embalse, y que el caudal que está ingresando al reservorio al momento de la purga sea menor a 150 m<sup>3</sup>/s.*

*Lo anterior se traduce en un total de 10 a 12 purgas por año, exclusivamente durante el periodo de avenidas, ya que los meses restantes del año el río normalmente escurre sin aporte significativo de sólidos.»*

En base a la información proporcionada por el administrado de resultados de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en las estaciones Capillucas, Chavín, Catapalla, Sosci, Fortaleza y Pampilla durante los monitoreos realizados en enero y marzo del 2021 se analizó la variación e incremento de los parámetros sólidos totales suspendidos, turbidez, sulfato, aluminio, hierro, manganeso, plomo y coliformes fecales los que a su vez excedieron los ECA para Agua Categoría 1-A2 en algún momento de la duración de la purga. En las Figuras



7.3 y Figura 7.4 se muestra la variación de la turbidez durante la purga de sedimentos en enero y marzo del 2021 respectivamente.

Se puede notar que durante la purga de enero del 2021 en la estación de control Capillucas, ubicada aguas arriba del embalse la turbidez no registro variaciones significativas en comparación con las estaciones que se monitorearon aguas abajo. Respecto a los demás parámetros evaluados se resalta en enero 2021 que a partir de las 10 horas se registró incrementos de sólidos totales suspendidos en la estación Chavín normalizándose a las 1 horas del día siguiente de iniciada la purga por lo cual la duración del evento en dicha estación tuvo una duración aproximada de 10 horas. Para el caso de las estaciones Socsi, Fortaleza y Pampilla se registraron valores elevados de turbidez entre las 17 horas del día 29 hasta las 6 horas del día 30 de enero. Similar comportamiento. Similar comportamiento fue registrado en marzo 2021 considerando en este caso la duración más representativa de incremento de sólidos totales suspendidos de 5 horas en la estación Chavín. La variación de los demás parámetros que registraron incrementos durante las purgas del 2021 se detalla en el Anexo 7.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
«Año del Bicentenario del Perú: 200 años de independencia»

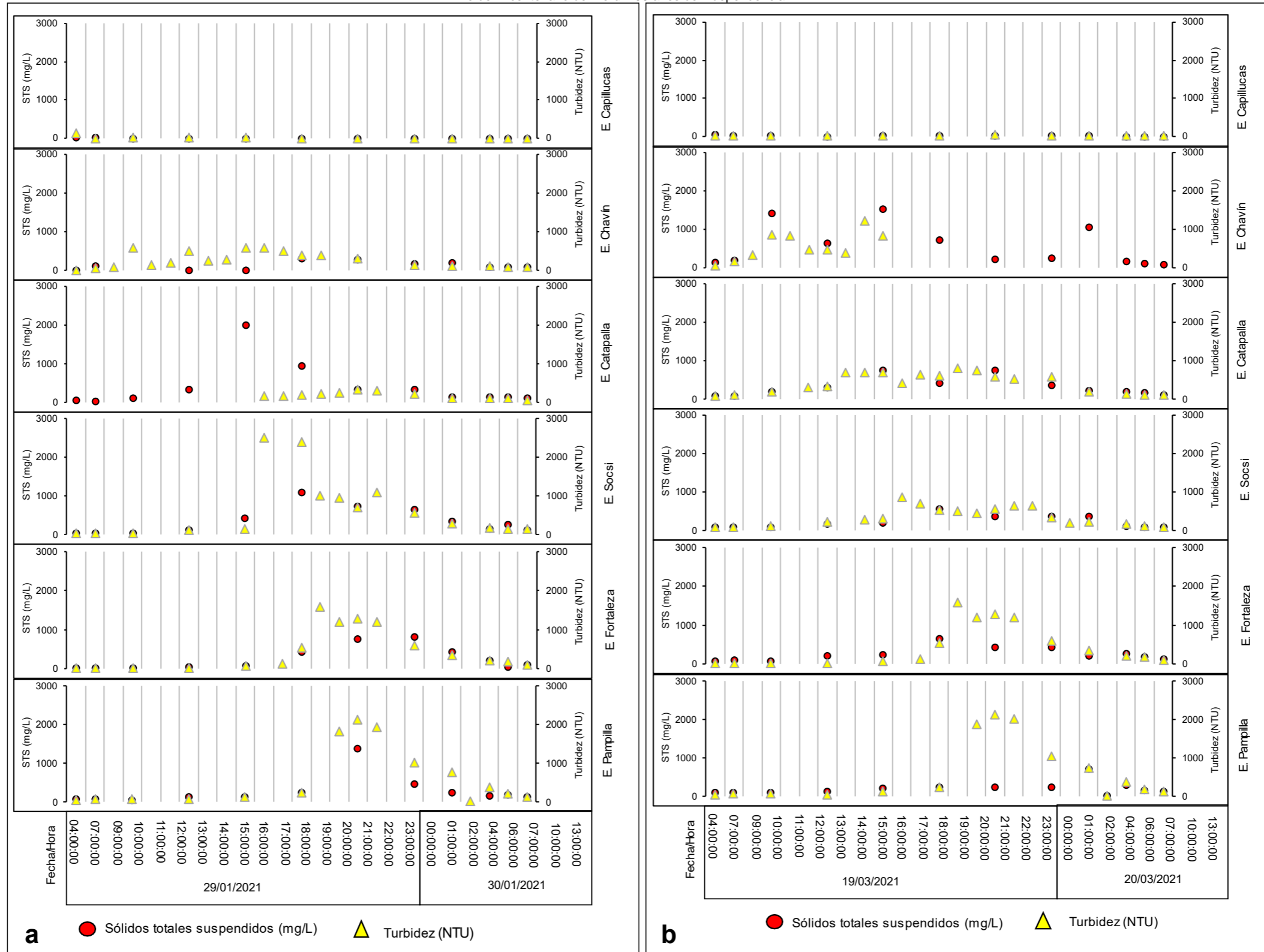


Figura 7.14. Variación de la sólidos totales suspendidos y turbidez durante la purga de sedimentos del embalse Capillucas en enero y marzo del 2021. a) 29 y 30 de enero del 2021, b) 19 y 20 de marzo del 2021





Con respecto a las concentraciones de sólidos totales suspendidos durante la purga de sedimentos, se promediaron dichas concentraciones agrupando primero a los registros que superaban los 200 mg/L y luego aquellos que superaron los 1000 mg/L. Asimismo, se consideró el tiempo de duración como el lapso entre los valores promediados. Los valores de severidad (SEV) mostraron un rango entre 7,20 y 8,20; ubicándose dentro de la categoría de efectos subletales, los cuales comprenden moderada degradación del hábitat, indicadores de estrés fisiológico, reducción a largo plazo en la tasa de alimentación y en el éxito de alimentación (Newcombe y Jensen, 1996). Cabe indicar que para el cálculo de SEV se consideró además los resultados de sólidos totales suspendidos de la purga de sedimentos de febrero 2019<sup>34</sup>.

Los SEV obtenidos en base a la concentración de sólidos totales suspendidos durante la purga de sedimentos del embalse Capillucas en los años 2019 y 2021 fueron menores a los simulados para diferentes concentraciones de sólidos totales suspendidos en el EIA del administrado, donde además se recomendó que la duración de la purga sea corta, lo cual ha sido corroborado debido a que los incrementos de sólidos totales suspendidos no pasaron las 24 horas. En la Tablas 7.1 y Tabla 7.2 se detallan la duración, concentración de sólidos totales suspendidos y el valor de SEV calculado para cada estación monitoreada por el administrado.

**Tabla 7.2.** Purga de sedimentos considerando valores de STS superior a 1000 mg/L

Enero 2021			
Estación	Duración (horas)	STS (mg/L)	SEV
Chavín	10	3537,7	8,034
Catapalla	5	2015,0	7,381
Socsi	5	1096,0	7,209
Fortaleza	-	-	-
Pampilla	5	1344,0	7,266
Marzo 2021			
Estación	Duración (horas)	TSS (mg/L)	SEV
Chavín	5	1200,0	7,234
Catapalla	-	-	-
Socsi	-	-	-
Fortaleza	-	-	-
Pampilla	-	-	-

\*Promedio de STS con valores superiores a 1000 mg/L

**Tabla 7.3.** Purga de sedimentos considerando valores de STS superior a 200 mg/L

Febrero 2019			
Estación	Duración (horas)	STS (mg/L)	SEV
Chavín	12	2183,0	8,027
Catapalla	15	1548,3	8,089
Socsi	15	2244,3	8,194
Fortaleza	6	1025,3	7,320
Pampilla	15	1737,7	8,122
Enero 2021			
Estación	Duración (horas)	TSS (mg/L)	SEV
Chavín	13	2236,4	8,091
Catapalla	15	785,4	7,897
Socsi	16	517,1	7,825
Fortaleza	10	462,4	7,458
Pampilla	12	546,8	7,636

<sup>34</sup> Informe de supervisión N° 0302-2020-OEFA/DSEM-CELE



Marzo 2021			
Estación	Duración (horas)	TSS (mg/L)	SEV
Chavín	21	760,0	8,128
Catapalla	15	462,0	7,747
Socsi	12	369,4	7,525
Fortaleza	21	342,1	7,902
Pampilla	12	317,4	7.482
*Promedio de STS con valores superiores a 200 mg/L			
*En el caso de enero del 2019 solo se consideró los valores considerados como parte de la purga en ese informe			

Cabe indicar que el análisis teórico realizado se restringe solo a las purgas de los años 2019 y 2021, pudiendo esta condición cambiar en posteriores purgas de sedimentos del embalse Capillucas por lo cual, es importante considerar además monitoreos de las comunidades hidrobiológicas antes y posterior a la purga de sedimentos para determinar la capacidad de resiliencia de dichas comunidades a estos eventos tal como se recomendó en el EIA del administrado.

#### Calidad de agua, sedimentos y comunidades hidrobiológicas en el ámbito de influencia de las operaciones de la C.H. El Platanal evaluados en el año 2021

De forma adicional se evaluó la calidad de agua, sedimento y comunidades hidrobiológicas en puntos ubicados desde la laguna Paucarcocha hasta el sector de San Juanito. Para el caso de agua superficial se evaluaron en 12 puntos de muestreo en el río Cañete (12 puntos en abril y 5 puntos en agosto); de los puntos evaluados 4 corresponde a puntos de control de cumplimiento asociados a la descarga de agua residual doméstica tratada autorizados en los sectores Capillucas (código del administrado M-5 y M-6) <sup>35</sup> y San Juanito (código del administrado CR-1, CR-2) <sup>36</sup>; 3 puntos de monitoreo de acuerdo al PAMA 2008 (E3, E2 y E1), los demás puntos evaluados corresponden a la descarga de agua turbinada y a puntos referenciales donde se realizan monitoreos biológicos. Asimismo, en dichos puntos se tomaron muestras de comunidades hidrobiológicas, así como sedimento tal como se indica en la Tabla 5.2.

Las mediciones de los parámetros fisicoquímicos de campo como de laboratorio de todos los puntos evaluados en abril y agosto del 2021 durante la EAC se encontraron dentro de los rangos establecidos en los ECA para Agua 2017 categoría 4 E1 (orilla de la laguna Paucarcocha), ECA para Agua 2017 categoría 4 E2 (puntos ubicados parte alta del río Cañete) y ECA para Agua 2017 categoría 1 A2 (sector Allauca - San Juanito), a excepción de la salida de agua turbinada en el mes de agosto que registro un valor de 6,1 mg/L y referencialmente excedió el valor ECA 1,7 mg/L. Cabe indicar que en el mismo mes se registró un incremento de la concentración de aceites y grasas en los puntos RCañe-8 (CR-1) y RCañe-9(CR-2) respecto a lo registrado en abril 2021 sin embargo, dichas concentraciones estuvieron por abajo del estándar mencionado.

<sup>35</sup> Licencia renovada a favor de la Compa Eléctrica El Platanal S.A., aprobado mediante Resolución Directoral N° 032-2016-ANA-DGCRH el 16 de febrero de 2016.

<sup>36</sup> Licencia renovada a favor de la Compañía Eléctrica El Platanal S.A., aprobado mediante Resolución Directoral N° 084-2021-ANA-DCERH el 18 de mayo de 2021.



Cabe resaltar que entre los puntos RCañe-8 y RCañe-9 se encuentra la descarga de agua residual doméstica tratada proveniente del campamento San Juanito, cuyos parámetros evaluados en abril y agosto 2021 cumplieron con los Límite Máximo Permisible (LMP) para descarga de efluentes líquidos establecidos en el Decreto Supremo N.º 003-2010-MINAM.

Con relación a las comunidades hidrobiológicas, un resumen histórico (2006-2021) de la riqueza de macroinvertebrados bentónicos (Figura 7.12) permitió realizar un análisis temporal antes y después del inicio de operaciones de la C.H. El Platanal. Asimismo, se consideró el efecto espacial, separando los puntos de muestreo ubicados aguas arriba del embalse Capillucas (RCañe-6) y aguas abajo (RCañe-7), además de aguas arriba (RCañe-8) y aguas abajo (RCañe-9) del vertimiento de aguas residuales domésticas tratadas provenientes del campamento San Juanito.

Se pudo observar un comportamiento similar de la riqueza de macroinvertebrados bentónicos entre los años previos al inicio de operaciones (2006-2010) y posteriores (2010-2021); asimismo, no se observó un cambio en relación con los puntos aguas arriba y abajo de los del embalse Capillucas y el agua residual doméstica tratada de San Juanito, indicando que la capacidad de resiliencia del río Cañete permite el desarrollo y establecimiento de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos durante los periodos evaluados. Cabe indicar que los valores reportados corresponden solo a los monitoreos que se realizan en los meses de julio y octubre del 2021.

Factores hidrológicos y fluviales podrían ser una explicación del comportamiento registrado en el río Cañete (Acosta, 2009). Es importante mencionar que, la estacionalidad hidrológica es un factor que determina la composición de macroinvertebrados bentónicos (Puntí *et al.*, 2007), reconociendo a la época lluviosa con poco potencial para la riqueza de macroinvertebrados bentónicos en comparación con la época de estiaje (Jacobsen y Encalada, 1998).

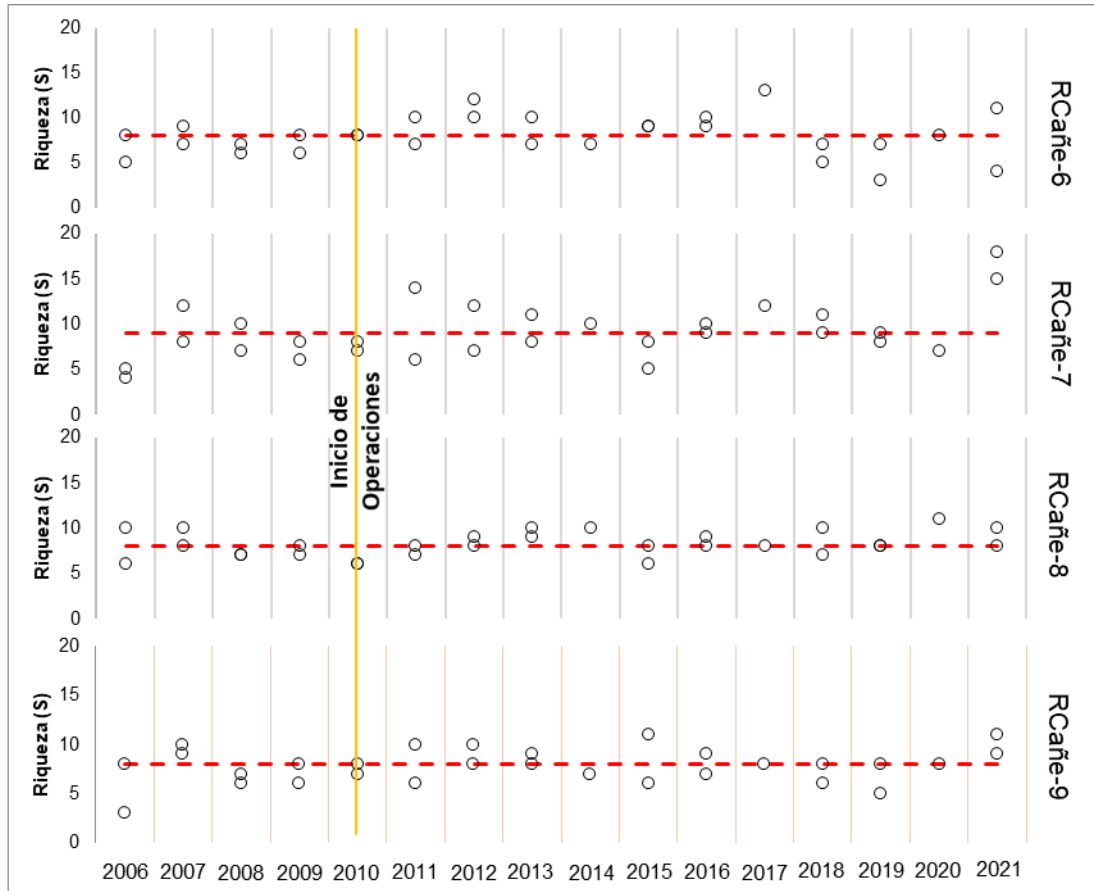
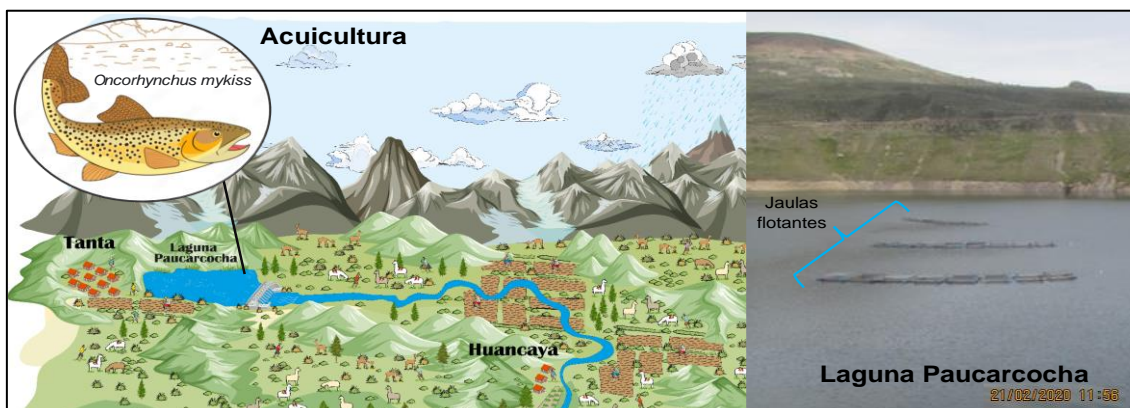


Figura 7.15. Serie histórica de la riqueza de macroinvertebrados bentónicos desde el 2006-2021

Por otro lado, en la Figura 7.13 se muestra el comportamiento de la riqueza y la composición de macroinvertebrados bentónicos durante la evaluación del 2021. Se observó que en la laguna Paucarcocha, los taxa más frecuentes en los puntos de muestreo fueron Annelida+Gastropoda e Hydracarina+Malacostraca. Por otro lado, los puntos de muestreo ubicados en el río Cañete entre los 4100 y 4200 msnm, presentaron un mayor porcentaje de grupos tolerantes a la contaminación orgánica como el orden Diptera (Acosta, 2009), desde 57% en RCañe-2 hasta 59% en RCañe-5, esto guarda relación con la concentración de oxígeno disuelto en este estrato altitudinal (6,43 – 6,75 mg/L) el cual fue menor con lo registrado en los puntos del río Cañete entre los 900 y 1600 msnm (7,90 – 9,87 mg/L); así mismo, en esta zona hubo un mayor porcentaje de grupos sensibles a la contaminación orgánica como los órdenes Ephemeroptera+Plecoptera+Trichoptera, desde 62% en RCañe-6-H hasta 25% en RCañe-9S. Es importante mencionar que la menor concentración de oxígeno disuelto en el estrato de 4100 y 4200 msnm puede deberse a la presencia de actividades de acuicultura en la laguna Paucarcocha (Figura 7.12) que disminuye la concentración de oxígeno disuelto aguas abajo, debido a la degradación de la materia orgánica proveniente de esta actividad (Bergheim *et al.*, 2021).



**Figura 7.16.** Jaulas flotantes en la laguna Paucarcocha donde se cultiva *Oncorhynchus mykiss* (trucha arco iris).

## 8. CONCLUSIONES

De la evaluación ambiental de causalidad relacionado a las actividades de operaciones de la C.H. El Platanal de la Compañía Eléctrica El Platanal S.A. se determinó un impacto negativo sobre la especie *Cryphios caementarius* (camarón de río) en el tramo de caudal reducido, reflejado en la reducción de la biomasa de camarones que registraban de 1 a 2 toneladas por monitoreo durante la fase de pre-construcción (2004 al 2005) y construcción (2006 al 2009) a registros menores a 1 tonelada por monitoreo durante la etapa de operación (2010 al 2019). Dicha afectación no estaría siendo generada por cambios en la calidad de agua del río Cañete debido a que las condiciones fisicoquímicas reportadas como la temperatura, oxígeno disuelto, potencial de hidrogeno y dureza muestran valores dentro del rango óptimo sugerido para los camarones.

El caudal ecológico de 1 m<sup>3</sup>/s determinado por administrado en 1999 para el tramo de caudal reducido y además los 2 m<sup>3</sup>/s que se viene reportando como un aporte adicional al mínimo autorizado durante la temporada de estiaje es insuficiente para alcanzar el hábitat adecuado para los individuos adultos de *Cryphios caementarius* (camarón de río) de acuerdo con el modelo de simulación de hábitat mediante el programa PHABSIM.

Durante la purga de sedimentos del embalse Capillucas en enero y marzo del 2021 se registraron incrementos y excedencias de los ECA para Agua 2017 Categoría 1-A2 en las concentraciones de los parámetros hierro, aluminio, manganeso y plomo asociados al incremento de los sólidos totales suspendidos en las estaciones monitoreadas aguas debajo del embalse. A pesar de dichos incrementos se obtuvieron valores de severidad entre 7,2 a 8,2 que teóricamente indican que no se habría generado efectos letales y paraletales en peces.

### Específicas:

Todos los parámetros fisicoquímicos de campo como de laboratorio en abril y agosto del 2021 en agua superficial, de fascie bicarbonatada cálcica y con predominancia en su fase disuelta, se encontraron dentro de los rangos establecidos en los ECA para Agua 2017 categoría 4 E1 (orilla de la laguna Paucarcocha), ECA para Agua 2017 categoría 4 E2 (puntos ubicados parte alta del río Cañete) y ECA para Agua 2017 categoría 1 A2 (sector Allauca - San Juanito), a excepción de la salida de agua turbinada (TURB-1) en el mes de



agosto que registro un valor de 6,1 mg/L en aceites y grasas excediendo referencialmente el valor ECA 1,7 mg/L.

Todos los parámetros fisicoquímicos de campo como de laboratorio en el efluente de agua residual doméstica tratada proveniente del campamento San Juanito (EFLU-2) evaluado en abril y agosto del 2021 durante la EAC cumplieron con los Límite Máximo Permisible (LMP) para descarga de efluentes líquidos establecidos en el Decreto Supremo N.º 003-2010-MINAM.

Las muestras sólidas extraídas de los sedimentos mostraron una similar concentración de elementos como el hierro, aluminio, calcio y magnesio en comparación a los demás metales mayoritarios en todos los puntos evaluados en abril y agosto 2021 y de la comparación referencial con la guía de calidad ambiental de Canadá – CEQG, solo el parámetro de arsénico estuvo por encima del valor ISQG en ambas temporadas y en todos los puntos evaluados.

El caudal ecológico de 1 m<sup>3</sup>/s determinado por la Compañía Eléctrica El Platanal S.A. para el tramo de caudal reducido del río Cañete; además de los 2 m<sup>3</sup>/s que se viene reportando como un aporte adicional al mínimo autorizado durante la temporada de estiaje reduce el hábitat disponible de la especie *Trichomycterus punctulatus* (bagre costero).

La riqueza de macroinvertebrados bentónicos se mantuvo similar desde antes de inicio de operación (2006-2010) y posterior a esta (2010-2021) en el río Cañete. Además, no se observaron cambios considerables en la estructura comunitaria de perifiton y macroinvertebrados bentónicos, aguas arriba y aguas debajo del vertimiento de agua residual doméstica tratada del campamento San Juanito.





## 9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acosta, R., Ríos, B., Rieradevall, M. & Prat, N. (2009). Propuesta de un Protocolo de Evaluación de la Calidad Ecológica de Ríos Andinos (C.E.R.A) y su Aplicación a dos Cuencas en Ecuador y Perú. *Limnetica*, 28(1), 35-64.

Acosta, C. R. (2009). Estudio de la cuenca altoandina del río Cañete (Perú): distribución altitudinal de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos y caracterización hidroquímica de sus cabeceras cársticas (Doctoral dissertation, Universitat de Barcelona).

ANA (2019). Estudio hidrológico de la unidad hidrográfica Cañete. Ministerio de Agricultura y Riego, Lima Perú. 407 pp.

Appelo, C. and Postma, D. (2005). *Geochemistry, Groundwater and Pollution*. 2nd Edition, Balkema, Rotterdam. <https://doi.org/10.1201/9781439833544>.

Bahamonde N, Vila I. 1971. Sinopsis sobre la biología del camarón de río del norte. *Biol Pesq* 5: 3-60.

Bergheim, A., Schumann, M. and Brinker, A. (2021). Water Pollution from Fish Farms. In *Encyclopedia of Water*, P. Maurice (Ed.).

Chávez R, De Parodi E, Villegas J. 1973. Estudio del *Cryphiops caementarius* (Molina) (camarón de río). *Rev Invest Univ Nac San Agustín* 2(1): 13-34.

Custodio, E. y Llamas, M. R. (1976). *Hidrología Subterránea*. – Tomo I y II. Ed. Omega, Barcelona, España.

Davis, S.N. y De Wiest, R. (1971). *Hidrología*. – Tomo I. Ed. Ariel, Barcelona España.

Dinka, M. O., Loiskandl, W., & Ndambuki, J. M. (2015). Hydrochemical characterization of various surface water and groundwater resources available in Matahara areas, Fantalle Woreda of Oromiya region. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 3, 444-456. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2015.02.007>.

Everard, M., & Quinn, N. (2015). Realizing the value of fluvial geomorphology. *International Journal of River Basin Management*, 13(4), 487-500.

Gomi, T., Kobayashi, S., Negishi, JN., Imaizumi, F. (2010). Short-term responses of macroinvertebrate drift following experimental sediment flushing in a Japanese headwater channel. *Landscape and Ecological Engineering*. 6: 257-270.

Hem, J. D. (1985). Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water (Vol. 2254). Department of the Interior, US Geological Survey. Disponible en: <https://pubs.usgs.gov/wsp/wsp2254/pdf/wsp2254a.pdf>.

INGEMMET (1993). Geología de los cuadrángulos de Mala, Lunahuaná, Tupe, Conayca, Chíncha, Tantará y Castrovirreyna (Boletín N°44 Serie A: Carta Geológica Nacional). Lima: INGGEMMET.





Jacobsen, D., Encalada, A. (1998). The macroinvertebrate fauna of Ecuadorian high-land streams in the wet and dry season. *Archiv fur Hydrobiologie* 142(1):53-70

Jones J. I.; Murphy, J. F.; Collins, A. L.; Sear, D. A.; Naden, P. S.; Armitage, P. D. (2011). The impact of fine sediment on macro-invertebrates. *River Research and Applications* 28(8)

Kendall, M. G. (1945). The treatment of ties in rank problems. *Biometrika*. 30(1/2) 81-93.

López, C.C. (2018). Análisis de las características fisicoquímicas del agua subterránea de la cuenca del río Chicú, Colombia, usando indicadores hidroquímicos y estadística multivariante. *Ingeniería y Ciencia*, 14(28), 35-68. <https://doi.org/10.17230/ingciencia.14.28.2>.

Magurran, A.E. (1988). *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press, New Jersey, 179 pp.

Mariño, E.E. & García, R.F. (2018, Setiembre). Apuntes sobre Aplicaciones Ambientales de la Hidrogeoquímica. Consejo Hídrico Federal (COHIFE) de la República de Argentina. Disponible en: <http://www.cohife.org/advf/documentos/2019/09/5d6eebe415ac8.pdf>.

Martínez, A. (1998). Interpretación Ambiental de datos hidroquímicos de la laguna continental de Castiñeiras. *Geographicalia*, 36,101-109.

Meza-Rodriguez, D., Martínez-Rivera, L.M., Mercado-Silva, N., de Jalón-Lastra, D.G., del Tánago-del Río, M.G., Marchamalo-Sacristán, M., de la Mora-Orozco, C. 2017. Propuesta de caudal ecológico en la cuenca del Río Ayuquila-Armería en el Occidente de México. *Latin American Journal of Aquatic Research* 45(5): 1017-1030

Meruane J, Rivera M, Morales C, Galleguillos C, Hosokawa, H. 2006. Juvenile production of the freshwater prawn *Cryphiops caementarius* (Decapoda: Palaemonidae) under laboratory conditions in Coquimbo, Chi- le. *Gayana* 70: 228-236.

Molina, M.T., Sánchez, L.N., Benítez, S.V., Sánchez, L.J., Sáenz, A., Echavarría, D.M. (2018). Sedimentation rates and characteristics of bottom sediments in three reservoirs of Antioquia, Colombia. *Ingeniería del agua*, 22(4), 177-194. <https://doi.org/10.4995/la.2018.8001>.

Moreno, C. E. (2001). Métodos para medir la biodiversidad. M&T – Manuales y Tesis SEA. Vol. 1. GORFI, S.A., Zaragoza (ESP).

Muñoz Guerra, C. J. (2017). Ecología trófica del pejerrey de río *Basilichthys semotilus*, cope 1874 (Atheriniformes: Atherinopsidae) en la cuenca baja del río Chillón-Lima, periodo setiembre-diciembre 2016.

Navarro, J., McCauley, D. y Blystra, A. (1994). Instream Flow incremental methodology (IFIM) for modelling fish hábitat. *Journal of wáter management modelling*. 6062.

Newcombe, C. P.; Jensen, J. O. T. (1996). Channel suspended sediment and fisheries: A synthesis for quantitative assessment of risk and impact. *North American Journal of Fisheries Management* 16: 693-727.



Norambuena R. 1997. Antecedentes biológicos de *Cryphiops caementarius* (Molina, 1782) en el estero «El Culebrín» (crustacea, Decapada, Palaemonidae). *Biol Pesq* 9: 7-19.

Ortega, H., Hidalgo, M., Trevejo, G., Cortijo, A.M., Meza, V., Espino, J. (2012). Lista anotada de los peces de aguas continentales del Perú: Estado actual del conocimiento, distribución, usos y aspectos de conservación. Ministerio del Ambiente, Dirección General de Diversidad Biológica Museo de Historia Natural, UNMSM.

Ortiz-Riomalo, J.F y Miranda-Montagut, Y.M. 2019. Comportamiento pro-social y acción colectiva para el manejo del agua en el Perú: una estrategia participativa basada en juegos y experimentos económicos en la cuenca del río Cañete. Informe final sobre las actividades y resultados de los talleres realizados. Instituto de Investigaciones sobre Sistemas Ambientales (IUSF) y Facultad de Administración de Negocios y Economía, Universidad de Osnabrück (Alemania), ProAmbiente II (GIZ, Perú), Proyecto MERESE-FIDA, Instituto de Ciencias de la Naturaleza, Territorio y Energías Renovables de la Pontificia Universidad Católica del Perú (INTE-PUCP). Lima, Perú; Osnabrück, Alemania 76p.

Oyague, E., Vera, A., Cabrejos, L., & Franco, P. (2020). Differences in physical habitat simulation system modelling results using benthic or pelagic fish species as indicators in Peruvian Andes–Amazon rivers. *River Research and Applications*, 36(5), 828-842.

Pouilly, M., & Aguilera, G. (2012). Evaluación inicial de caudales ecológicos/ambientales en la cuenca del río huasco–chile, mediante la simulación del hábitat físico del pejerrey *basilichthys microlepidotus* y el camarón de río *cryphiops caementarius*. UICN, Quito, Ecuador, 57.

Puntí, T. (2017). Ecology of Chironomidae communities in Mediterranean reference streams. Dr. Sci. Thesis, Universidad de Barcelona, ESP. 151 pp

Piper, A. M. (1944). A graphic procedure in the geochemical interpretation of water-analyses. *Eos, Transactions, American Geophysical Union*, 25(6), 914-928. <https://doi.org/10.1029/TR025i006p00914>.

Quevedo Medina, R. R. (2017). Estudio de las características de hábitat asociadas a la presencia de *cryphiops caementarius* (camarón de río) en el río Ocoña, y medidas para conservar este recurso, Arequipa 2016.

Rivera, M. (2007). Introducción a la geoquímica general y aplicada. Segunda edición, 279pp.

Rekha, V. B. (2013). A comparative study of the hydrological scenario of Peruvanthanam sub watershed and Valiyathodu sub watershed of Manimala River basin, Kerala, South India, Chapter 6: Ion Chemistry (pp. 75-83). [Tesis de doctorado en Ciencias Ambientales, Mahatma

Rosgen, D. L. 1994. A classification of natural rivers. *Catena*, 22(3), 169-199.

Rusydi, A. F. (2018, febrero). Correlation between conductivity and total dissolved solid in various type of water: A review. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science



118 012019 [Colloquium]. Global Colloquium on GeoSciences and Engineering, Bandung, Indonesia. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/118/1/012019>.

Senamhi (2020). Mapa climático del Perú. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (Senamhi). Disponible en <https://www.senamhi.gob.pe/?p=mapa-climatico-del-peru>

Stiff Jr, H.A. (1951). The interpretation of chemical water analysis by means of patterns. *Journal of Petroleum Technology*, 192, 376-379. <https://doi.org/10.2118/951376-G>.

Shannon, C.E. (1948). A mathematical theory of communication. *The bell system technical journal*. 27: 379-423, 623-656.

Sifuentes Torres, M. A. (2017). Composición, distribución y ecología de la ictiofauna de la cuenca del río Cañete, Lima, Perú.

Thomaz, A. T., Arcila, D., Ortí, G., & Malabarba, L. R. (2015). Molecular phylogeny of the subfamily Stevardiinae Gill, 1858 (Characiformes: Characidae): classification and the evolution of reproductive traits. *BMC evolutionary biology*, 15(1), 1-25.

Trujillo, G. 2018. Relación entre cobertura de bosque y geomorfología fluvial con la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en la cuenca alta del río Mayo (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.

Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM). (2014). Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú. Ministerio del Ambiente, PE.

Vera Arabe, A., Oyague Passuni, E., Castañeda Córdova, L., & Quinteros Carlos, Z. (2013). Hábitos alimentarios del bagre "life" *Trichomycterus punctulatus* (Valenciennes, 1846) (Actinopterygii, Siluriformes) en el río Pisco, Peru. *Ecología aplicada*, 12(2), 121-131.

Viacava M, Aitken R, Llanos J. 1978. Estudio del camarón en el Perú 1975- 1976. *Bol IMARPE* 3(5): 165-232.

Wasiw, J., & Yépez, V. (2015). Evaluación poblacional del camarón *Cryphiops caementarius* en ríos de la costa sur del Perú. *Revista de investigaciones veterinarias del Perú*, 26(2), 166-181.

Wasiw, J., & Yépez, V. (2017). Evolución de la condición poblacional del camarón *Cryphiops caementarius* en el Río Cañete (2000-2015). *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 28(1), 13-32.

Walton, N.R.G. (1989). Electrical Conductivity and total dissolved solids-what is their precise relationship? *Desalination*, 72(3), 275-292. [https://doi.org/10.1016/0011-9164\(89\)80012-8](https://doi.org/10.1016/0011-9164(89)80012-8).

Wolda, H. (1981). Similarity indices, sample size and diversity. *Oecologia* vol. 50: 296-302

# ANEXO N.º 2



Organismo  
de Evaluación  
y Fiscalización  
Ambiental

## MAPA DE PUNTOS DE MUESTREO

# ANEXO N.º 3



Organismo  
de Evaluación  
y Fiscalización  
Ambiental

## REPORTES DE CAMPO

# ANEXO N.º 4



Organismo  
de Evaluación  
y Fiscalización  
Ambiental

## REPORTES DE RESULTADOS



Organismo  
de Evaluación  
y Fiscalización  
Ambiental

[www.oefa.gob.pe](http://www.oefa.gob.pe)

Dirección de Evaluación Ambiental

Av. Faustino Sánchez Carrión  
Nº 603, 607 y 615  
Jesús María - Lima, PerúTeléf.:  
(511) 204 9900

# ANEXO N.º 5



Organismo  
de Evaluación  
y Fiscalización  
Ambiental

## DOCUMENTOS REMITIDOS POR EL ADMINISTRADO DE ACUERDO AL REQUERIMIENTO DE INFORMACIÓN EN EL ACTA DE SUPERVISIÓN EN EL MARCO DE LA EAC



Organismo  
de Evaluación  
y Fiscalización  
Ambiental

[www.oefa.gob.pe](http://www.oefa.gob.pe)

Dirección de Evaluación Ambiental

Av. Faustino Sánchez Carrión  
Nº 603, 607 y 615  
Jesús María - Lima, PerúTeléf.:  
(511) 204 9900



# ANEXO N.º 6



Organismo  
de Evaluación  
y Fiscalización  
Ambiental

## ACTA DE SUPERVISIÓN



Organismo  
de Evaluación  
y Fiscalización  
Ambiental

[www.oefa.gob.pe](http://www.oefa.gob.pe)

Dirección de Evaluación Ambiental

Av. Faustino Sánchez Carrión  
Nº 603, 607 y 615  
Jesús María - Lima, PerúTeléf.:  
(511) 204 9900

# ANEXO N.º 7



Organismo  
de Evaluación  
y Fiscalización  
Ambiental

## DATA DE PURGA DE SEDIMENTOS 2021



Organismo  
de Evaluación  
y Fiscalización  
Ambiental

[www.oefa.gob.pe](http://www.oefa.gob.pe)

Dirección de Evaluación Ambiental

Av. Faustino Sánchez Carrión  
Nº 603, 607 y 615  
Jesús María - Lima, PerúTeléf.:  
(511) 204 9900