



**DETALLE DE LA EVALUACIÓN AMBIENTAL DE
CAUSALIDAD EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DE LA
CENTRAL HIDROELÉCTRICA CHEVES DE
STATKRAFT PERÚ S.A., DISTRITOS PACCHO Y
CHECRAS, PROVINCIA HUAURA, Y NAVÁN, CAUJUL,
ANDAJES Y PACHANGARA, PROVINCIA OYÓN,
DEPARTAMENTO LIMA, DURANTE EL 2022**

SUBDIRECCIÓN TÉCNICA CIENTÍFICA

DIRECCIÓN DE EVALUACIÓN AMBIENTAL

2022



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación
Ambiental

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

Profesionales que aportaron a este documento:



ÍNDICE DEL CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	1
3. OBJETIVOS	6
3.1. Objetivo general	6
3.2. Objetivos específicos	6
4. ÁREA DE ESTUDIO	6
4.1. Geología regional	8
4.2. Climatología e hidrología	8
4.3. Comunidades hidrobiológicas	9
5. METODOLOGÍA	9
5.1. Objetivo específico 1: Evaluar la calidad de agua superficial, agua turbinada, sedimento y comunidades hidrobiológicas en los ríos Huaura y Checras en el ámbito de la C.H. Cheves	11
5.1.1. Guías utilizadas para la evaluación	11
5.1.2. Ubicación de puntos de muestreo	12
5.1.3. Parámetros y métodos de análisis	14
5.1.4. Equipamiento y materiales utilizados	15
5.1.5. Aseguramiento de la calidad	15
5.1.6. Procesamiento de datos	15
5.1.7. Criterios de evaluación	19
5.2. Objetivo específico 2: Comparar el caudal ecológico establecido en los ríos Checras y Huaura con el modelo de simulación de hábitat PHABSIM (<i>Physical hábitat simulation system</i>) para la comunidad ictiológica en el tramo de influencia de la C.H. Cheves	21
5.2.1. Guías utilizadas para la evaluación	21
5.2.2. Ubicación de los puntos de muestreo	22
5.2.3. Parámetros y métodos de análisis	23
5.2.4. Procesamiento de datos	23
5.2.5. Criterios de evaluación	25
5.3. Objetivo específico 3: Evaluar la calidad de agua superficial del reservorio Huaura y la calidad de agua superficial, sedimento, comunidades hidrobiológicas y estado trófico del reservorio Checras	27
5.3.1. Guías utilizadas para la evaluación	27
5.3.2. Ubicación de puntos de muestreo	27



5.3.3.	Parámetros y métodos de análisis	28
5.3.4.	Equipamiento y materiales utilizados	29
5.3.5.	Aseguramiento de la calidad	29
5.3.6.	Procesamiento de datos.....	30
5.3.7.	Criterios de evaluación	30
6.	RESULTADOS	30
6.1.	Calidad de agua superficial, agua turbinada, sedimento y comunidades hidrobiológicas en los ríos Huaura y Checras en el ámbito de la C.H. Cheves	31
6.1.1.	Agua superficial	31
6.1.2.	Aguas turbinadas.....	36
6.1.3.	Sedimento.....	36
6.1.4.	Comunidades hidrobiológicas	57
6.2.	Caudal ecológico establecido en los ríos Checras y Huaura y comparación con el modelo de simulación de hábitat PHABSIM para la comunidad ictiológica en el tramo de influencia de la CH Cheves	97
6.2.1.	Caudales.....	97
6.2.2.	Modelamiento hidráulico.....	98
A.	Tramo RHUA-02 (TCE).....	98
B.	Tramo RHUA-04.....	101
C.	Tramo RHUA-05.....	104
D.	Tramo RHUA-06.....	107
E.	Tramo RHUA-07.....	110
6.2.3.	Curvas de idoneidad de hábitat.....	114
A.	Velocidad.....	114
B.	Profundidad	118
C.	Índice de canal	122
6.2.4.	Modelamiento de hábitat	125
A.	Tramo RHUA-02 (TCE).....	125
B.	Tramo RHUA-04.....	128
C.	Tramo RHUA-05.....	131
D.	Tramo RHUA-06.....	133
E.	Tramo RHUA-07.....	136
6.3.	Calidad de agua superficial del reservorio Huaura y calidad de agua superficial, sedimento, comunidades hidrobiológicas y estado trófico del reservorio Checras	139
6.3.1.	Agua superficial	139
6.3.2.	Estado trófico del reservorio Checras	140
6.3.3.	Sedimento.....	141



6.3.4.	Comunidades hidrobiológicas	147
7.	DISCUSIÓN	154
7.1.	Calidad de agua superficial, agua turbinada, sedimento y comunidades hidrobiológicas en los ríos Huaura y Checras en el ámbito de la C.H. Cheves	154
7.2.	Comparación del caudal ecológico establecido en los ríos Checras y Huaura con el modelo de simulación de hábitat PHABSIM para la comunidad ictiológica en el tramo de influencia de la CH Cheves	172
	<i>Oncorhynchus mykiss</i> (trucha)	173
	<i>Basilichthys semotilus</i> (pejerrey)	177
	<i>Trichomycterus aff. vittatus</i> (bagre)	183
7.3.	Calidad de agua superficial del reservorio Huaura y calidad de agua superficial, sedimento, comunidades hidrobiológicas y estado trófico del reservorio Checras	188
8.	CONCLUSIONES.....	189
9.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	193

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1.	Instrumentos de gestión ambiental de la C.H. Cheves aprobados por el MINEM2	
Tabla 2.2.	Valores de pH, conductividad eléctrica, sólidos totales suspendidos (STS), sulfatos, y metales registrados en el EIA de la C.H. Cheves para la cuenca media y alta del río Huaura (1998)	3
Tabla 2.3.	Acciones realizadas por el OEFA en el entorno de la CH Cheves	4
Tabla 5.1.	Referencias para el muestreo de agua superficial, agua turbinada, sedimento y comunidades hidrobiológicas	11
Tabla 5.2.	Ubicación de los puntos de muestreo de agua superficial, sedimento y comunidades hidrobiológicas	12
Tabla 5.3.	Punto de muestreo de agua turbinada de la C.H. Cheves.....	13
Tabla 5.4.	Parámetros y métodos de análisis de agua, sedimento y comunidades hidrobiológicas.....	14
Tabla 5.5.	Valores aceptables de error en función a la conductividad eléctrica.....	16
Tabla 5.6.	Cuerpos de agua y categoría de comparación para los cuerpos de agua en el ámbito de la C.H. Cheves	20
Tabla 5.7.	Ubicación de los puntos de muestreo	22
Tabla 5.8.	Parámetros evaluados para el caudal ecológico.....	23
Tabla 5.9.	Descripción de las funciones de distribución de probabilidad	24
Tabla 5.10.	Valores de caudal ecológico para la CH Cheves en m ³ /s.....	26
Tabla 5.11.	Caudal disponible para la CH Cheves en m ³ /s	26
Tabla 5.12.	Guías y protocolos de monitoreo para calidad de agua superficial, sedimento y comunidades hidrobiológicas	27
Tabla 5.13.	Puntos de muestreo para la evaluación de los reservorios Checras y Huaura	28
Tabla 5.14.	Parámetros y métodos de análisis de agua, sedimento y comunidades hidrobiológicas.....	28
Tabla 5.15.	Fórmulas para el cálculo del TSI según la transparencia del agua, fósforo total y la clorofila a.....	30



Tabla 6.1. Concentraciones de metales en los sedimentos de los ríos Checras y Huaura comparados con los valores ISQG y PEL de la guía canadiense	44
Tabla 6.2. Características y evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CERA-S) en los ríos Checras y Huaura	57
Tabla 6.3. Composición comunitaria total de microalgas del perifiton en los ríos Checras y Huaura	58
Tabla 6.4. Riqueza de microalgas del perifiton en los ríos Checras y Huaura	60
Tabla 6.5. Abundancia por phylum de microalgas del perifiton en los ríos Checras y Huaura	62
Tabla 6.6. Índices de diversidad para microalgas del perifiton en los ríos Checras y Huaura	64
Tabla 6.7. Índice de similitud de Bray-Curtis para las microalgas del perifiton en los ríos Checras y Huaura.....	67
Tabla 6.8. Composición comunitaria total de los MIB en los ríos Checras y Huaura	68
Tabla 6.9. Riqueza de los MIB en los ríos Checras y Huaura.....	70
Tabla 6.10. Abundancia por taxón de los MIB en cada punto de muestreo en los ríos Checras y Huaura.	73
Tabla 6.11. Índices de diversidad para los MIB en los ríos Checras y Huaura	76
Tabla 6.12. Índice de similitud de Bray-Curtis para los MIB en los ríos Checras y Huaura	79
Tabla 6.13. Especies de peces encontradas en el área de estudio de la C.H. Cheves	80
Tabla 6.14. Especies de peces encontradas en el área de estudio de la C.H. Cheves	81
Tabla 6.15. Cantidad de individuos colectados, CPUE, biomasa, densidad y área de muestreo por punto de muestreo	82
Tabla 6.16. Resumen de parámetros <i>in situ</i> y captura por unidad de esfuerzo (CPUE) de peces	84
Tabla 6.17. Parámetros <i>in situ</i> y captura por unidad de esfuerzo (CPUE) de <i>Basilichthys semotilus</i> y <i>Oncorhynchus mykiss</i> y <i>Trichomycterus aff. vittatus</i>	85
Tabla 6.18. Número de tubos digestivos para el análisis del contenido estomacal de las especies de <i>Basilichthys semotilus</i> , <i>Oncorhynchus mykiss</i> y <i>Trichomycterus aff. vittatus</i> de los ríos Checras y Huaura.....	87
Tabla 6.19. Composición de los taxones registrados en el contenido estomacal de las especies de <i>Basilichthys semotilus</i> , <i>Oncorhynchus mykiss</i> y <i>Trichomycterus aff. vittatus</i> de los ríos Checras y Huaura.....	87
Tabla 6.20. Estadio de vida de las especies de peces <i>Basilichthys semotilus</i> , <i>Oncorhynchus mykiss</i> y <i>Trichomycterus aff. vittatus</i> analizadas para el contenido estomacal	90
Tabla 6.21. Dieta de la especie <i>Basilichthys semotilus</i> en el río Checras.....	90
Tabla 6.22. Dieta de la especie <i>Oncorhynchus mykiss</i> en el río Checras.....	91
Tabla 6.23. Dieta de la especie <i>Basilichthys semotilus</i> en el río Huaura	91
Tabla 6.24. Dieta de la especie <i>Oncorhynchus mykiss</i> en el río Huaura	92
Tabla 6.25. Dieta de la especie <i>Trichomycterus aff. vittatus</i> en el río Huaura.....	92
Tabla 6.26. Caudales registrados en campo y los caudales obtenidos durante el levantamiento de información topográfica e hidráulica.....	97
Tabla 6.27. Parámetros de las funciones de distribución de probabilidad del uso de velocidades para los estadios por especie de pez	114
Tabla 6.28. Valores de idoneidad y valores de idoneidad ajustadas del uso de velocidades para los estadios por especie de pez.....	117
Tabla 6.29. Parámetros de las funciones de distribución de probabilidad del uso de profundidades para los estadios por especie de pez	118



Tabla 6.30. Valores de idoneidad y valores de idoneidad ajustadas del uso de profundidades para los estadios por especie de pez.....	121
Tabla 6.31. Combinación de los tipos de sustrato y cobertura asignados a los respectivos códigos de índice de canal.....	122
Tabla 6.32. Valores de idoneidad del índice de canal para los estadios por especie de pez	125
Tabla 6.33. Valores de caudal (m ³ /s) y área ponderada útil (m ² /1000m) para adulto y juvenil 1 y 2 de <i>Oncorhynchus mykiss</i> del tramo RHUA-02(TCE).....	125
Tabla 6.34. Valores de caudal (m ³ /s) y área ponderada útil (m ² /1000m) para fase 4, fase 3, fase 2 y 1 de <i>Basilichthys semotilus</i> del tramo RHUA-02(TCE).....	127
Tabla 6.35. Valores de caudal (m ³ /s) y área ponderada útil (m ² /1000m) para adulto y juvenil 1 y 2 de <i>Oncorhynchus mykiss</i> del tramo RHUA-04.....	128
Tabla 6.36. Valores de caudal (m ³ /s) y área ponderada útil (m ² /1000m) para fase 4, fase 3, fase 2 y 1 de <i>Basilichthys semotilus</i> del tramo RHUA-04.....	130
Tabla 6.37. Valores de caudal (m ³ /s) y área ponderada útil (m ² /1000m) para adulto de <i>Oncorhynchus mykiss</i> del tramo RHUA-05.....	131
Tabla 6.38. Valores de caudal (m ³ /s) y área ponderada útil (m ² /1000m) para fase 4, fase 3, fase 2 y 1 de <i>Basilichthys semotilus</i> del tramo RHUA-05.....	133
Tabla 6.39. Valores de caudal (m ³ /s) y área ponderada útil (m ² /1000m) para fase 4, fase 3, fase 2 y 1 de <i>Basilichthys semotilus</i> del tramo RHUA-06.....	134
Tabla 6.40. Valores de caudal (m ³ /s) y área ponderada útil (m ² /1000m) para fase 3 de <i>Trichomycterus aff, vittatus</i> del tramo RHUA-05.....	135
Tabla 6.41. Valores de caudal (m ³ /s) y área ponderada útil (m ² /1000m) para fase 4, fase 3, fase 2 y 1 de <i>Basilichthys semotilus</i> del tramo RHUA-07.....	137
Tabla 6.42. Valores de caudal (m ³ /s) y área ponderada útil (m ² /1000m) para fase 3 de <i>Trichomycterus aff, vittatus</i> del tramo RHUA-07.....	138
Tabla 6.43. Características físicos y químicas del agua del reservorio Checras.....	140
Tabla 6.44. Resultados del cálculo del índice de estado Trófico (TSI) y estado trófico del reservorio Checras	141
Tabla 6.45. Resultados de metales en el sedimento del reservorio Checras comparados con los valores ISQG y PEL de la guía canadiense, evaluados en setiembre del 2022	143
Tabla 6.46. Composición comunitaria total de microalgas del fitoplancton en el Reservorio Checras	148
Tabla 6.47. Riqueza del fitoplancton en el Reservorio Checras	148
Tabla 6.48. Abundancia por phylum del fitoplancton en el Reservorio Checras, durante setiembre de 2022.....	150
Tabla 6.49. Índices de diversidad para el fitoplancton en el Reservorio Checras, durante setiembre de 2022.....	152
Tabla 7.1. Concentración de materia orgánica, metales, metaloides en sedimentos del área de influencia de la Central Hidroeléctrica Cheves, durante el monitoreo de OEFA en abril de 2017	161
Tabla 7.2. Área útil ponderada- AUP asociados a sus respectivos caudales para adultos de <i>Oncorhynchus mykiss</i>	174
Tabla 7.3. Área útil ponderada-AUP asociados a sus respectivos caudales para juveniles de <i>Oncorhynchus mykiss</i>	175
Tabla 7.4. Áreas útiles ponderadas-AUP asociados a sus respectivos caudales para fase 4 de <i>Basilichthys semotilus</i>	179
Tabla 7.5. Áreas útiles ponderadas-AUP asociados a sus respectivos caudales para fase 3 de <i>Basilichthys semotilus</i>	180



Tabla 7.6. Áreas útiles ponderadas-AUP asociados a sus respectivos caudales para fase 1 y 2 de <i>Basilichthys semotilus</i>	181
Tabla 7.7. Áreas útiles efectivas-AUP asociados a sus respectivos caudales para fase 3 de <i>Trichomycterus aff. vittatus</i>	183

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 4.1. Ubicación hidrográfica de la C.H. Cheves	7
Figura 4.2. Área de estudio de la EAC en la C.H. Cheves	7
Figura 5.1. Distribución de los puntos de muestreo en el área de estudio de la EAC en la C.H. Cheves	10
Figura 5.2. Curva granulométrica acumulada continua	17
Figura 6.1. Potencial de hidrógeno pH en el agua de los ríos Checras y Huaura, en abril y setiembre de 2022	32
Figura 6.2. Concentraciones de boro total en el agua de los ríos Checras y Huaura, en abril y setiembre de 2022	33
Figura 6.3. Concentraciones de manganeso total en el agua de los ríos Checras y Huaura, en abril y setiembre de 2022	34
Figura 6.4. Concentraciones de plomo total en el agua de los ríos Checras y Huaura, en setiembre de 2022	35
Figura 6.5. Concentraciones de elementos mayores en sedimentos de los ríos Checras y Huaura, en abril de 2022	38
Figura 6.6. Concentraciones de elementos mayores en sedimento de los ríos Checras y Huaura, en setiembre de 2022	39
Figura 6.7. Concentraciones de elementos menores en sedimentos de los ríos Checras y Huaura, en abril de 2022	40
Figura 6.8. Concentraciones de elementos menores en sedimentos de los ríos Checras y Huaura, en setiembre de 2022	41
Figura 6.9. Concentraciones de elementos trazas en sedimentos de los ríos Checras y Huaura, en abril de 2022	42
Figura 6.10. Concentraciones de elementos trazas en sedimentos de los ríos Checras y Huaura, en setiembre de 2022	43
Figura 6.11. Concentraciones de arsénico en sedimentos de los ríos Checras y Huaura en abril y setiembre de 2022 comparados con los valores de la guía canadiense	46
Figura 6.12. Concentraciones de cadmio en sedimentos de los ríos Checras y Huaura en abril y setiembre de 2022 comparados con los valores de la guía canadiense	48
Figura 6.13. Concentraciones de cobre en sedimentos de los ríos Checras y Huaura en abril y setiembre de 2022 comparados con la guía canadiense	49
Figura 6.14. Concentraciones de mercurio en sedimentos de los ríos Checras y Huaura, abril y setiembre de 2022 comparados con los valores de la guía canadiense	50
Figura 6.15. Concentraciones de Plomo en sedimentos de los ríos Checras y Huaura en abril y setiembre de 2022 comparados con la guía canadiense	51
Figura 6.16. Concentraciones de zinc en sedimentos de los ríos Checras y Huaura en abril y setiembre de 2022 comparados con los valores de la guía canadiense	52
Figura 6.17. Porcentaje de materia orgánica en los sedimentos de los ríos Checras y Huaura, en setiembre de 2022	53
Figura 6.18. Porcentaje de grava, arena, limo y arcilla en sedimentos de los ríos Checras y Huaura, en abril de 2022	54



Figura 6.19. Porcentaje de arena, limo y arcilla en sedimentos de los ríos Checras y Huaura, en setiembre de 2022.....	54
Figura 6.20. Curva granulométrica de sedimento de los ríos Checras y Huaura, en abril de 2022.....	55
Figura 6.21. Curva granulométrica de sedimento de los ríos Checras y Huaura, en setiembre de 2022.....	56
Figura 6.22. Distribución porcentual de la composición de especies de las microalgas del perifiton por phylum en los ríos Checras y Huaura (a. Abril de 2022, b. Setiembre de 2022)	59
Figura 6.23. Composición de riqueza de microalgas del perifiton en los ríos Checras y Huaura en abril y setiembre de 2022	61
Figura 6.24. Abundancia por taxón de microalgas del perifiton en los ríos Checras y Huaura en abril y setiembre de 2022.....	63
Figura 6.25. Índices de diversidad para microalgas del perifiton en los ríos Checras y Huaura en abril de 2022.....	65
Figura 6.26. Índices de diversidad para microalgas del perifiton en los ríos Checras y Huaura durante setiembre 2022	66
Figura 6.27. Escalamiento multidimensional no métrico para la comunidad de microalgas del perifiton por meses (A: abril 2022, S: setiembre 2022) en los ríos Checras y Huaura .	68
Figura 6.28. Distribución porcentual de la composición de especies de los MIB por phylum en los ríos Checras y Huaura (a. Abril 2022, b. Setiembre 2022)	69
Figura 6.29. Composición de la riqueza de los MIB en los ríos Checras y Huaura en abril y setiembre de 2022.....	72
Figura 6.30. Abundancia por taxón de los MIB por punto de muestreo en los ríos Checras y Huaura en abril y setiembre de 2022.....	75
Figura 6.31. Índices de diversidad para MIB en los ríos Checras y Huaura durante abril de 2022.....	77
Figura 6.32. Índices de diversidad para MIB en los ríos Checras y Huaura durante setiembre de 2022.....	78
Figura 6.33. Escalamiento multidimensional no métrico para los MIB por meses (A: abril 2022, S: setiembre 2022) en los ríos Checras y Huaura.....	80
Figura 6.34. Abundancia por especie de pez en cada punto de muestreo de abril y setiembre de 2022.....	83
Figura 6.35. Análisis de correspondencias canónicas (ACC) tomando en cuenta variables medidas <i>in situ</i> y CPUE de peces.....	85
Figura 6.36. Histogramas de tallas para <i>Basilichthys semotilus</i> en a) se representaron las tallas de abril 2022 y en b) las tallas de setiembre de 2022.....	86
Figura 6.37. Abundancia relativa de los taxones registrados en el contenido estomacal de las especies de <i>Basilichthys semotilus</i> , <i>Oncorhynchus mykiss</i> y <i>Trichomycterus aff. vittatus</i>	89
Figura 6.38. Abundancia por taxón de macroinvertebrados bentónicos (MIB) en contenido estomacal (CE) de <i>Basilichthys semotilus</i> en los ríos Checras y Huaura en abril y setiembre de 2022.....	94
Figura 6.39. Abundancia por taxón de macroinvertebrados bentónicos (MIB) en contenido estomacal (CE) de <i>Oncorhynchus mykiss</i> en los ríos Checras y Huaura.....	95
Figura 6.40. Abundancia por taxón de macroinvertebrados bentónicos (MIB) en contenido estomacal (CE) de <i>Trichomycterus aff. vittatus</i> en los ríos Checras y Huaura.....	96
Figura 6.41. Inspección aérea con dron mostrando los puntos y transectos del tramo de río de RCHE-02 (TCE).....	99



Figura 6.42. Perfil longitudinal de la vaguada y los tirantes de agua obtenidos a partir de los caudales simulados y observado del tramo de río de RCHE-02(TCE) 100
Figura 6.43. Secciones transversales de los transectos del tramo de río de RCHE-02(TCE) 101
Figura 6.44. Inspección aérea con dron mostrando los puntos y transectos del tramo de río de RHUA-04 102
Figura 6.45. Perfil longitudinal de la vaguada y los tirantes de agua obtenidos a partir de los caudales simulados y observado del tramo de río de RHUA-04 103
Figura 6.46. Secciones transversales de los transectos del tramo de río de RHUA-04 .. 104
Figura 6.47. Inspección aérea con dron mostrando los puntos y transectos del tramo de río de RHUA-05 105
Figura 6.48. Perfil longitudinal de la vaguada y los tirantes de agua obtenidos a partir de los caudales simulados y observado del tramo de río de RHUA-05 106
Figura 6.49. Secciones transversales de los transectos del tramo de río de RHUA-05 .. 107
Figura 6.50. Inspección aérea con dron mostrando los puntos y transectos del tramo de río de RHUA-06 108
Figura 6.51. Perfil longitudinal de la vaguada y los tirantes de agua obtenidos a partir de los caudales simulados y observado del tramo de río de RHUA-06 109
Figura 6.52. Secciones transversales de los transectos del tramo de río de RHUA-06 .. 110
Figura 6.53. Inspección aérea con dron mostrando los puntos y transectos del tramo de río de RHUA-07 111
Figura 6.54. Perfil longitudinal de la vaguada y los tirantes de agua obtenidos a partir de los caudales simulados y observado del tramo de río de RHUA-07 112
Figura 6.55. Secciones transversales de los transectos del tramo de río de RHUA-07 .. 113
Figura 6.56. Curvas de las funciones de distribución de probabilidad del uso de velocidades para las especies: a) Basilichthys semotilus (fases 1 y 2), b) Basilichthys semotilus (fase 3), c) Basilichthys semotilus (fase 4), d) Oncorhynchuss mykiss (juveniles 1 y 2), e) Oncorhynchuss mykiss (adulto), f) Trichomycterus aff. vittatus (fase 3) 116
Figura 6.57. Curvas de las funciones de distribución de probabilidad del uso de profundidades para las especies: a) Basilichthys semotilus (fases 1 y 2), b) Basilichthys semotilus (fase 3), c) Basilichthys semotilus (fase 4), d) Oncorhynchuss mykiss (Juvenil 1 y 2), e) Oncorhynchuss mykiss (adulto), f) Trichomycterus aff, vittatus (fase 3) 120
Figura 6.58. Tipos de sustrato del punto RHUA-04 123
Figura 6.59. Frecuencia escalada del índice del canal para las especies: a) Basilichthys semotilus (fases 1 y 2), b) Basilichthys semotilus (fase 3), c) Basilichthys semotilus (fase 4), d) Oncorhynchuss mykiss (Juvenil 1 y 2), e) Oncorhynchuss mykiss (adulto), f) Trichomycterus aff, vittatus (fase 3) 124
Figura 6.60. Relación entre el caudal (m³/s) y el área ponderada útil (%) para Oncorhynchus mykiss del tramo RHUA-02(TCE) 126
Figura 6.61. Relación entre el caudal (m³/s) y el área ponderada útil (%) para Basilichthys semotilus del tramo RHUA-02(TCE) 128
Figura 6.62. Relación entre el caudal (m³/s) y el área ponderada útil (%) para Oncorhynchus mykiss del tramo RHUA-04 129
Figura 6.63. Relación entre el caudal (m³/s) y el área ponderada útil (%) para Basilichthys semotilus del tramo RHUA-02(TCE) 130
Figura 6.64. Relación entre el caudal (m³/s) y el área ponderada útil (%) para Oncorhynchus mykiss del tramo RHUA-05 132
Figura 6.65. Relación entre el caudal (m³/s) y el área ponderada útil (%) para Basilichthys semotilus del tramo RHUA-05 133



Figura 6.66. Relación entre el caudal (m ³ /s) y el área ponderada útil (%) para <i>Basilichthys semotilus</i> del tramo RHUA-06.....	135
Figura 6.67. Relación entre el caudal (m ³ /s) y el área ponderada útil (%) para <i>Trichomycterus aff. vittatus</i> del tramo RHUA-06.....	136
Figura 6.68. Relación entre el caudal (m ³ /s) y el área ponderada útil (%) para <i>Basilichthys semotilus</i> del tramo RHUA-07.....	137
Figura 6.69. Relación entre el caudal (m ³ /s) y el área ponderada útil (%) para <i>Trichomycterus aff. vittatus</i> del tramo RHUA-07.....	139
Figura 6.70. Valores de pH en el agua de los reservorios Huaura y Checras en setiembre de 2022.....	140
Figura 6.71. Concentraciones de elementos mayoritarios en sedimentos del reservorio Checras, en setiembre de 2022.....	141
Figura 6.72. Concentraciones de elementos menores en sedimentos en el reservorio Checras, en setiembre de 2022.....	142
Figura 6.73. Concentraciones de elementos trazas en sedimentos del reservorio Checras, en setiembre de 2022.....	142
Figura 6.74. Variación de las concentraciones de arsénico en sedimentos del reservorio Checras, en setiembre de 2022.....	144
Figura 6.75. Variación de las concentraciones de cadmio en sedimentos del reservorio Checras, en setiembre de 2022.....	145
Figura 6.76. Variación de las concentraciones de cobre en sedimentos del reservorio Checras, en setiembre de 2022.....	145
Figura 6.77. Variación de las concentraciones de plomo en sedimentos del reservorio Checras, en setiembre de 2022.....	146
Figura 6.78. Variación de las concentraciones de zinc en sedimentos del reservorio Checras, en setiembre de 2022.....	146
Figura 6.79. Curva granulométrica de sedimento en el reservorio Checras, en setiembre de 2022.....	147
Figura 6.80. Distribución porcentual de la composición de especies por phylum del fitoplancton en el Reservorio Checras en setiembre de 2022.....	148
Figura 6.81. Distribución porcentual de la composición de especies por phylum del fitoplancton en el Reservorio Checras durante setiembre de 2022.....	149
Figura 6.82. Abundancia por taxón del fitoplancton en el Reservorio Checras durante setiembre de 2022.....	151
Figura 6.83. Índices de diversidad del fitoplancton en el Reservorio Checras.....	153
Figura 7.1. Valores de pH y concentraciones de boro, manganeso y plomo que excedieron los ECA para Agua-2017 de la Cat.3, en los ríos Huaura y Checras en abril y setiembre de 2022.....	155
Figura 7.2. Comparación de las concentraciones de arsénico, cadmio, cobre, hierro, manganeso, plomo y zinc obtenidos por el OEFA (2022) y lo reportado por el administrado en la línea base (mayo de 1998) en el río Checras para el punto RCHE-02.....	156
Figura 7.3. Comparación de las concentraciones de arsénico, cadmio, cobre, hierro, manganeso, plomo y zinc obtenidos por el OEFA (2022) y lo reportado por el administrado en la línea base (mayo de 1998) en el río Huaura para el punto RHUA-03.....	157
Figura 7.4. Comparación de las concentraciones de arsénico, cadmio, cobre, hierro, manganeso, plomo y zinc obtenidos por el OEFA (2022) y lo reportado por el administrado en la línea base (mayo de 1998) en el río Huaura para el punto RHUA-04.....	158
Figura 7.5. Concentraciones que excedieron los valores de guía canadiense en los ríos Huaura y Checras en abril y setiembre de 2022.....	160



Figura 7.6. Análisis de correspondencia canónica (ACC) entre las variables ambientales y la comunidad de microalgas del perifiton de los ríos Checras y Huaura.....	162
Figura 7.7. Composición del orden Desmidiales en los ríos Checras y Huaura	162
Figura 7.8. Variación de la especie <i>Encyonema silesiacum</i> en los ríos Checras y Huaura durante abril y setiembre de 2022.....	163
Figura 7.9. Análisis de correspondencia canónica (ACC) entre las variables ambientales y la comunidad de macroinvertebrados bentónicos de los ríos Checras y Huaura, durante abril y setiembre de 2022.....	164
Figura 7.10. Variación de la especie <i>Austrelmis</i> sp., <i>Heterelmis</i> sp., <i>Macrelmis</i> sp. y <i>Microcylloepus</i> sp. en los ríos Checras y Huaura durante abril y setiembre de 2022	165
Figura 7.11. Variación de las especies <i>Andesiops</i> sp., <i>Baetodes</i> sp. <i>Haplohyphes</i> sp. y <i>Leptohyphes</i> sp. en los ríos Checras y Huaura, en abril y setiembre de 2022.....	166
Figura 7.12. Comparación del registro de comunidades ictiológicas obtenido por el administrado (2020) y el OEFA (2022) en el río Huaura	167
Figura 7.13. Comparación del registro de comunidades ictiológicas obtenido por el administrado (2018) y el OEFA (2022) en los ríos Huaura y Checras	168
Figura 7.14. Estructura de tallas de los Individuos capturados de <i>Oncorhynchus mykiss</i> de los puntos RHUA-02 y RCHE-02(TCE), en setiembre 2022	169
Figura 7.15. Hábitat de remanso formado en el punto RHUA-02, en setiembre de 2022	170
Figura 7.16. Reservorio Huaura de la central Hidroeléctrica Cheves.....	170
Figura 7.17. Barras de error de la abundancia de MIB de <i>Basilichthys semotilus</i> registrados en los ríos Checras y Huaura, durante abril y setiembre de 2022	172
Figura 7.18. Esquema mostrando la comparación de los valores del área útil ponderada-AUP asociados a los caudales ecológico, caudales naturales y los caudales registrados (setiembre) para los juveniles y adultos de <i>Oncorhynchus mykiss</i>	176
Figura 7.19. Esquema mostrando la comparación de los valores de AUP asociados a los caudales ecológico, caudales naturales y los caudales registrados (setiembre) para la fase 4, fase 3 y fase 1 y 2 de <i>Basilichthys semotilus</i>	182
Figura 7.20. Esquema mostrando la comparación de los valores de AUP asociados a los caudales ecológico, caudales naturales y los caudales registrados (setiembre) para la fase 3 de <i>Trichomycterus aff. vittatus</i>	184
Figura 7.21. Boxplot mostrando el porcentaje de pérdidas o ganancias de AUP por la modificación del caudal natural hacia el caudal ecológico y el caudal registrado en setiembre de 2022.....	186
Figura 7.22. Registros de caudal durante la evaluación de abril y setiembre de 2022; y su comparación con los valores de caudal ecológico.....	187
Figura 7.23. Valores de pH que excedieron los ECA para Agua-2017 de la Cat.3, en el reservorio Checras en setiembre de 2022.....	188
Figura 7.24. Concentraciones de elementos en el reservorio Checras en setiembre de 2022	189
Figura 7.25. Forma típica de sedimentación de un embalse	189



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación
Ambiental

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

LISTADO DE SIGLAS Y ACRÓNIMOS

ACC: Análisis de Correspondencia Canónica

ANA: Autoridad Nacional del Agua

APHA: American Public Health Association

ASTM: American Society for Testing and Materials

AWWA: American Water Works Association

CCME: Consejo Canadiense de Ministros del Medio Ambiente – Canadian Council of
Ministres of the Environment

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

OEFA: Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental

SENAMHI: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología

STEC: Subdirección Técnica Científica

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

WGS 84: World Geodetic System 1984

MINAM: Ministerio del Ambiente



1. INTRODUCCIÓN

La Central Hidroeléctrica Cheves (en adelante, C.H. Cheves) de Statkraft Perú S.A. con actividades de operación desde el año 2015 se ubica en la provincia de Oyón, en el departamento Lima. La central aprovecha las aguas de los ríos Huaura y Checras mediante una bocatoma en el río Huaura, un túnel Huaura-Checras (1,8 km) y una presa en el río Checras (0,58 MMC) desde donde se desvía el agua mediante un túnel de aducción (10,8 km) con 33 m³/s de caudal nominal hasta la casa de máquinas para una potencia instalada de 170 MW. Luego de la posterior descarga de aguas turbinadas se encuentra el embalse de compensación Picunche (0,415 MMC).

Mediante Memorando N.º 02330-2021-OEFA/DSEM, del 25 de noviembre de 2021, la Dirección de Supervisión Ambiental en Energía y Minas (DSEM) del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) solicitó a la Dirección de Evaluación Ambiental (DEAM) la priorización de una Evaluación Ambiental de Causalidad (EAC) para evaluar el riesgo hídrico por operación de la C.H. Cheves a fin de verificar la eficacia de los compromisos ambientales asumidos en el instrumento de gestión ambiental de la C.H. Cheves de Statkraft Perú S.A. (en adelante, administrado).

La DEAM, para dar respuesta al requerimiento de la DSEM, realizó durante el 2022 la EAC en el área de influencia de la Central Hidroeléctrica Cheves, con la finalidad de determinar el riesgo hídrico en los ríos Huaura y Checras producto de las actividades de operación de esta central hidroeléctrica.

En ese sentido realizó trabajos de reconocimiento técnico ambiental del 2 al 4 de marzo de 2022 realizando la evaluación de la calidad del agua superficial, agua turbinada, sedimento y comunidades hidrobiológicas en los ríos Checras y Cheves del 19 de abril al 2 de mayo de 2022 y del 15 al 30 de setiembre de 2022.

Asimismo, para entender el contexto de los resultados de agua, sedimento, comunidades hidrobiológicas, y simulación de hábitat en los ríos Huaura y Checras dentro del área de influencia de la C.H. Cheves se realizó la recopilación, revisión, análisis y síntesis de la información ambiental existente, para lo cual consideró además, el análisis del registro histórico de los monitoreos realizados por el administrado (2011 al 2022) y por la DEAM del OEFA (2017) respecto a la calidad de agua, sedimento, comunidades hidrobiológicas y caudal ecológico.

Finalmente, es importante mencionar que todas las actividades programadas en la evaluación fueron realizadas dentro del marco de la función evaluadora del OEFA (Resolución del Consejo Directivo N.º 00013-2020-OEFA/CD) y el presente informe de evaluación ambiental constituirá un soporte técnico por parte de la DEAM para una efectiva supervisión y fiscalización ambiental del OEFA, y formará parte del expediente N.º 008-2022-DEAM-EAC.

2. ANTECEDENTES

La C.H. Cheves tiene actividades de operación desde el 2015; y cuenta con 5 Instrumentos de Gestión Ambiental (IGA) aprobados por el Ministerio de Energía y Minas (MINEM) que se detallan en la Tabla 2.1.

**Tabla 2.1.** Instrumentos de gestión ambiental de la C.H. Cheves aprobados por el MINEM

N.º	Administrado	Título del IGA	Número de Resolución	Fecha de aprobación	Organismo que aprobó
1	Statkraft Perú S.A.	Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Hidroeléctrico de la Central Hidroeléctrica de Cheves	Resolución Directoral N.º 096-2001-EM/DGAAE	2001-03-14	Ministerio de Energía y Minas
2		Modificación del EIA Central hidroeléctrica Cheves I	Resolución Directoral N.º 560-2006-MEM/AAE	2006-09-19	Ministerio de Energía y Minas
3		Plan de Manejo Ambiental para la Optimización del proyecto Central Hidroeléctrica Cheves.	Oficio N.º 2754-2008-MEM/AAE	2008-10-07	Ministerio de Energía y Minas
4		Plan de Manejo Ambiental Obras Complementarias para la Construcción de la Central Hidroeléctrica Cheves.	Oficio N.º 409-2011-MEM/AAE	2011-02-22	Ministerio de Energía y Minas
5		Plan Ambiental Parcial del Proyecto de la Central Hidroeléctrica Cheves Referida a la Cantera Pacchotingo	Oficio N.º131-2014-MEM-AAE	2014-01-23	Ministerio de Energía y Minas

De acuerdo con la información del Estudio de Impacto Ambiental (EIA) de la C.H. Cheves, antes del inicio de sus operaciones, en 1998, se registraron valores de pH, conductividad eléctrica, sólidos suspendidos totales, sulfatos, arsénico, cadmio, cobre, hierro, manganeso, plomo, y zinc, en los ríos Huaura, Paton, Pampahuay, Quichas, Ushpa, Checras, y las quebradas Paran, Pachangare y Paccho, que se presentan en la Tabla 2.2.

**PERÚ**Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFADirección de Evaluación
AmbientalDecenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú**Tabla 2.2.** Valores de pH, conductividad eléctrica, sólidos totales suspendidos (STS), sulfatos, y metales registrados en el EIA de la C.H. Cheves para la cuenca media y alta del río Huaura (1998)

Ítem	Código	Fecha	pH (unidad pH)	C.E. (μ S/cm)	STS (mg/L)	Sulfatos (mg/L)	As (mg/L)	Cd (mg/L)	Cu (mg/L)	Fe (mg/L)	Mn (mg/L)	Pb (mg/L)	Zn (mg/L)	Lugar
1	E-1	Marzo- 1998	7,57	418,00	164,00	75,00	0,01600	0,00500	0,01200	7,82500	0,24500	0,02300	0,16400	Rio Huaura
2	E-2		7,48	414,00	160,00	119,00	<0,01	0,00400	0,03500	4,40000	0,20100	0,03700	0,16400	Rio Huaura
3	E-3		7,66	395,00	76,00	130,00	<0,01	0,00300	<0,01	2,07500	0,11200	0,02700	0,03300	Rio Huaura
4	E-4		7,33	417,00	75,00	73,00	<0,01	0,04000	0,00800	1,31700	0,04700	0,02300	0,02800	Quebrada Paran
5	E-5		7,50	295,00	30,00	54,00	<0,01	0,00200	0,31000	0,11200	0,86000	0,02200	0,02500	Rio Paton
6	E-6		7,63	580,00	28,00	47,00	<0,01	<0,001	0,08300	0,20000	0,02700	0,02100	0,02500	Rio Pampahuay
7	E-7		7,60	179,00	20,00	25,00	<0,01	<0,001	0,04200	0,19000	0,03200	0,02500	0,04200	Rio Quichas
8	E-8		7,40	190,00	40,00	49,00	<0,01	0,00200	0,13800	0,36700	0,04700	0,02000	0,04300	Rio Ushpa
9	E-9		5,70	295,00	26,00	47,00	0,01100	0,00200	0,04400	0,21500	0,24000	0,02500	0,02200	Rio Huaura
10	E-10		7,75	340,00	24,00	49,00	<0,01	<0,0001	<0,01	1,11700	0,03000	0,02700	0,02900	Quebrada Pachangare
11	E-11		7,67	393,00	28,00	62,00	0,01000	<0,0001	0,04800	0,49000	0,09100	0,01500	0,05200	Rio Huaura
12	E-12		7,58	456,00	64,00	101,00	<0,01	<0,0001	0,14800	1,89700	0,12700	0,02300	0,05400	Rio Checras
13	E-13		7,33	253,00	21,00	55,00	<0,01	<0,0001	1,19500	1,60200	0,03200	<0,010	0,12400	Rio Checras
14	E-14		8,00	320,00	12,00	36,00	<0,01	<0,0001	0,01100	0,15700	<0,010	<0,010	0,08400	Rio Checras
15	E-15		7,80	469,00	18,00	72,00	<0,01	<0,0001	0,15900	0,87500	0,08100	0,01100	0,02900	Rio Huaura
16	E-16		7,85	300,00	42,00	35,00	<0,01	<0,0001	0,12800	2,20500	0,25000	0,01200	0,04000	Quebrada Paccho

<: Menor al límite de cuantificación del método del laboratorio.



La DSEM del OEFA realizó acciones de supervisión en la C.H. Cheves para verificar el cumplimiento de sus compromisos ambientales, entre ellos, los compromisos de calidad de agua y caudales en los cuerpos de agua influenciados por dicha central hidroeléctrica, así como el caudal ecológico en los ríos Huaura y Checra (Tabla 2.3). Asimismo, la DEAM del OEFA realizó una evaluación ambiental en el área de influencia de la C.H. Cheves durante el 2017.

Tabla 2.3. Acciones realizadas por el OEFA en el entorno de la CH Cheves

N.º	Administrado	Unidad Fiscalizable	Fecha	Documento	Asunto	Conclusiones relevantes
1	Empresa de Generación Eléctrica Cheves S.A.	Central Hidroeléctrica Cheves	2013-06-18	Informe N.º 28-2013-OEFA/DS-CELE	Resultado de las acciones de supervisión regular en la Central Hidroeléctrica Cheves, realizada del 20 al 22 de febrero de 2013	No se demostró relación causa efecto sobre los efectos entre los trabajos de perforación del túnel con rajaduras longitudinales en un terreno de plantaciones de durazno y palta de la comunidad campesina Huacho
2	Empresa de Generación Eléctrica Cheves S.A.	Central Hidroeléctrica Cheves	2014-06-26	Informe N.º 056-2014-OEFA/DS-CELE	Resultado de las acciones de supervisión regular en la Central Hidroeléctrica Cheves perteneciente al administrado Empresa de Generación Eléctrica Cheves S.A., realizada del 5 al 7 de mayo de 2014	Sobre los efectos potenciales de los impactos negativos sobre tierras de uso agrícola de la comunidad campesina Huacho no existe merito para iniciar un procedimiento administrativo
3	Empresa de Generación Eléctrica Cheves S.A.	Central Hidroeléctrica Cheves	2014-12-30	Informe N.º 194-2014-OEFA/DS-CELE	Resultado de las acciones de supervisión en la Central Hidroeléctrica (CH) Cheves a la Empresa de Generación Eléctrica Cheves S.A., realizada del 13 al 16 de octubre de 2014	Presunto incumplimiento al numeral 1.5 del Programa de Monitoreo Ambiental durante la Construcción del Plan de Manejo Ambiental, el administrado modificó las coordenadas de los puntos de control, frecuencia y parámetros de calidad de aire, ruido sin contar con la opinión favorable de la autoridad competente
4	Empresa de Generación Eléctrica Cheves S.A.	Central Hidroeléctrica Cheves	2014-12-30	Informe N.º 141-2014-OEFA/DS-CELE	Resultado de las acciones de supervisión especial en la CH Cheves a la Empresa de Generación Eléctrica Cheves S.A., realizada del 21 al 24 de octubre de 2014	Se demostró que a través de la construcción del Túnel de transferencia generó las grietas en el sector Gayayniyocc
5	Empresa de Generación Eléctrica Cheves S.A.	Central Hidroeléctrica Cheves	2016-08-26	Informe N.º 416-2016-OEFA/DS-CELE	Resultado de las acciones de supervisión regular en la Central Hidroeléctrica Cheves de titularidad de Empresa de	No se evidenció la realización de la evaluación previa de vegetación retirada de las zonas de movimiento de tierra o perforaciones, para determinar la



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

N.º	Administrado	Unidad Fiscalizable	Fecha	Documento	Asunto	Conclusiones relevantes
					Generación Eléctrica Cheves S.A., realizadas del 7 al 10 de septiembre de 2015	existencia de especies protegidas
6	Statkraft Perú S.A.	Central Hidroeléctrica Cheves	2017-12-11	Informe N.º 701-2017-OEFA/DS-CELE	Resultado de la supervisión realizada del 1 al 4 de agosto de 2017 a la Central Hidroeléctrica (CH) Cheves de titularidad de Statkraft Perú S.A.	No se detectaron nuevos incumplimientos a los IGAS, el administrado informo que no ha podido realizar trabajos de mejora en las zonas de grietas debido a que la comunidad de Huacho no le permite el pase.
7	Statkraft Perú S.A.	Central Hidroeléctrica Cheves	2017-08-15	Informe N.º 076-2017-OEFA/DE-SDBL-CEAME	Informe de evaluación ambiental en el área de influencia de la Central Hidroeléctrica Cheves, durante el año 2017	De los parámetros de calidad de agua solo los coliformes termotolerantes incumplieron los Estándares de Calidad Ambiental para Agua 2017, los sedimentos en las márgenes de los ríos Huaura, Checra, Caujul y quebradas Paccho y Picunche presentaron concentraciones de arsénico que superaron el nivel ISQG y PEL* de la guía canadiense.
8	Statkraft Perú S.A.	Central Hidroeléctrica Cheves	2018-06-20	Informe N.º 121-2018-OEFA/DSEM-CELE	Cumplimiento de obligaciones fiscalizables a cargo del administrado Statkraft Perú S.A. del 5 al 7 de febrero de 2018 a la central hidroeléctrica Cheves.	No se detectaron nuevos incumplimientos a los IGAS, el administrado informo que no ha podido realizar trabajos de mejora en las zonas de grietas debido a que la comunidad de Huacho no le permite el pase.
9	Statkraft Perú S.A.	Central Hidroeléctrica Cheves	2018-06-20	Informe N.º 201-2018-OEFA/DSEM-CELE	Cumplimiento de obligaciones fiscalizables a cargo del administrado Statkraft Perú S.A.	Durante la supervisión regular se evidenció que el administrado no ha realizado la estabilización, tampoco la nivelación del suelo en el sector Gayayniyoc, de acuerdo a la Resolución Directoral N.º 002-2016-OEFA/TFASME, emitida por el Tribunal de Fiscalización Ambiental TFA
10	Statkraft Perú S.A.	Central Hidroeléctrica Cheves	2019-05-22	Informe N.º 125-2019-OEFA/DSEM-CELE	Verificación del cumplimiento de obligaciones fiscalizables a cargo de Statkraft Perú S.A., durante la acción de supervisión realizada del 18 al 20 de febrero	No se cumplió con realizar el monitoreo diario de caudal correspondiente al período comprendido desde el mes de enero 2019 al 20 de febrero 2019.



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

Table with 7 columns: N.º, Administrado, Unidad Fiscalizable, Fecha, Documento, Asunto, Conclusiones relevantes. The 'Asunto' column contains text about precipitation in 2019 related to the Cheves Hydroelectric Central.

(*): ISQG: Interim Sediment Quality Guidelines y PEL: Probable Effect Level.

Desde el 2012 hasta el 2016, se han registrado 7 denuncias ambientales en el Servicio de Información Nacional de Denuncias Ambientales (Sinada) del OEFA, indicando presunta afectación ambiental de aguas termales, manantiales, y suelo en las comunidades de la zona, probablemente asociados a las actividades de la C.H. Cheves.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

Evaluar el riesgo hídrico de los ríos Huaura y Checras relacionado a las actividades de operación de la C.H. Cheves durante el 2022.

3.2. Objetivos específicos

- Evaluar la calidad de agua superficial, agua turbinada, sedimento y comunidades hidrobiológicas en los ríos Huaura y Checras en el ámbito de la C.H. Cheves.
• Comparar el caudal ecológico establecido en los ríos Checras y Huaura con el modelo de simulación de hábitat PHABSIM (Physical habitat simulation system) para la comunidad ictiológica en el tramo de influencia de la C. H. Cheves.
• Evaluar la calidad de agua superficial del reservorio Huaura y la calidad de agua superficial, sedimento, comunidades hidrobiológicas y estado trófico del reservorio Checras.

4. ÁREA DE ESTUDIO

La C.H. Cheves se encuentra ubicada en la cuenca hidrográfica Huaura (Figura 4.1). Los principales componentes tales como: toma Huaura, presa Checras, casa de máquinas y reservorios abarcan parte de los distritos de Paccho, Checras, Leoncio Padro y Sayan en la provincia Huaura y los distritos de Cochamarca, Naván, Caujul, Andajes y Pachangara en la provincia Oyón, de acuerdo a la revisión de los instrumentos de gestión ambiental del admistrado y de la información levantada en gabinete y campo durante la ejecución de la EAC.

El área de estudio para la EAC en el área de influencia de la C.H. Cheves comprendió el tramo del río Huaura desde antes de la toma Huaura hasta después del reservorio Picunche; y desde antes de la toma Checras hasta la confluencia de los ríos Huaura y Checras (Figura 4.2); teniendo como tramo de caudal reducido después de las tomas Huaura y Checras hasta antes de la restitución de aguas turbinadas en el río Huaura.



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

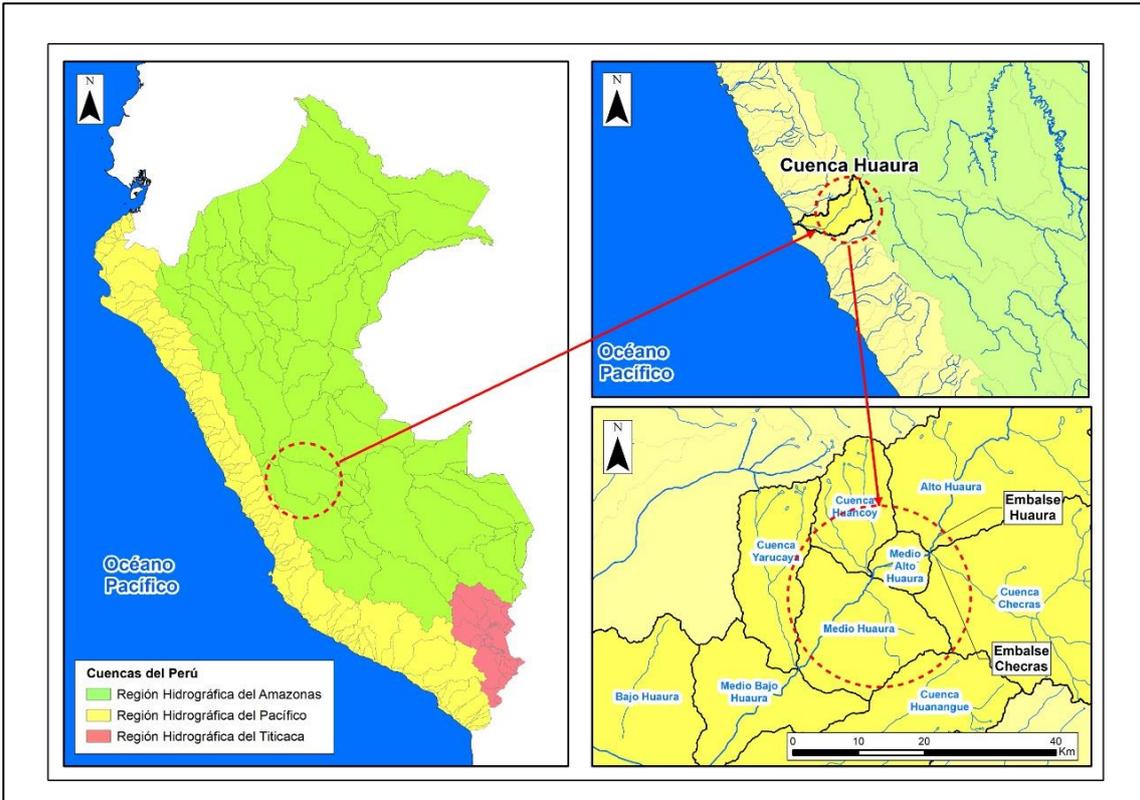


Figura 4.1. Ubicación hidrográfica de la C.H. Cheves

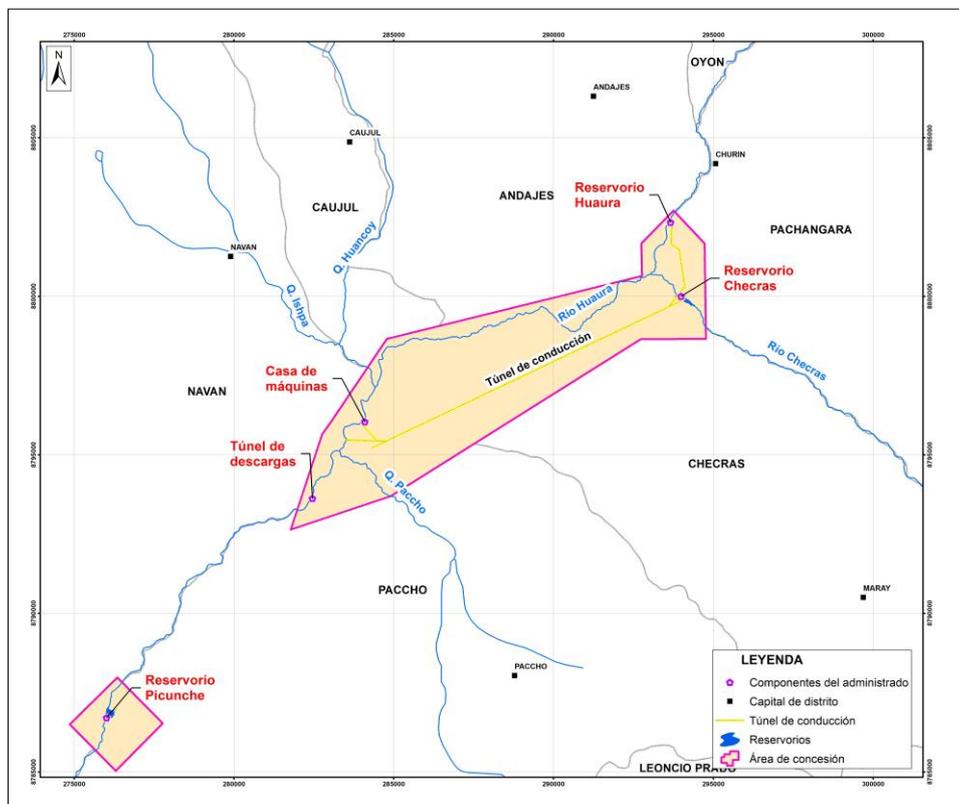


Figura 4.2. Área de estudio de la EAC en la C.H. Cheves



4.1. Geología regional

La C.H. Cheves está ubicada en la margen izquierda del río Huaura y presenta confluencia con el río Checras, cuya dirección de cauce en este tramo evaluado es noreste a suroeste, a una altitud de 2100 y 1300 m s.n.m. aproximadamente, dando lugar a una geomorfología controlada por las diferentes litologías existentes, las mismas que presentan composición y resistencia muy variada a los procesos erosivos de acuerdo con lo observado durante la EAC.

Los afloramientos rocosos presentes consisten en rocas sedimentarias, volcánicas e intrusivas de edad Jurásico, Cretáceo, Terciario y Cuaternario. Las laderas se encuentran muy erosionadas, debido a los procesos fluviales y/o aluviales que generaron depósitos acumulados en los cauces del río, debido a que la morfología es profunda y angosta, dichos depósitos aluviales son restringidos, pero, aguas abajo el ampliarse los valles, presentan extensas llanuras aluviales con depósitos que pueden alcanzar de 200 a 400 m de espesor (Romero, D. La Torre, O. 2003).

Los mayores depósitos aluviales se ubican en las quebradas Paccho y Huancoy (sector de Caujul). Se componen de gravas y bloques subangulosos a subredondeados envueltos en una matriz arenosa, a veces intercalados con lentes de arena gruesa conglomerádica y los depósitos fluviales se han diferenciado en el lecho de los ríos Huaura y Checras (Romero, D. La Torre, O. 2003).

4.2. Climatología e hidrología

Hidrográficamente, la C.H. Cheves se encuentra ubicada en la cuenca media alta del río Huaura (UH:13756) y tiene una extensión aproximada de 6000 km². El río Huaura nace en la vertiente occidental de la cordillera de los Andes a más de 5000 m s. n. m. y discurre en dirección oeste para desembocar en el océano pacífico. Los principales tributarios son los ríos Huanangué, Checras, Quichas y Paccho, y entre las lagunas destacan Rupahuay, Surasaca, Guengue, Anilcocha, Patón y Quellaycocha.

El río Huaura en un comienzo recibe el nombre de Quichas, manteniendo la denominación hasta la localidad de Oyón y la desembocadura del río Pampahuay, a partir del cual se denomina Huaura, hasta su desembocadura con el Océano Pacífico.

El río Huaura tiene un comportamiento estacional, y las variaciones estacionales del régimen de descargas están en relación directa al comportamiento de las precipitaciones pluviales que ocurren en la cuenca húmeda. Mediante el análisis de los hidrogramas de descargas diarias correspondientes al periodo de 1911 a 1999, se han determinado 3 periodos: Periodo de avenidas, comprendido entre los meses de enero a abril; periodo de estiaje, entre junio y setiembre; y periodo transicional de avenidas y estiaje, entre setiembre y diciembre (INGEMMET, 2010).

Según Aguirre M. (1998) la cuenca del río Huaura posee características pluviométricas definidas, siendo así que la precipitación se produce principalmente en la zona superior de la cuenca entre los meses de diciembre a marzo (473 mm precipitación media anual). La presencia de precipitación en las zonas cuya cota es inferior a los 2250 m s. n. m. es prácticamente nula, constituyéndose la parte superior de la cuenca como la única abastecedora del recurso. Estas características definen en la costa un clima tropical árido modificado.



El coeficiente de escorrentía superficial en la cuenca del río Huaura (Churín) y río Checras, está controlado entre sus nacientes y la confluencia de estos, ya que los registros hidrológicos han detectado que es mayor en el río Checras que en el río Huaura (Álvarez, 2012).

4.3. Comunidades hidrobiológicas

En el EIA del año 2001¹ se menciona respecto a la fauna acuática encontrada en río corriente: «*La fauna presente en este tipo de ambiente corresponde a pequeños invertebrados, y la especie introducida la "Trucha Arco Iris", no hemos podido encontrar reportes de otros peces presentes en este ambiente, en muchos casos la voracidad de esta especie ha causado la desaparición de especies oriundas*».

En el MEIA del año 2006² se señala: «*En cuanto a la fauna acuática de los ríos Checras y Huaura, los esfuerzos por capturar peces no produjeron resultados*»; asimismo los resultados del análisis del fitoplancton indican que existe poca diversidad. En relación con los bentos, se señala lo siguiente: «*contienen únicamente insectos acuáticos por lo que los índices de diversidad y riqueza son bajos en las tres estaciones de monitoreo*» según su anexo señalan 6 morfotipos de macroinvertebrados bentónicos y 46 especies de fitoplancton en el reservorio Checras.

5. METODOLOGÍA

Para evaluar el posible riesgo hídrico en los ríos Huaura y Checras relacionado a las actividades de operación de la C.H. Cheves previamente se identificaron los principales componentes de la operación, lo cual se realizó mediante la revisión de los IGAs del administrado y el reconocimiento técnico de campo. Posteriormente se realizó el muestreo de parámetros de agua superficial, agua turbinada, sedimento, comunidades hidrobiológicas y simulación de hábitat. Asimismo, se consideraron resultados proporcionados por el administrado de los monitoreos realizados en los IGAs y trimestralmente (programa de monitoreo de calidad ambiental) y la evaluación realizada por el OEFA del año 2017³, al tener información sobre la calidad de los sedimentos. En la Figura 5.1 se presenta el esquema del área de estudio y la ubicación de los puntos de muestreo durante la presente EAC (agua superficial, agua turbinada, sedimento y comunidades hidrobiológicas).

¹ Resolución Directoral N.º 096-2001-EM/DGAAE. Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Hidroeléctrico de la Central Hidroeléctrica de Cheves. Pág. 100.

² Resolución Directoral N.º 560-2006-MEM/AAE. Modificación del EIA Central hidroeléctrica Cheves I. Pág. 3-23.

³ Informe N.º 076-2017-OEFA/DE-SDBL-CEAME. Evaluación ambiental en el área de influencia de la Central Hidroeléctrica Cheves, durante el año 2017.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

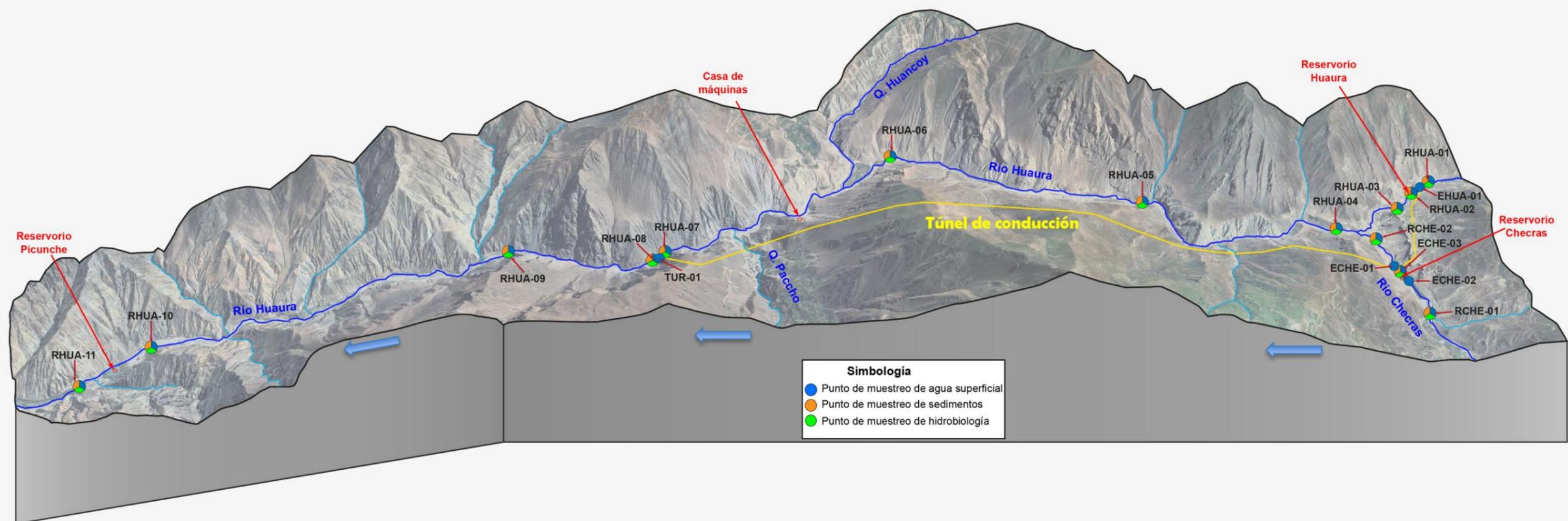


Figura 5.1. Distribución de los puntos de muestreo en el área de estudio de la EAC en la C.H. Cheves

**5.1. Objetivo específico 1: Evaluar la calidad de agua superficial, agua turbinada, sedimento y comunidades hidrobiológicas en los ríos Huaura y Checras en el ámbito de la C.H. Cheves****5.1.1. Guías utilizadas para la evaluación**

Las referencias para el muestreo de agua superficial, agua turbinada, sedimentos y comunidades hidrobiológicas se detallan en la Tabla 5.1.

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

Nombre	Sección	Dispositivo legal	Entidad	País
Agua superficial				
Protocolo Nacional para el monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales	6	Resolución Jefatural N.º 010-2016-ANA	Autoridad Nacional del Agua (ANA)	Perú
Manual de hidrometría	Todo el documento	Resolución de Presidencia Ejecutiva N.º 066-2019-SENAMHI/PREJ	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (Senamhi)	Perú
Agua turbinada				
Protocolo para el monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales	5	-	Autoridad Nacional del Agua (ANA)	Perú
Sedimento				
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	-	EPA	Estados Unidos
Procedimiento de Operación Estándar – <i>Standard Operating Procedure</i> (SOP). #EH-02, Muestreo de Sedimento, de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, adaptado del ERT/EAC SOP # 2016	11	-	EPA	
Comunidades hidrobiológicas				
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, 5 y 6	-	Ministerio del Ambiente (Minam)	Perú
Protocolo simplificado y guía de evaluaciones de la calidad de ríos andinos (CERA-S) (Encalada et al., 2011)	Todo el documento	-	Universidad San Francisco de Quito	Ecuador



5.1.2. Ubicación de puntos de muestreo

Los puntos de muestreo de agua, sedimento y comunidades hidrobiológicas fueron establecidos tomando de referencia lo establecido en los IGA (estudio de impacto ambiental, modificaciones y plan de manejo ambiental) del administrado, así como puntos adicionales que el administrado viene reportando trimestralmente a la autoridad competente como parte de sus compromisos ambientales establecidos en el EIA. Se realizó el monitoreo ambiental en estos puntos durante 2 temporadas realizadas del 19 de abril al 2 de mayo de 2022 y del 15 al 30 de setiembre de 2022.

En la Tabla 5.2 se detalla los 13 puntos de muestreo ubicados en los ríos Huaura y Checras, y en el Anexo N° 2, se muestra la ubicación espacial de los mismos.

Tabla 5.2. Ubicación de los puntos de muestreo de agua superficial, sedimento y comunidades hidrobiológicas

N.º	Nombre cuerpo receptor	Código del punto de muestreo	Muestreo		Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 18 L		Altitud (m s. n. m.)	AS	SED	HB	Descripción
			Fecha	Hora	Este (m)	Norte (m)					
1	Río Huaura	RHUA-01	2022-04-28	13:00	293675	8802427	2178	X ²	X	X	Aproximadamente 30 m aguas arriba del reservorio Huaura
			2022-09-18	15:25				X ³	X	X	
2	Río Huaura	RHUA-02	2022-04-27	17:00	293527	8802203	2178	X ⁵	---	---	Aproximadamente 100 m aguas abajo del reservorio Huaura
			2022-04-28	11:45				X ³	X	X	
			2022-09-18	14:20				X ³	X	X	
			2022-09-19	13:15				X ⁷	---	---	
			2022-09-29	12:45				---	---	X ¹	
3	Río Huaura	RHUA-03	2022-04-20	10:57	293456	8801687	2166	X ⁵	---	---	Aproximadamente 100 m aguas abajo de los baños termales fierro
			2022-04-28	14:40				X ²	X	X	
			2022-09-18	11:35				X ³	X	X	
4	Río Checras	RCHE-01	2022-04-26	10:25	294744	8799022	2109	X ⁶	---	X ¹	Aproximadamente 1 km aguas arriba del reservorio Checras
			2022-04-28	10:10				X ²	X	X	
			2022-09-19	08:45				X ³	X	X	
			2022-09-25	08:40				---	---	X ¹	
5	Río Checras	RCHE-02	2022-04-21	09:22	293417	8800572	2151	X ⁵	---	X ¹	Aproximadamente 500 m aguas abajo del reservorio Checras
			2022-04-27	16:30				X ⁵	---	---	
			2022-04-28	08:00				X ³	X	X	
			2022-09-19	09:50				X ³	X	X	
6	Río Checras	RCHE-02 (TCE)*	2022-09-26	09:15	293554	8800460	2119	---	---	X ¹	Aproximadamente 500 m aguas abajo del reservorio Checras
7	Río Huaura	RHUA-04	2022-04-27	17:23	292709	8800486	2125	X ⁵	---	---	Aproximadamente 500 m aguas abajo de la confluencia de los ríos Huaura y Checras
			2022-04-28	16:00				X ³	X	X	
			2022-09-18	10:00				X ³	X	X	
			2022-09-27	09:00				---	---	X ¹	
8		RHUA-05	2022-04-22	09:15	289400	8799567	1994	X ⁶	---	X ¹	



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

N.º	Nombre cuerpo receptor	Código del punto de muestreo	Muestreo		Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 18 L		Altitud (m s. n. m.)	AS	SED	HB	Descripción
			Fecha	Hora	Este (m)	Norte (m)					
	Río Huaura		2022-04-28	17:00				X ²	X	X	Aproximadamente a 4 km abajo de la confluencia de los ríos Checras y Huaura
			2022-09-18	08:35				X ³	X	X	
			2022-09-22	09:40				---	---	X ¹	
9	Río Huaura	RHUA-06	2022-04-29	16:50	284732	8798309	1805	X ²	X	X	Aproximadamente a 5 m aguas arriba del puente Caujul
			2022-09-17	17:25				X ³	X	X	
			2022-09-24	08:35				---	---	X ¹	
10	Río Huaura	RHUA-07	2022-04-24	09:45	282475	8793797	1594	X ⁵	---	X ¹	Aproximadamente a 50 m aguas arriba de la descarga de aguas turbinadas de la CH Cheves
			2022-04-29	15:50				X ²	X	X	
			2022-09-17	16:05				X ³	X	X	
			2022-09-29	08:30				---	---	X ¹	
11	Río Huaura	RHUA-08	2022-04-29	12:50	282319	8793461	1566	X ²	X	X	Aproximadamente 100 m aguas abajo de la descarga de aguas turbinadas de la CH Cheves
			2022-09-17	12:45				X ³	---	X	
12	Río Huaura	RHUA-09	2022-04-25	10:10	280019	8792482	1495	X ⁶	---	X ⁴	Aproximadamente a 5 m aguas abajo del puente Punta Conchao
			2022-04-29	11:30				X ²	X	X	
			2022-09-17	11:20				X ³	X	X	
13	Río Huaura	RHUA-10	2022-04-29	10:10	276222	8787526	1297	X ²	X	X	Aproximadamente 300 m aguas arriba del Reservoir Picunche
			2022-09-17	09:40				X ³	X	X	
14	Río Huaura	RHUA-11	2022-04-29	08:50	275806	8785865	1261	X ²	X	X	Aproximadamente a 700 m aguas abajo del Reservoir Picunche.

Nota:

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

(*) El punto RCHE-02 (TCE) se movió a 100 m del punto RCHE-02 para la evaluación del Tramo del Caudal Ecológico.

1: Contenido estomacal.

2: Parámetros de campo y colecta de muestras de agua superficial.

3: Parámetros de campo, colecta de muestras de agua superficial y aforo (caudal).

4: Peces.

5: Parámetros de campo y aforo.

6: Parámetros de campo.

7: Aforo.

AS: Agua superficial, SED: Sedimentos, HB: Comunidades hidrobiológicas.

El punto de muestreo de agua turbinada fue establecido tomando de referencia el EIA del administrado, así como lo reportado por el administrado trimestralmente a la autoridad competente como parte de sus compromisos ambientales establecidos en el EIA mencionado. La Tabla 5.3 detalla el punto de muestreo ubicado dentro de la casa de máquina y que descarga al río Huaura, y en el Anexo N.º 2 se muestra la ubicación espacial del mismo.

Tabla 5.3. Punto de muestreo de agua turbinada de la C.H. Cheves

Nº	Nombre cuerpo receptor	Código del punto de muestreo	Muestreo		Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 18 L		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
			Fecha	Hora	Este (m)	Norte (m)		
1	Río Huaura	TUR-01	2022-04-29	15:00	282450	8793648	1581	



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

N°	Nombre cuerpo receptor	Código del punto de muestreo	Muestreo		Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 18 L		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
			Fecha	Hora	Este (m)	Norte (m)		
			2022-09-17	15:10				Descarga de aguas turbinadas de la CH Cheves

5.1.3. Parámetros y métodos de análisis

En todos los puntos de muestreo de agua superficial se analizaron *in situ* los parámetros: temperatura, potencial de hidrógeno (pH), conductividad eléctrica (CE), oxígeno disuelto (OD) y turbidez.

Asimismo, se colectaron muestras para los parámetros incluidos en la Tabla 5.4, los cuales se seleccionaron en referencia a la actividad desarrollada por el administrado, a su plan de monitoreo del EIA y parámetros para establecer relaciones hidroquímicas, los cuales se analizaron en un laboratorio acreditado con la ISO/IEC 17025, contratado por el OEFA.

Tabla 5.4. 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
	Carbonatos	SMEWW 2320 B, 23rd Ed.2017	Volumetría
	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
Fósforo total	SMEWW 4500-P B(Item 5) y E, 23rd Ed.2017	Método de Ácido Ascórbico	
Agua turbinada	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)	ICP-MS
	Metales totales	EPA Method 200.8 Rev. 5.4 (1994)	ICP-MS
	Carbonatos	SMEWW 2320 B, 23rd Ed.2017	Volumetría
	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
Fósforo total	SMEWW 4500-P B(Item 5) y E, 23rd Ed.2017	Método de Ácido Ascórbico	
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



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

Matriz	Parámetros de laboratorio	Método de análisis	Descripción
	Metales totales	EPA Method 3050B Rev.2 (1996) / EPA Method 6020B Rev.2 (2014)	ICP-MS
	Análisis granulométrico	ASTM D422-63 (Reapproved 2007)	Particle - Size Analysis of Soils
	Bifenilos policlorados-PCB	EPA Method 8270E Rev.6 (2018)	CG/MS
Comunidades hidrobiológicas	Perifiton	SMEWW 10300 C (partes 1 y 2) SMEWW 10900	Organismos/cm ²
	Macroinvertebrados bentónicos	SMEWW 10500 C (parte 2) SMEWW 10900	Organismos/muestra
	Peces	SMEWW 10600 D (parte 1) SMEWW 10900	Individuos/muestra
		SMEWW 10600 D (parte 2) SMEWW 10900	Contenido estomacal

Fuente: Informes de ensayo de laboratorios AGQ Perú S.A.C., ALS LS Perú S.A.C., SGS del Perú S.A.C. y OTEC-OEFA (Anexo 4: RR-019-2022-STEC y RR-064-2022-STEC).

5.1.4. Equipamiento y materiales utilizados

Los equipos y materiales utilizados para el muestreo de agua, sedimento 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 el Anexo 3 (reportes de campo RC-044-2022-STEC y RC-106-2022-STEC).

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 un duplicado por cada 10 muestras (metales totales), un blanco de campo y un blanco viajero tanto para la matriz de agua superficial como de agua turbinada.

Sedimento

Debido a que no se cuenta con un protocolo nacional para el monitoreo y las guías de referencia utilizadas tampoco incluyen 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 para el parámetro de metales totales.

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 para Agua (ECA para Agua), Categoría 3, D1: Riego de Vegetales y D2: Bebida de Animales, aprobados por Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM de acuerdo con sus compromisos asumidos en el EIA. Finalmente, se realizó gráficos históricos con información de informes trimestrales reportados por el administrado y del OEFA.

El desarrollo del balance iónico de los puntos de muestreo de agua superficial y agua turbinada ubicados en el ámbito de la C.H. Cheves se detalla en el Anexo 4 (reportes de



resultados RR-019-2022-STECS y RR-064-2022-STECS); para lo cual se utilizó el siguiente procedimiento:

- **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 (Σan) y la suma de cationes (Σcat). Este cálculo se realizó antes del análisis hidroquímico y se conoce como error de balance iónico (en adelante, EBI). El EBI verifica la consistencia de los iones.

Los iones mayoritarios presentes en el agua fueron los cationes: calcio (Ca^{2+}), magnesio (Mg^{2+}), sodio (Na^+) y potasio (K^+) para el cálculo de la Σcat ; y los aniones: bicarbonatos (HCO_3^-), fluoruros (F^-), sulfatos (SO_4^{2-}) y cloruros (Cl^-) para la Σan ⁴. 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):

$$Error\ de\ Balance\ Iónico\ (EBI) = 100 \frac{\Sigma cat - \Sigma an}{\Sigma cat + \Sigma an} \% \quad (\text{Ecuación 1})$$

Aunque el EBI es un valor en porcentaje, la ecuación 1 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 5.5. La interpretación de los porcentajes de error (EBI) se basa en la idea de que el análisis debería ser más preciso cuanto más concentrada es la muestra analizada (Mariño y García, 2018).

Tabla 5.5. Valores aceptables de error en función a la conductividad eléctrica

Conductividad Eléctrica ($\mu S/cm$)	50	200	500	2000	>2000
Error aceptable (%)	± 30	± 10	± 8	± 4	± 4

Fuente: Custodio y Llamas (1976)

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 fueron menores o iguales al 30 % de datos, se consideraron 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.

⁴ Los otros iones tomados en cuenta fueron los cationes: aluminio (Al^{3+}), hierro (Fe^{2+}), manganeso (Mn^{2+}), bario (Ba^{2+}), estroncio (Sr^{2+}), litio (Li^+), y los iones hidronio (H_3O^+) del pH.



Sedimento

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 según Rivera (2007); en mayores (>1000 ppm), menores (>1 ppm), y traza (< 1 ppm), con el fin de visualizar los elementos de acuerdo con 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 5.2).

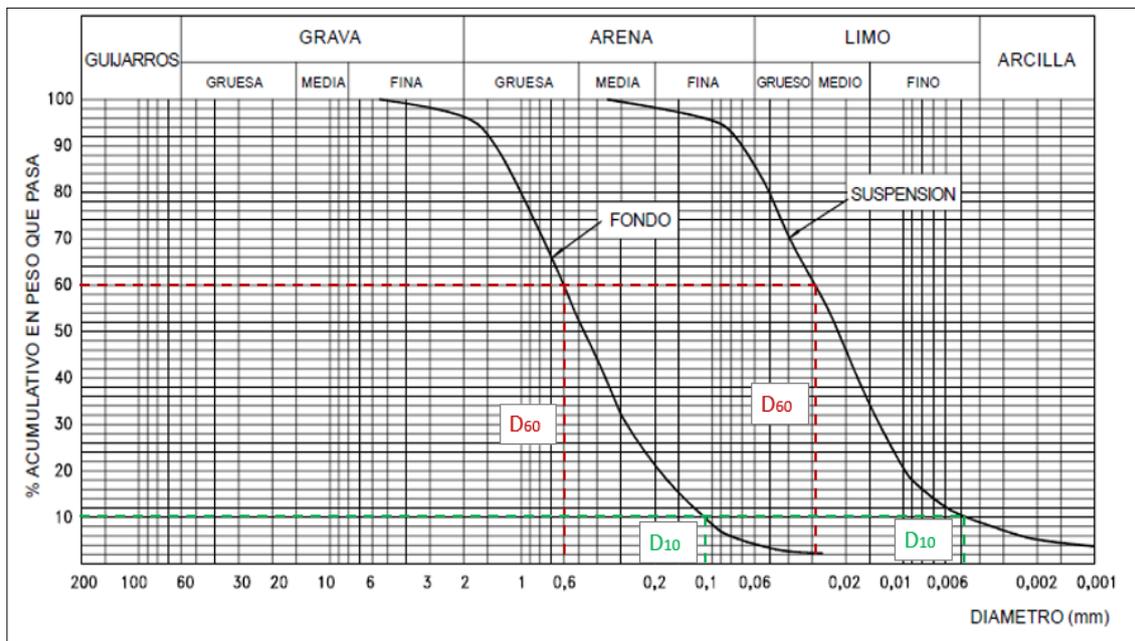


Figura 5.2. Curva granulométrica acumulada continua

Fuente: Modificado de Rocha, B (1998, pág. 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 taxones 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, 2001):

- 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:

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \times \ln(p_i) \quad (\text{Ecuación 2})$$

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:

$$d = \frac{n_{max}}{n_{total}} \quad (\text{Ecuación 3})$$

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:

$$\text{Índice de similitud de Bray - Curtis} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^S |X_i - Y_i|}{\sum_{i=1}^S [X_i + Y_i]} \quad (\text{Ecuación 4})$$

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 hidrobiológicas (perifiton y macroinvertebrados bentónicos), los valores de abundancias se transformaron mediante $\log(x+1)$ para que los valores extremos existentes no tengan tanto peso en la similitud; y para reducir la escala en los gráficos de abundancia los datos se transformaron sacando raíz cuadrada a la abundancia. 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 análisis de correspondencias canónicas.

- **Peces**

Las identificaciones de los peces en laboratorio hasta nivel de género se compararon con las identificaciones realizadas en campo mediante nombre común para establecer las coincidencias entre ellos. Posteriormente, los resultados fueron digitalizados y comparados con ayuda de gráficos de barras y circulares.

Se estimó la biomasa por especie mediante el pesado en gramos de cada individuo capturado con ayuda de una balanza. Se realizó el cálculo de la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) por especie, considerando el número total de individuos capturados dividido entre el tiempo en horas empleado mediante la electropesca. La densidad por especie se determinó en función a los individuos capturados y el área total de muestreo. El área de muestreo de cada punto de muestreo se calculó mediante el perfil topográfico e imágenes satelitales.

La relación entre los parámetros *in situ* y la comunidad ictiológica se estableció con ayuda de un análisis de correspondencias canónicas (Legendre y Legendre, 2012).

Finalmente, los registros de tallas de la especie *Basilichthys semotilus* (pejerrey de río) fueron representados mediante histogramas de frecuencia por su abundancia en los puntos evaluados.

Contenido estomacal en peces

Las muestras de tubos digestivos provienen de las colectas de peces antes indicadas. La separación de los estómagos y la identificación del contenido estomacal se realizaron en el laboratorio de OEFA. Las identificaciones se realizaron hasta el nivel de género en la medida de lo posible. Posteriormente, los resultados fueron digitalizados y comparados con ayuda de gráficos de barras.

Para determinar si existe diferencias significativas en la dieta de peces durante los meses de evaluación abril y setiembre se utilizó los resultados de la especie *Basilichthys semotilus*, por estar presente en la mayoría de los puntos evaluados y ambos meses de estudio. Luego de analizar los datos se siguió una estadística «no paramétrica» empleando el método de Kruskal-Wallis con la finalidad de detectar diferencias significativas ($p < 0,05$) (Wantzen y Rueda-Delgado, 2009), además de gráficos de barras de error.

5.1.7. Criterios de evaluación

Los criterios de evaluación que se emplearon para la evaluación de agua superficial, agua turbinada, sedimento y comunidades hidrobiológicas fueron los siguientes:



Agua superficial

Para realizar la evaluación de la calidad del agua superficial en los cuerpos de agua ubicados en el ámbito de la C.H. Cheves se consideró la clasificación de los recursos hídricos establecida por la Autoridad Nacional del Agua (ANA). Así, según la «Clasificación de los Cuerpos de Agua Continentales Superficiales»⁵, los ríos Huaura y Checras son considerados con la categoría 3 (Tabla 5.6).

Tabla 5.6. Cuerpos de agua y categoría de comparación para los cuerpos de agua en el ámbito de la C.H. Cheves

Código de cuerpo de agua	Cuerpo de agua	Categoría	Código de unidad hidrográfica
137569 y 137567	Río Huaura	Categoría 3	13756
137568	Río Checras	Categoría 3	

Los resultados de agua superficial (ríos) fueron comparados con los ECA para Agua, Categoría 3, D1: Riego de Vegetales y D2: Bebida de Animales, aprobados por Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM de acuerdo con los compromisos asumidos en el EIA por el administrado.

Agua turbinada

De acuerdo con el Decreto Supremo N.º 014-2019-EM: «Reglamento para la Protección Ambiental en las Actividades Eléctricas», el agua turbinada que proviene de la operación de una central hidroeléctrica no es considerada agua residual industrial ni efluente. Por lo que los resultados de agua turbinada se compararon referencialmente con los ECA para Agua-2017 de la Cat.3, debido a que aportan al río Huaura.

Sedimento

Debido a que en la actualidad no se cuenta con normativa nacional para la evaluación de sedimento, se empleó de manera referencial los estándares de la Guía de calidad ambiental canadiense para sedimento de aguas continentales (*Canadian Environmental Quality Guidelines. Sediment Quality Guidelines for Protection of Aquatic Life of Freshwater*, en adelante CEQG-SQG, 2002)⁶ del Consejo Canadiense de Ministros del Medio Ambiente (CCME, en sus siglas en inglés), que tienen valores para el arsénico, cadmio, cobre, cromo, mercurio, plomo y zinc y define 2 niveles:

- *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 los 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 los macroinvertebrados bentónicos.

⁵ Resolución Jefatural N.º 056-2018-ANA. Aprueban la Clasificación de los Cuerpos de Agua Continentales. Publicada en El Peruano el 21 e febrero de 2018.

⁶ Recuperado de: https://www.ccme.ca/en/resources/canadian_environmental_quality_guidelines/. Consultado el 12 de junio de 2020.



Los elementos químicos obtenidos en los resultados de metales en el sedimento de los puntos de muestreo en los ríos Huaura y Checras fueron divididos para su análisis en elementos mayores (Fe, Al, Ca, Mg y K), menores (As, B, Ba, Co, Cu, Cr, Sr, P, Li, Mn, Ni, Na, Ti, V y Zn) y trazas (Cd, Sb, Be, Sn, Hg, Mo, Ag, Se y Tl).

5.2. Objetivo específico 2: Comparar el caudal ecológico establecido en los ríos Checras y Huaura con el modelo de simulación de hábitat PHABSIM (*Physical hábitat simulation system*) para la comunidad ictiológica en el tramo de influencia de la C.H. Cheves

5.2.1. Guías utilizadas para la evaluación

La simulación de hábitat se realizó tomando en cuenta las metodologías propuestas en la Resolución Jefatural N.º 267-2019-ANA: «Lineamientos generales para determinar caudales ecológicos». Esta resolución establece usar un método de simulación de hábitat para estudios ambientales de Categoría III, es decir Estudios de impacto ambiental detallado⁷. Por lo tanto, para la colección de la información de campo que permitió abordar el presente objetivo, se usó como referencia la guía del programa de simulación del hábitat físico (PHABSIM, por sus siglas en inglés) (Waddle, 2001). El PHABSIM es un programa que permite la simulación del hábitat de especies seleccionadas, permitiendo conocer la afectación a la cantidad de hábitat debido a una reducción del caudal. Cabe mencionar que el PHABSIM forma parte de la metodología de incremento del caudal (IFIM, por sus siglas en inglés), que enfoca el análisis de caudal ecológico a una escala de microhábitat (Bovee *et al.*, 1998).

A continuación, se muestra los pasos del levantamiento de información en campo que se realizó durante la evaluación:

- a. Identificación de los puntos de muestreo.
- b. Identificación de los hábitats.
- c. Colocación de transectos en cada hábitat.
- d. Levantamiento de información hidráulica fluvial (topografía de las secciones transversales delimitadas por los transectos, perfil de velocidades del agua de las secciones transversales, tirante del agua, sustrato y cobertura).
- e. Levantamiento de información de usos de hábitat de las especies hidrobiológicas seleccionadas (profundidad, velocidad, sustrato y cobertura).
- f. Obtención de imágenes satelitales para una mejor representación de los puntos donde se realizó la simulación de hábitat.

El esfuerzo de muestreo para el levantamiento de información hidráulica fue de aproximadamente 50 m, estableciendo entre 6 a 9 transectos a lo largo. Los datos de uso

⁷ Resolución Jefatura N.º 267-2019-ANA. Lineamientos generales para determinar caudales ecológicos, publicada en el diario oficial El Peruano el 05 de diciembre de 2019.

Artículo 6°. Estudios para la aprobación del caudal ecológico

Los estudios de caudal ecológico elaborados en el marco de la evaluación de un instrumento de Gestión Ambiental (IGA), deberán considerar lo siguiente:

(...)

b) Proyectos clasificados como categoría II: Estudio de Impacto Ambiental Semi Detallado (EIA-sd) o categoría III: Estudio de Impacto Ambiental Detallado (EIA-d), se realizará el estudio técnico de caudal ecológico aplicando el Método de Simulación de Hábitat u Holístico (...)



de hábitat fueron colectados a lo largo de los transectos de los puntos de muestreo, considerando el transecto inferior y superior como límite de pesca. En los puntos donde no se colocaron transectos, la distancia aproximada de pesca estuvo entre 50 m a 100 m de largo. Finalmente, la información recopilada fue integrada para la simulación de hábitat.

5.2.2. Ubicación de los puntos de muestreo

La ubicación de los puntos de muestreo se encuentra en la Tabla 5.7.

Tabla 5.7. Ubicación de los puntos de muestreo

N.º	Nombre del cuerpo receptor	Código del punto de muestreo	Fecha	Hora	Coordenadas UTM		Altitud (m s. n. m.)	Hidráulica fluvial	Imágenes satelitales	Uso de hábitat	Descripción
					Este (m)	Norte (m)					
1	Río Checras	RCHE-01	2022-04-23	10:25	294744	8799022	2109	-	-	X	Aproximadamente 1 km aguas arriba del reservorio Checras
			2022-09-25	08:40				-	X	X	
2	Río Checras	RCHE-02	2022-04-21	09:22	293417	8800572	2151	-	-	X	Aproximadamente 500 m aguas abajo del reservorio Checras
3	Río Checras	RCHE-02 (TCE)*	2022-09-26	09:15	293554	8800460	2119	X	X	X	Aproximadamente 500 m aguas abajo del reservorio Checras
4	Río Huaura	RHUA-02	2022-09-29	12:45	293527	8802203	2178	-	X	X	Aproximadamente 100 m aguas abajo del Reservorio Huaura
5	Río Huaura	RHUA-04*	2022-09-27	09:00	292709	8800486	2125	X	X	X	Aproximadamente 500 m aguas debajo de la confluencia de los ríos Huaura y Checras
6	Río Huaura	RHUA-05*	2022-04-22	09:15	289400	8799567	1994	-	-	X	Aproximadamente a 4 km aguas debajo de la confluencia de los ríos Huaura y Checras
			2022-09-22	09:40				-	-	X	
			2022-09-23	13:40				X	X	-	
7	Río Huaura	RHUA-06*	2022-09-24	14:40	284732	8798309	1805	X	X	X	Aproximadamente a 5 m aguas arriba del puente Caujul
8	Río Huaura	RHUA-07*	2022-04-24	09:45	282475	8793797	1594	-	-	X	Aproximadamente a 50 m aguas arriba de la descarga de aguas turbinadas de la Ch Cheves
			2022-09-29	08:30				X	X	X	
9	Río Huaura	RHUA-09	2022-04-25	10:00	280019	8792482	1495	-	-	X	Aproximadamente a 5 m aguas



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

N.º	Nombre del cuerpo receptor	Código del punto de muestreo	Fecha	Hora	Coordenadas UTM		Altitud (m s. n. m.)	Hidráulica fluvial	Imágenes satelitales	Uso de hábitat	Descripción
					Este (m)	Norte (m)					
											abajo del puente Punta Conchao

Nota:

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

*: Puntos de muestro donde se realizó la simulación de hábitat.

5.2.3. Parámetros y métodos de análisis

En este ítem se detalla los parámetros evaluados (Tabla 5.8).

Tabla 5.8. Parámetros evaluados para el caudal ecológico

N.º	Parámetros	Cantidad de puntos de muestreo	Cantidad de muestras	Observaciones
1	Imágenes satelitales	7	-	Se tomaron medidas de profundidad, velocidad, sustrato y cobertura.
2	Hidráulica fluvial	5	-	Conformadas por transectos. Se tomaron datos topográficos, medidas de profundidad, velocidad, sustrato y cobertura.
3	Uso de hábitat	9	-	El levantamiento de información de usos de hábitat de las especies hidrobiológicas, (profundidad, velocidad, sustrato y cobertura) fue realizada mediante electropesca y buceo.

5.2.4. Procesamiento de datos

A continuación, se describen los criterios de evaluación que se emplearon para la simulación de hábitat.

Para la modelación e integración de los datos de hidráulica fluvial, comunidades hidrobiológicas y hábitat de especies se usó la guía del programa PHABSIM

Los datos de hidráulica fluvial fueron usados en el modelo MANSQ del PHABSIM, dicho modelo usa la ecuación de Manning para calcular las elevaciones de superficie de agua en cada sección transversal, su calibración está sujeta mediante procedimientos de ensayo y error para la selección de un determinado coeficiente que minimice el error obtenido entre la superficie de agua medida y simulada. Los perfiles de velocidad fueron simulados mediante el modelo VELSIM del PHABSIM.

La información del uso de hábitat se utilizó para generar las curvas de idoneidad de hábitat de las especies. Estas curvas se basan en histogramas de los datos observados y su ajuste a una determinada distribución de probabilidad. 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 5.9.



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

Tabla 5.9. Descripción de las funciones de distribución de probabilidad

Table with 3 columns: Función de distribución de probabilidad, Fórmula, and Parámetros. Rows include Rayleigh, Gamma, Rice, Weibull, Kappa, Pareto, and Pearson III distributions with their respective formulas and parameters.

Fuente: Asquith (2014)

Los valores de idoneidad obtenidos a partir de las curvas de función de distribución de probabilidad fueron en algunos casos ajustados para evitar subestimar dicho valor a un determinado hábitat. Esto se dio para el caso de registros de profundidad y velocidad muy altos, los cuales se hacía difícil encontrar o acceder en campo. Los valores de idoneidad asociados a aquellos registros que estuvieron por debajo de 0,10 unidades fueron ajustados a 0,10 unidades. En el caso de Oncorhynchus mykiss, se complementó con literatura (Vondracek y Longanecker, 1993; Oyague et al.; 2020) para ajustar sus valores de idoneidad respecto a registros altos de profundidad. Respecto a Basilichthys semotilus (fase 4), los registros de idoneidad para altas profundidades fueron ajustados tomando en cuenta lo observado en campo.



Las curvas de uso de hábitat de las especies fueron modeladas posteriormente en el modelo HBTAE del PHABSIM tomando en cuenta la distribución de las especies en los puntos de muestreo. Este modelo integra la información generada previamente para obtener finalmente la relación entre el caudal circulante con la cantidad de hábitat disponible para la especie.

5.2.5. Criterios de evaluación

La modelación del hábitat mediante el programa PHABSIM fue realizada para los caudales ecológico aprobados en la Resolución Directoral para la licencia de uso de agua superficial,⁸ que aprueba un caudal ecológico de 0,53 m³/s en el tramo posterior al reservorio Huaura y un caudal ecológico de 0,47 m³/s en el tramo posterior al reservorio Checras, y un caudal de ecológico total de 1,0 m³/s que se entiende empezaría a partir de la confluencia de los ríos Huaura y Checras (Tabla 5.10). Adicionalmente la modelación del hábitat se realizó para los caudales disponibles en el río Huaura, río Checras y la confluencia de los ríos Huaura y Checras (Tabla 5.11) para los meses con menor disponibilidad de agua (junio, julio, agosto, setiembre y octubre), entendiéndose a estos último como caudales en un escenario natural. Los resultados de la simulación de habitat asociados a los caudales ecológicos y a los registrados en campo durante la evaluación (escenario modificado) fueron comparados con los resultados de simulación para los caudales disponibles (escenario natural). De esta manera se analizó los cambios generados en los resultados de simulación de hábitat cuando el caudal fue modificado respecto al natural, calculando la ganancia o pérdida de hábitat (área útil ponderada) mediante la siguiente fórmula:

$$\Delta AUP\% = \left(\frac{AUP_{em} - AUP_{en}}{AUP_{en}} \right) \times 100$$

Donde:

AUP_{en}: Área útil ponderada en un escenario natural

AUP_{em}: Área útil ponderada en un escenario modificado

$\Delta AUP\%$: Pérdida o ganancia del AUP producido por el cambio del escenario natural al escenario modificado

⁸

Resolución Directoral N.º 1366-2015-ANA-AAA-CAÑETE-FORTALEZA.

**PERÚ**Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFADirección de Evaluación
AmbientalDecenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú**Tabla 5.10.** Valores de caudal ecológico para la CH Cheves en m³/s

Fuente	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Promedio
Punto de captación Toma Huaura (m ³ /s)	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53
Punto de captación Reservorio Checras (m ³ /s)	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47
Caudal total (m ³ /s)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Fuente: Resolución Directoral N.º 1366-2015-ANA-AAA-CAÑETE-FORTALEZA.

Tabla 5.11. Caudal disponible para la CH Cheves en m³/s

Fuente	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Promedio
Punto de captación Toma Huaura (m ³ /s)	12,7	16,3	19,7	13,7	6,7	5,4	4,7	4,4	4,5	5,7	7,0	8,9	9,1
Punto de captación Reservorio Checras (m ³ /s)	10,3	13,6	16,5	11,3	5,6	4,2	3,7	3,6	4,0	4,8	5,7	7,4	7,6
Caudal total (m ³ /s)	23,0	29,9	36,2	24,9	12,3	9,6	8,4	8,1	8,5	10,5	12,6	16,3	16,7

	Meses con menor disponibilidad de agua, usados en la simulación de hábitat.
--	---

Fuente: Resolución Directoral N.º 1366-2015-ANA-AAA-CAÑETE-FORTALEZA.



5.3. Objetivo específico 3: Evaluar la calidad de agua superficial del reservorio Huaura y la calidad de agua superficial, sedimento, comunidades hidrobiológicas y estado trófico del reservorio Checra

5.3.1. Guías utilizadas para la evaluación

La Tabla 5.12 muestra los protocolos de muestreo de agua superficial, sedimento y comunidades hidrobiológicas. Se enfocó en las secciones avocadas al muestreo de cuerpos de agua lénticos.

Tabla 5.12. Guías y protocolos de monitoreo para calidad de agua superficial, sedimento y comunidades hidrobiológicas

Nombre	Sección	Dispositivo legal	Entidad	País
Agua superficial				
Protocolo Nacional para el monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales	6	Resolución Jefatural N.º 010-2016-ANA	Autoridad Nacional del Agua (ANA)	Perú
Sedimento				
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	-	EPA	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	
Comunidades hidrobiológicas				
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, 5 y 6	-	Ministerio del Ambiente (Minam)	Perú
Protocolo simplificado y guía de evaluaciones de la calidad de ríos andinos (CERA-S) (Encalada et al., 2011)	Todo el documento	-	Universidad San Francisco de Quito	Ecuador

5.3.2. Ubicación de puntos de muestreo

La ubicación y descripción de los puntos en los reservorios Checra, Huaura y alrededores, se detallan en la Tabla 5.13 y en el Anexo N° 2, se muestra la ubicación espacial de los mismos.



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

Tabla 5.13. Puntos de muestreo para la evaluación de los reservorios Checra y Huaura

N°	Nombre cuerpo receptor	Código del punto de muestreo	Muestreo		Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 18 L		Altitud (m s. n. m.)	AS	SED	HB	Descripción
			Fecha	Hora	Este (m)	Norte (m)					
1	Río Checra	ECHE-01	2022-09-19	11:35	293811	8799983	2179	X ¹	-	-	Reservorio Checra – Cámara de carga.
2	Río Huaura	EHUA-01	2022-09-19	12:45	293677	8802306	2189	X ¹	-	-	Reservorio Huaura - Cámara de carga.
3	Río Checra	ECHE-02	2022-09-20	14:50	294191	8799826	2182	X ¹	-	-	Cola del Reservorio Checra.
4	Río Checra	ECHE-03	2022-09-20	11:45	294084	8799891	2178	X ¹	X	X	Zona media del Reservorio Checra.
5	Río Checra	ECHE-03 (F)	2022-09-20	13:15	294084	8799891	2178	X ¹	-	X	Zona media del Reservorio Checra

Nota:

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

El sufijo (F) indica la toma de muestra a una profundidad de fondo.

1: Corresponde a toma de parámetros de campo y parámetros fisicoquímicos.

AS: Agua superficial, SED: Sedimentos, HB: Comunidades hidrobiológicas.

5.3.3. Parámetros y métodos de análisis

En todos los puntos de muestreo de agua superficial se analizaron *in situ* los parámetros: temperatura, potencial de hidrógeno (pH), conductividad eléctrica (CE), oxígeno disuelto (OD) y turbidez. Las muestras colectadas de los parámetros se analizaron a través de un laboratorio acreditado con la ISO/IEC 17025, contratado por el OEFA.

Los parámetros evaluados en el agua superficial evaluados en los reservorios Huaura y Checra se muestran en la Tabla 5.14.

Tabla 5.14. 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)	ICP-MS
	Metales totales	EPA Method 200.8 Rev. 5.4 (1994)	ICP-MS
	Bicarbonatos	SMEWW 2320 B, 23rd Ed.2017	Volumetría
	Carbonatos	SMEWW 2320 B, 23rd Ed.2017	Volumetría



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

Matriz	Parámetros de laboratorio	Método de análisis	Descripción
	Aceites y grasas	PP-226 (BASED ASTM D7066-04) Rev.1 2017	FTIR
	Bifenilos policlorados-PCB	EPA Method 8082 A Rev. 1 (2007)	GC ECD
	Fósforo total	SMEWW 4500-P B(Ítem 5) y E, 23rd Ed.2017	Método de Ácido Ascórbico
	Demanda bioquímica de oxígeno	SMEWW 5210 B, 23rd Ed.2017	Electrometría
	Clorofila A	SMEWW 10200 H, 23rd Ed.2017	Espectrofotometría de absorción molecular
	Fosfato	SMEWW 4500-P E, 23rd Ed.2017	Método de Ácido Ascórbico
	Nitrato	EPA 300.0 Rev. 2.1, 1993	Determinación de aniones inorgánicos por cromatografía de iones.
Sedimento	Materia orgánica	Norma Oficial Mexicana NOM-021-SERMANAT-2000; Ítem 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)	ICP-MS
	Análisis granulométrico	ASTM D422-63 (Reapproved 2007)	Particle - Size Analysis of Soils
	Bifenilos policlorados-PCB	EPA Method 8270E Rev.6 (2018)	CG/MS
Comunidades hidrobiológicas	Fitoplancton	SMEWW 10200 C (parte 1) / SMEWW 10200 F (parte 2.a) / SMEWW 10900	Organismos/L
	Zooplancton	SMEWW 10200 G / SMEWW 10900	Organismos/L

5.3.4. Equipamiento y materiales utilizados

Los equipos y materiales utilizados para el muestreo de agua, sedimento 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 detalla en el Anexo 3 (reporte de campo RC-106-2022-STEC).

5.3.5. 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 5.10, y que fueron consideradas en el lote de muestras evaluadas en los ríos Huaura y Checras y el agua turbinada que se detallan en el ítem 5.1.5.

Sedimento

Debido a que no se cuenta con un protocolo nacional para el monitoreo y las guías de referencia utilizadas tampoco incluyen 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 que fueron consideradas en el lote de muestras evaluadas en los ríos Huaura y Checras que se detallan en el ítem 5.1.5.



5.3.6. Procesamiento de datos

Los criterios empleados para el procesamiento de datos fueron los mismos que los precisados para agua superficial, sedimento y comunidades hidrobiológicas del ítem 5.1.6 de este documento.

5.3.7. Criterios de evaluación

Agua superficial

Los resultados de agua superficial de los reservorios Huaura y Checras fueron comparados con los ECA para Agua, Categoría 3, D1: Riego de Vegetales y D2: Bebida de Animales, aprobados por Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM de acuerdo con los compromisos asumidos en el EIA por el administrado.

Adicionalmente, aquellos parámetros relacionados directamente con el estado trófico como la clorofila a, fósforo total y transparencia, fueron usados para determinar el índice del estado trófico (Franco *et al.* 2010):

- Índice del estado trófico (TSI): Varía entre 0 y 100 es decir, de oligotrófico a hipereutrófico. El índice puede determinarse a partir de la concentración de clorofila a y fósforo total. Los niveles tróficos obtenidos a partir del TSI son: oligotrófico (TSI<30), mesotrófico (30<TSI<60), eutrófico (60<TSI<90) e hipereutrófico (90<TSI<100). El cálculo del índice a partir del fósforo total, clorofila a y transparencia se encuentra en la Tabla 5.15.

Tabla 5.15. Fórmulas para el cálculo del TSI según la transparencia del agua, fósforo total y la clorofila a

Parámetro de eutrofización	Carlson (1977; 1980)	Aizaki et al. (1981)
Transparencia del agua (Ds) (m)	$TSI_{Ds} = 60 - 14,41 \ln(Ds)$	$TSI_{Ds} = 10 * (2,46 + \frac{3,76 - 1,57 \ln(Ds)}{\ln 2,5})$
Fosforo total (Pt) (mg/l)	$TSI_{Pt} = 14,42 \ln(Pt) + 4,15$	$TSI_{Pt} = 10 * (2,46 + \frac{6,68 + 1,15 \ln(Pt)}{\ln 2,5})$
Clorofila a (Clorf a) (mg/m³)	$TSI_{Clorf a} = 9,81 \ln(Clorf a) + 30,6$	$TSI_{Clorf a} = 10 * (2,46 + \frac{\ln(Clorf a)}{\ln 2,5})$

Fuente: Modificado de Carlson (1977; 1980) y Aizaki *et al.* (1981).

Sedimento

El criterio de evaluación para el sedimento fue el mismo que el señalado en el ítem 5.1.7 de este documento.

6. RESULTADOS

A continuación, se presenta los resultados obtenidos durante la EAC en el área de influencia de la C.H. Cheves, los que son detallados por objetivos planteados para evaluar el riesgo hídrico del río Huaura relacionado a las actividades de operación de dicha central. Los resultados de laboratorio de las matrices de agua, sedimento y comunidades hidrobiológicas se encuentran detallados en el Anexo N.º 4 del informe de EAC en la C.H. Cheves.



6.1. Calidad de agua superficial, agua turbinada, sedimento y comunidades hidrobiológicas en los ríos Huaura y Checras en el ámbito de la C.H. Cheves

6.1.1. Agua superficial

El muestreo de agua superficial se realizó en abril y setiembre de 2022 en los tramos de los ríos Checras y Huaura que se encuentran dentro del área de influencia de la C.H. Cheves. Se evaluaron 13 puntos en total, de los cuales 2 puntos se encuentran ubicados en el río Checras (RCHE-01 y RCHE-02) y 11 en el río Huaura (RHUA-01, RHUA-02, RHUA-03, RHUA-04, RHUA-05, RHUA-06, RHUA-07, RHUA-08, RHUA-09, RHUA-10 y RHUA-11). El detalle de todos los resultados se encuentra en el Anexo 4 (RR-019-2022-STECC y RR-064-2022-STECC). En los siguientes apartados se describen los resultados obtenidos y la comparación con la norma de calidad de agua superficial.

Comparación con los valores de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, Categoría 3, Subcategoría D1: Riego de vegetales y Subcategoría D2: Bebida de animales; aprobado mediante Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM

De las ejecuciones realizadas en abril y setiembre 2022 en los puntos evaluados en los ríos Checras y Huaura se tiene que los valores de pH excedieron los ECA para Agua-2017 Cat.3, en los puntos RCHE-01, RHUA-01, RHUA-02, RHUA-05, RHUA-06, RHUA-07, RHUA-09, RHUA-10 y RHUA-11 en abril de 2022; y en los puntos RCHE-01, RCHE-02 y RHUA-05 en setiembre de 2022 (Figura 6.1).

Asimismo, en el río Huaura excedieron los valores de los ECA-para Agua-2017 de la Cat.3, las concentraciones de boro en los puntos RHUA-03 y RHUA-05, y manganeso en el punto RHUA-03 en abril de 2022; y plomo en el punto RHUA-04 en setiembre de 2022.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

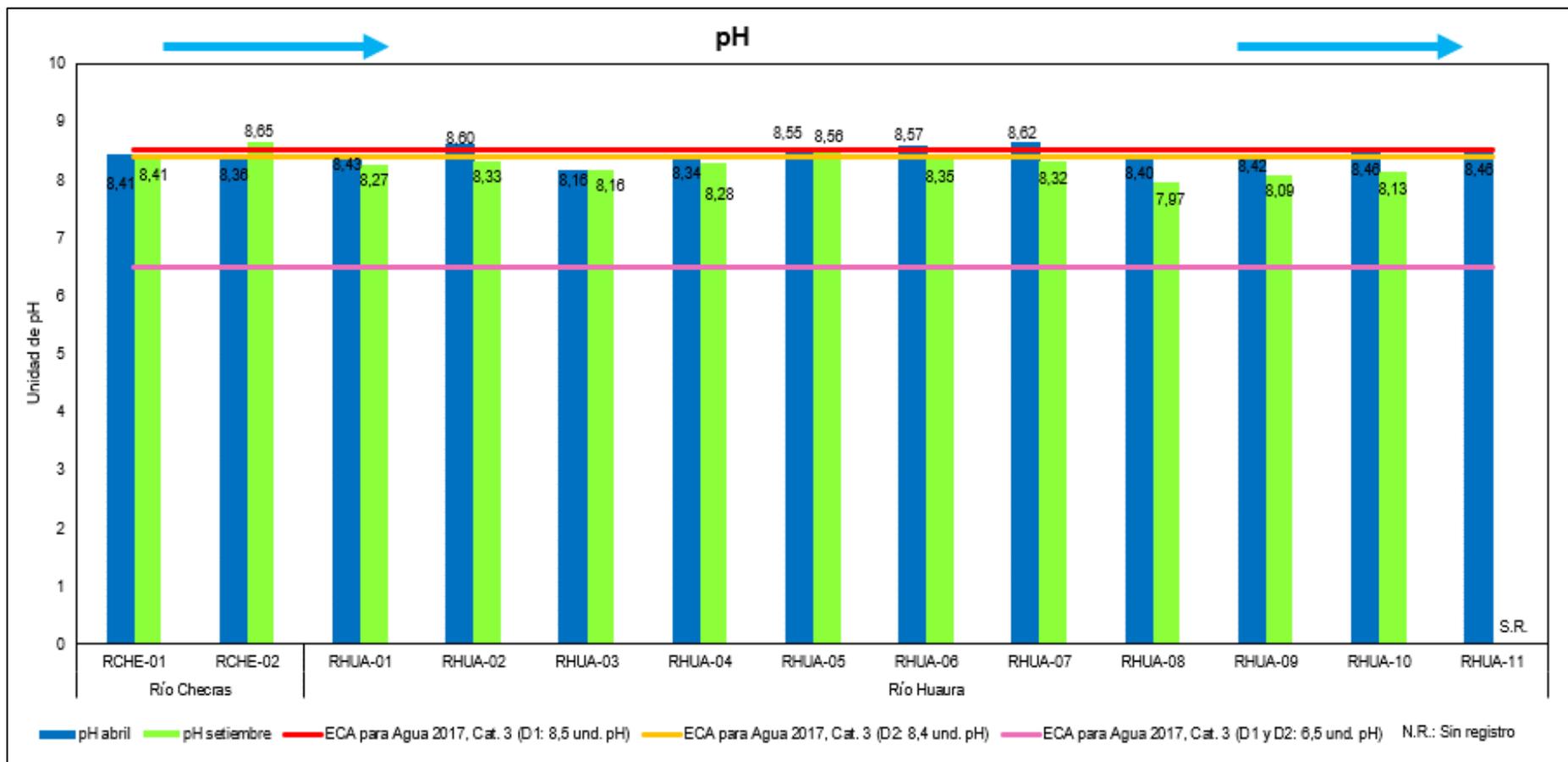


Figura 6.1. Potencial de hidrógeno pH en el agua de los ríos Checras y Huaura, en abril y setiembre de 2022



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

En las aguas del río Huaura las concentraciones de boro total registradas en abril de 2022, excedieron los ECA para Agua-2017, Cat.3 con valores 1,9378 mg/L y 1,0461 mg/L en los puntos RHUA-03 y RHUA-05, respectivamente (Figura 6.2).

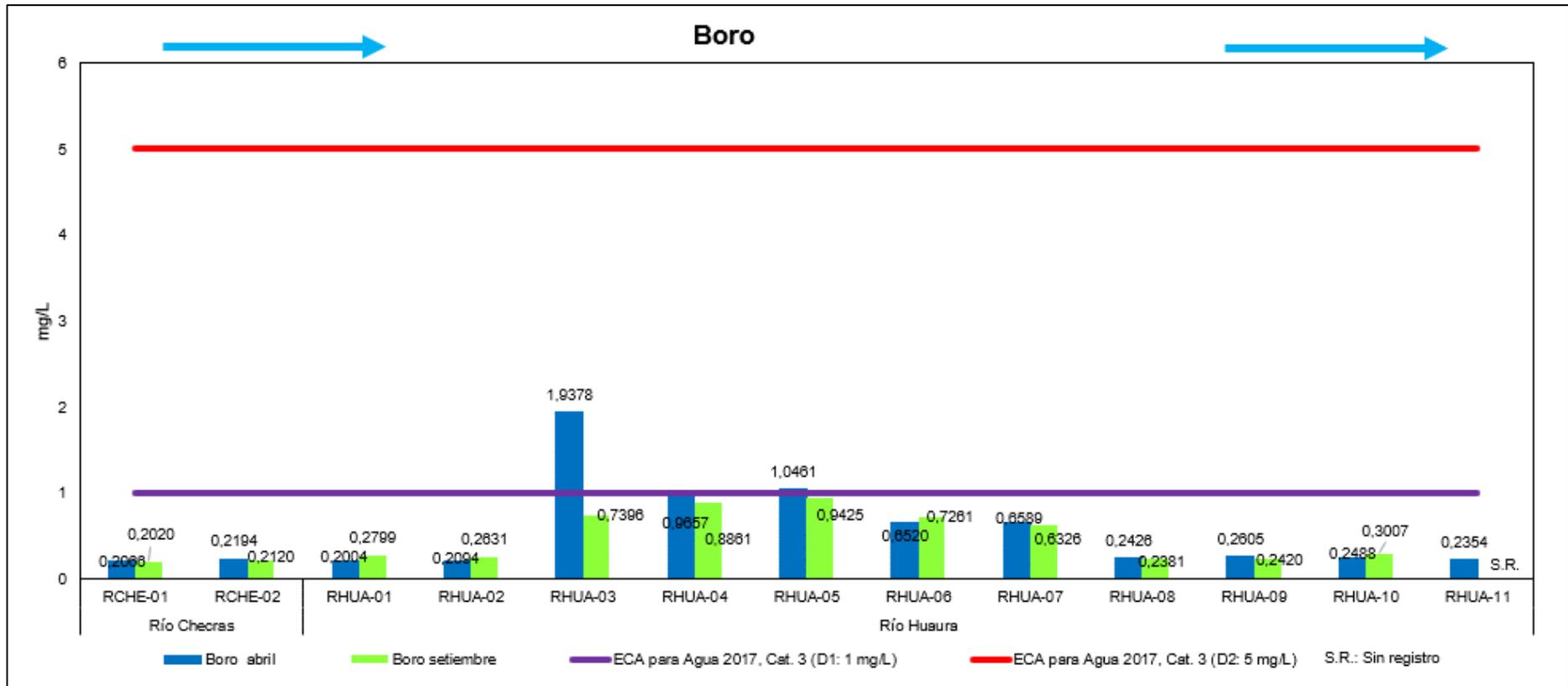


Figura 6.2. Concentraciones de boro total en el agua de los ríos Checras y Huaura, en abril y setiembre de 2022



Asimismo, las concentraciones de manganeso total registradas en abril de 2022 excedieron los ECA para Agua-2017, Cat.3 con valores de 0,63479 mg/L y 0,36553 mg/L en los puntos RCHE-02 y RHUA-03, respectivamente. Las concentraciones que mostraron las excedencias a los ECA para Agua-2017, Cat.3 se registraron en abril de 2022 (Figura 6.3).

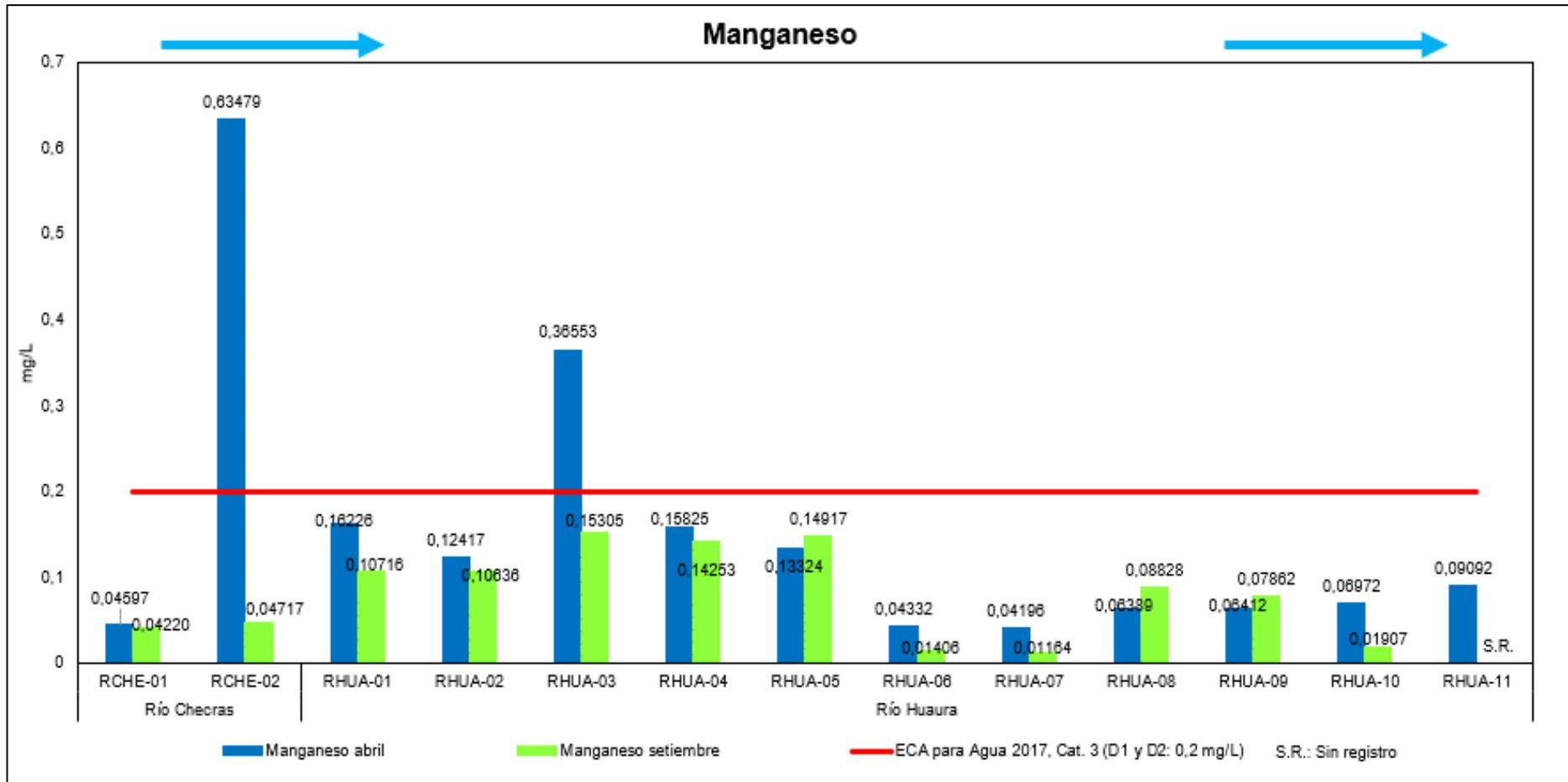


Figura 6.3. Concentraciones de manganeso total en el agua de los ríos Checras y Huaura, en abril y setiembre de 2022



Además, la concentración de plomo total registrada en setiembre de 2022 excedió los ECA para Agua-2017 de la Cat.3 con un valor de 0,1649 mg/L en el punto RHUA-04 del río Huaura en setiembre de 2022. Cabe señalar que, en las muestras analizadas en abril de 2022, los resultados de las concentraciones de plomo total para los ríos Checras y Huaura, presentaron valores menores al límite de cuantificación de laboratorio (<0,0010 mg/L) (Figura 6.4).

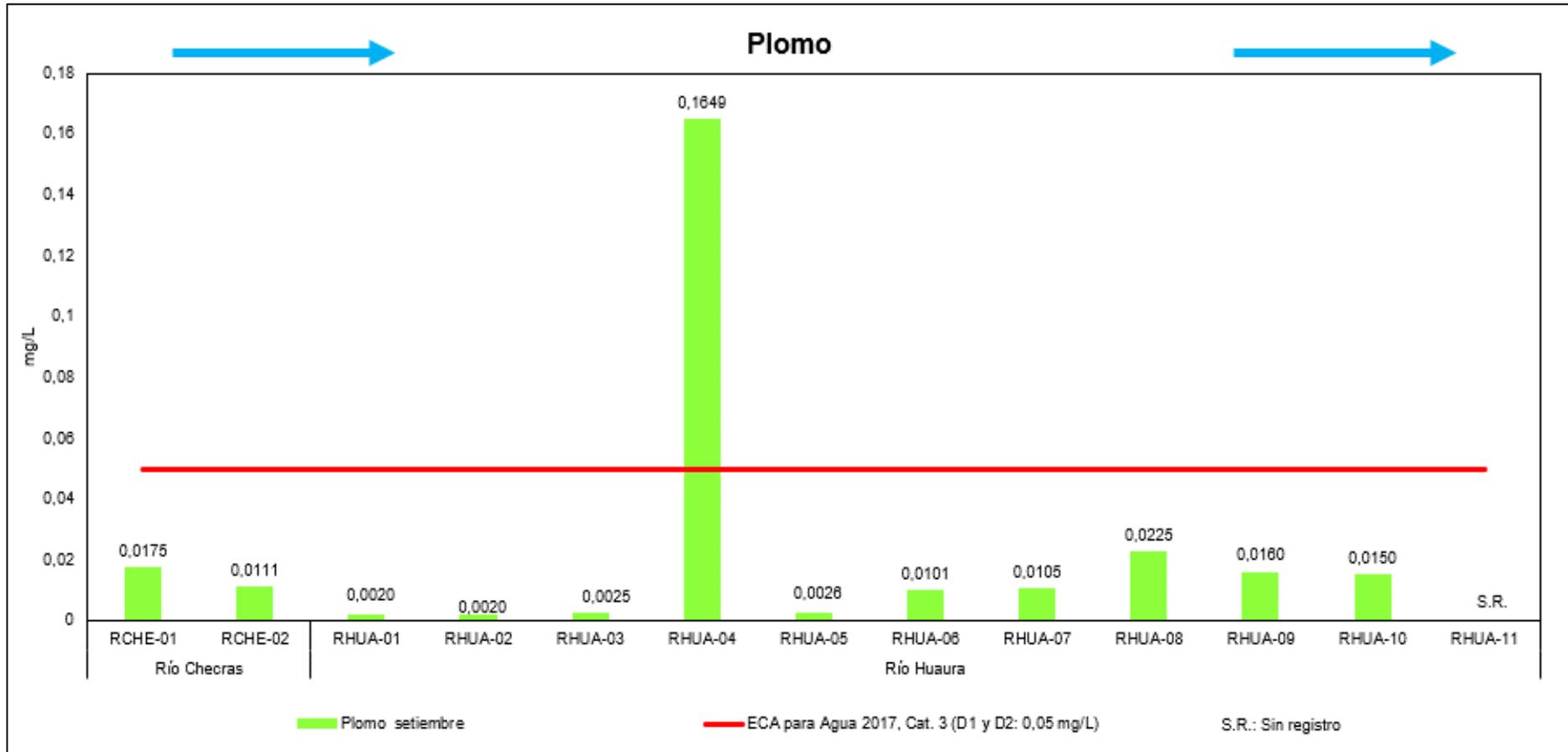


Figura 6.4. Concentraciones de plomo total en el agua de los ríos Checras y Huaura, en setiembre de 2022



Con relación a, los parámetros de campo y de interés de los puntos de muestreo en los ríos Checras y Huaura, se mencionan sus principales rangos de variación.

- Los valores del potencial de hidrógeno estuvieron en el rango de 7,97 unidades de pH a 8,65 unidades de pH.
- Los valores de conductividad eléctrica variaron entre 396 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 694 $\mu\text{S}/\text{cm}$.
- Las concentraciones de oxígeno disuelto estuvieron entre 6,69 mg/L y 8,96 mg/L.
- Los valores de turbidez oscilaron de 3,24 NTU a 67,4 NTU.
- La concentración más alta de sólidos totales suspendidos fue 287,5 mg/L y se registró en el punto RCHE-02.
- El valor más alto de sólidos totales suspendidos fue de 315 mg/L en el punto TUL-06 (río Tulumayo).
- Las concentraciones sólidos totales suspendidos disuelto estuvieron entre 262 mg/L y 456 mg/L.

6.1.2. Aguas turbinadas

El muestreo de aguas turbinada se realizó en abril y setiembre de 2022, dichas aguas descargan al río Huaura y el punto evaluado se encuentra contemplado en el Instrumento de Gestión Ambiental de la C.H. Cheves. Para la evaluación se le asignó el código TUR-01. En el siguiente apartado se presenta la comparación con la norma de comparación referencial para agua turbinada.

Comparación referencial con los valores de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, Categoría 3, Subcategoría D1: Riego de vegetales y Subcategoría D2: Bebida de animales; aprobado mediante Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM

De los resultados registrados en el agua turbinada (TUR-01), tanto de las mediciones de los parámetros de campo como los del laboratorio, no excedieron los valores de los ECA para Agua-2017 de la Cat.3, con los cuales fueron comparados referencialmente. Los detalles de los resultados se encuentran en el Anexo 4 (RR-019-2022-STECS y RR-064-2022-STECS).

6.1.3. Sedimento

Análisis geoquímico

Los elementos químicos determinados en el sedimento de los puntos de muestreo del río Checras (RCHE-01 y RCHE-02) y río Huaura (RHUA-01, RHUA-02, RHUA-03, RHUA-04, RHUA-05, RHUA-06, RHUA-07, RHUA-08, RHUA-09, RHUA-10 y RHUA-11) fueron divididos por temporada de muestreo (abril y setiembre de 2022) para su análisis en elementos mayores, menores y trazas.

Los sedimentos de los ríos Checras y Huaura en abril de 2022 presentaron una alta concentración de aluminio, calcio, hierro, magnesio y potasio, en comparación a los demás metales mayoritarios en todos los puntos evaluados en estos ríos. Asimismo, el sedimento de los puntos RCHE-02 (54553 mg/kg), RHUA-01 (67239 mg/kg) y RHUA-02 (55442 mg/kg), presentó las mayores concentraciones de calcio; y en los puntos RCHE-01 (30589 mg/kg) y RCHE-02 (31613 mg/kg) presentó las mayores concentraciones de hierro; en comparación a de los demás puntos de muestreo (Figura 6.5).

Los sedimentos en los ríos Checras y Huaura en setiembre de 2022 presentaron una alta concentración de aluminio, calcio, hierro, magnesio y potasio, en comparación a los demás metales mayoritarios en todos los puntos evaluados en estos ríos. Además, el sedimento en el punto RHUA-01 (56156 mg/kg) del río Huaura, presentó la mayor concentración de calcio



y en los puntos RHUA-06 (41114 mg/kg), RHUA-07 (38627 mg/kg) y RHUA-09 (35140 mg/kg) presentó las mayores concentraciones de hierro; en comparación al de los demás puntos de muestreo (Figura 6.6).

En cuanto a los elementos menores en los sedimentos de los ríos Checras y Huaura de abril de 2022 presentaron concentraciones en arsénico, bario, cobalto, cobre, cromo, estroncio, manganeso, plomo, sodio, titanio y zinc; siendo molibdeno y zinc elementos que presentaron mayor predominancia respecto de los demás elementos. En el punto RHUA-01 la mayor concentración de manganeso (898 mg/kg), zinc (330 mg/kg), arsénico (57,8mg/kg) y plomo (42,4 mg/kg); en el punto RHUA-04 se encontró la mayor concentración de cobre (51 mg/kg); y en los puntos RCHE-01 y RCHE presentaron las mayores concentraciones de cromo (12,2 mg/kg y 12,7 mg/kg respectivamente) en relación con los demás puntos de muestreo (Figura 6.7).

Asimismo, los elementos menores en los sedimentos de los ríos Checras y Huaura en setiembre de 2022 presentaron concentraciones en arsénico, bario, cobalto, cobre, cromo, estroncio, manganeso, plomo, sodio, titanio y zinc; siendo el manganeso, zinc y sodio los elementos de mayor predominancia respecto a los demás elementos. Sin embargo, se encontró en el punto RCHE-2 la mayor concentración de cobre (2125 mg/kg), plomo (112 mg/kg), sodio (6292 mg/kg) y zinc (848 mg/kg); en el punto RHUA-01 se encontró la mayor concentración de manganeso (1043 mg/kg) y arsénico (113 mg/kg); en el punto RHUA-07 se encontró la mayor concentración de titanio (1516 mg/kg), estroncio (252,2 mg/kg) y bario (215 mg/kg); y en el punto RHUA-09 se encontró la mayor concentración de cromo (13,6 mg/kg) en relación con los demás puntos de muestreo (Figura 6.8).

Respecto a los elementos trazas en los sedimentos colectados en abril de 2002, se encontraron representados por berilio, cadmio, estaño, mercurio, molibdeno, selenio y talio; siendo selenio, molibdeno, berilio y cadmio los elementos de mayor predominancia respecto a los demás elementos. Sin embargo, se encontró en el punto RHUA-01 del río Huaura la mayor concentración de selenio (3,607 mg/kg), molibdeno (1,685 mg/kg), berilio (1,07 mg/kg), cadmio (0,99721 mg/kg), mercurio (0,346 mg/kg) y talio (0,4148 mg/kg); en comparación a los demás puntos (Figura 6.9).

Asimismo, los elementos trazas en setiembre de 2022, se encontraron representados por el antimonio, berilio, cadmio, estaño, mercurio, molibdeno, selenio y talio, siendo el selenio, molibdeno, cadmio y berilio los elementos de mayor predominancia respecto a los demás elementos. Sin embargo, en el punto RCHE-02 se encontró la mayor concentración de molibdeno (14,50 mg/kg) y selenio (3,218 mg/kg); en el punto RHUA-09 se encontró la mayor concentración de cadmio (2,139 mg/kg) y berilio (1,77 mg/kg) en comparación de los demás puntos de muestreo (Figura 6.10).



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

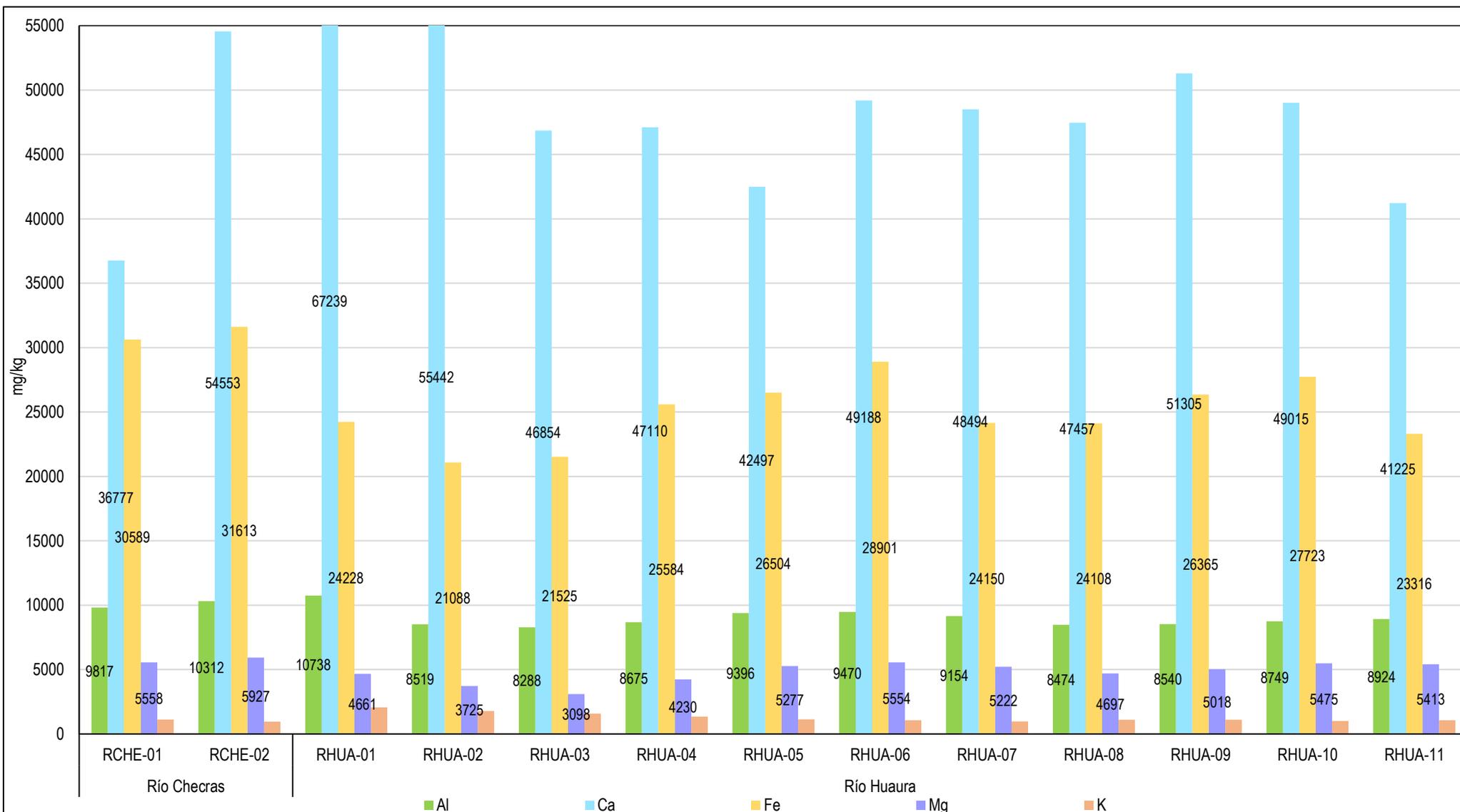


Figura 6.5. Concentraciones de elementos mayores en sedimentos de los ríos Checras y Huaura, en abril de 2022



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

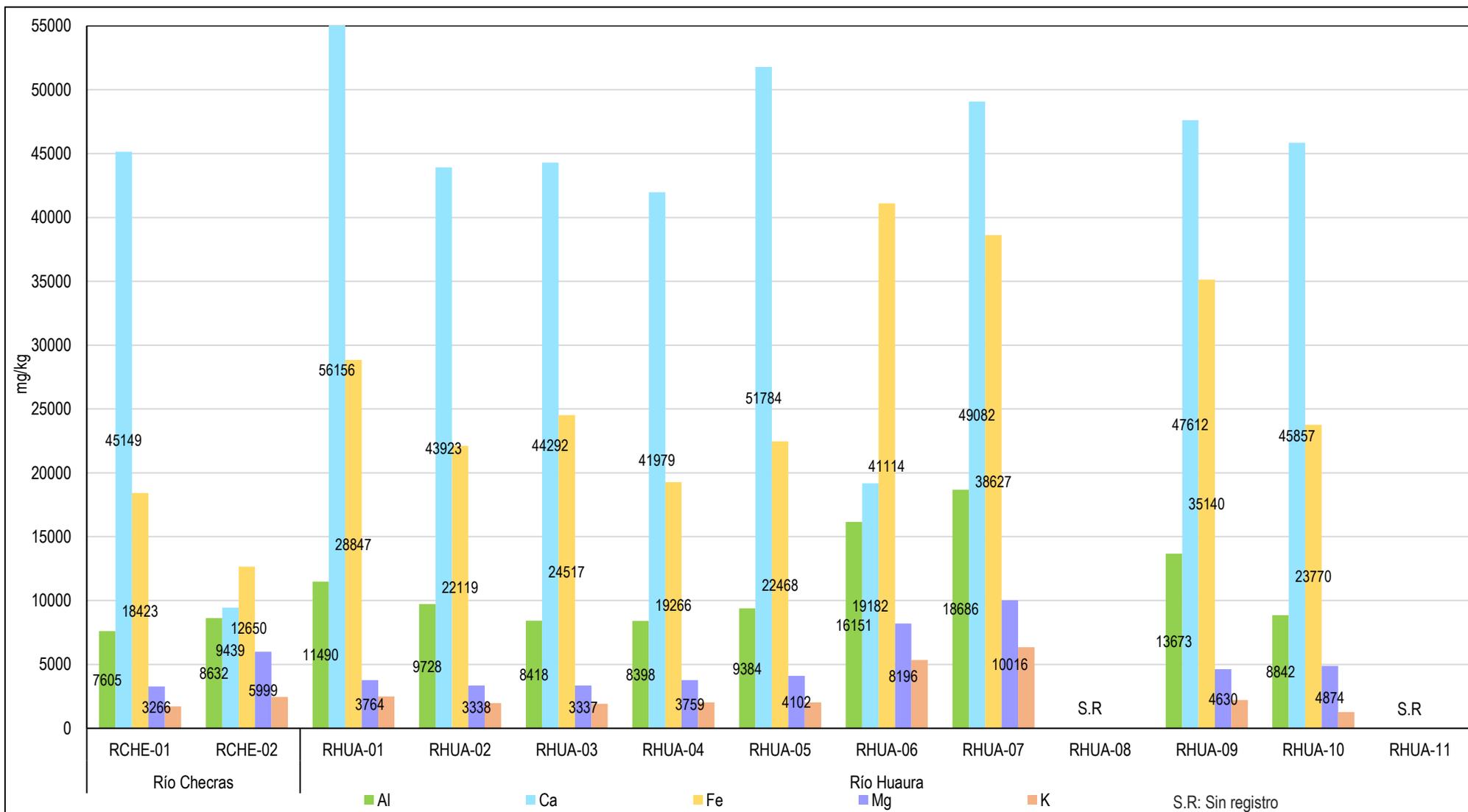


Figura 6.6. Concentraciones de elementos mayores en sedimento de los ríos Checras y Huaura, en setiembre de 2022



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

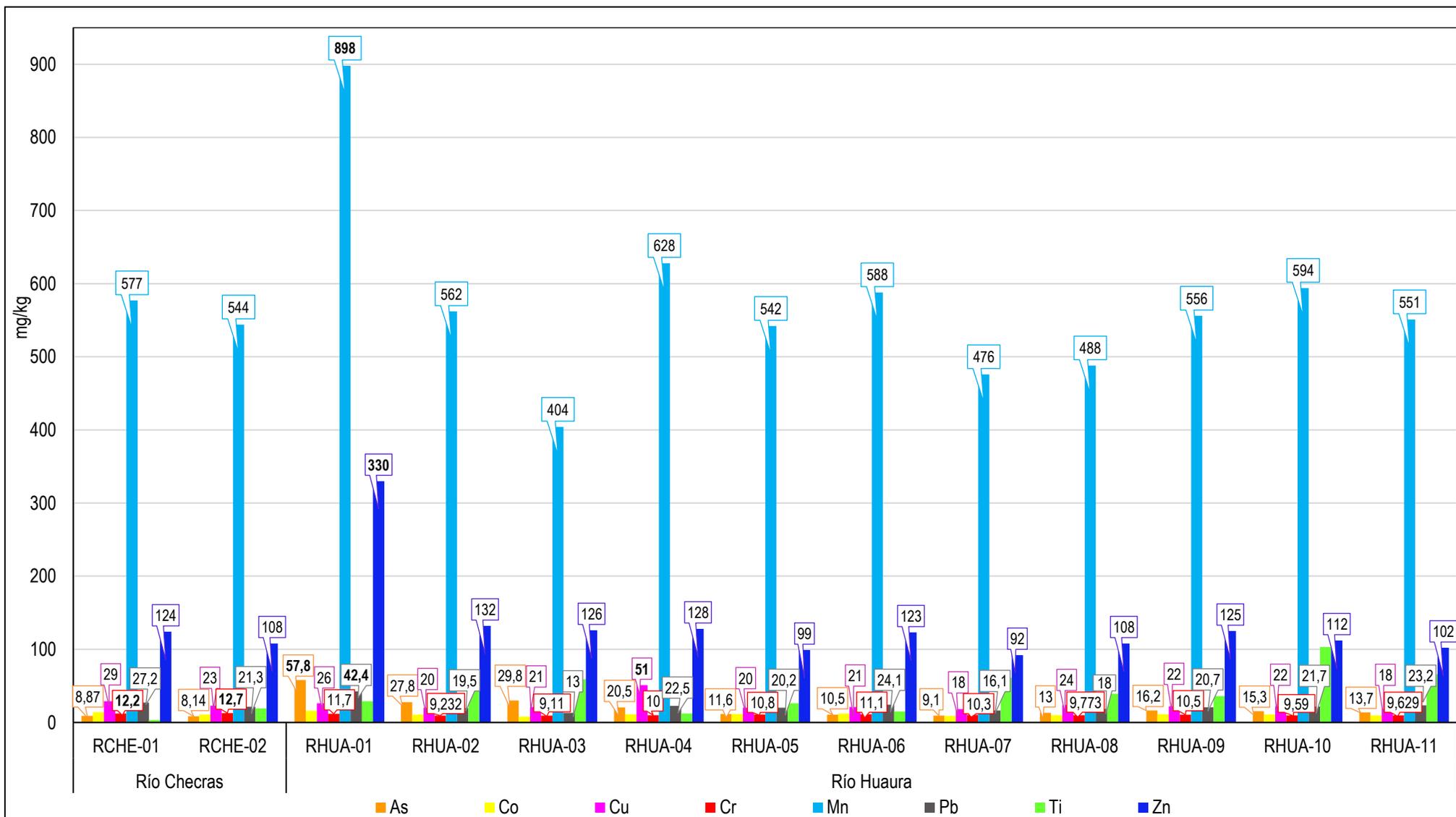


Figura 6.7. Concentraciones de elementos menores en sedimentos de los ríos Checras y Huaura, en abril de 2022



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

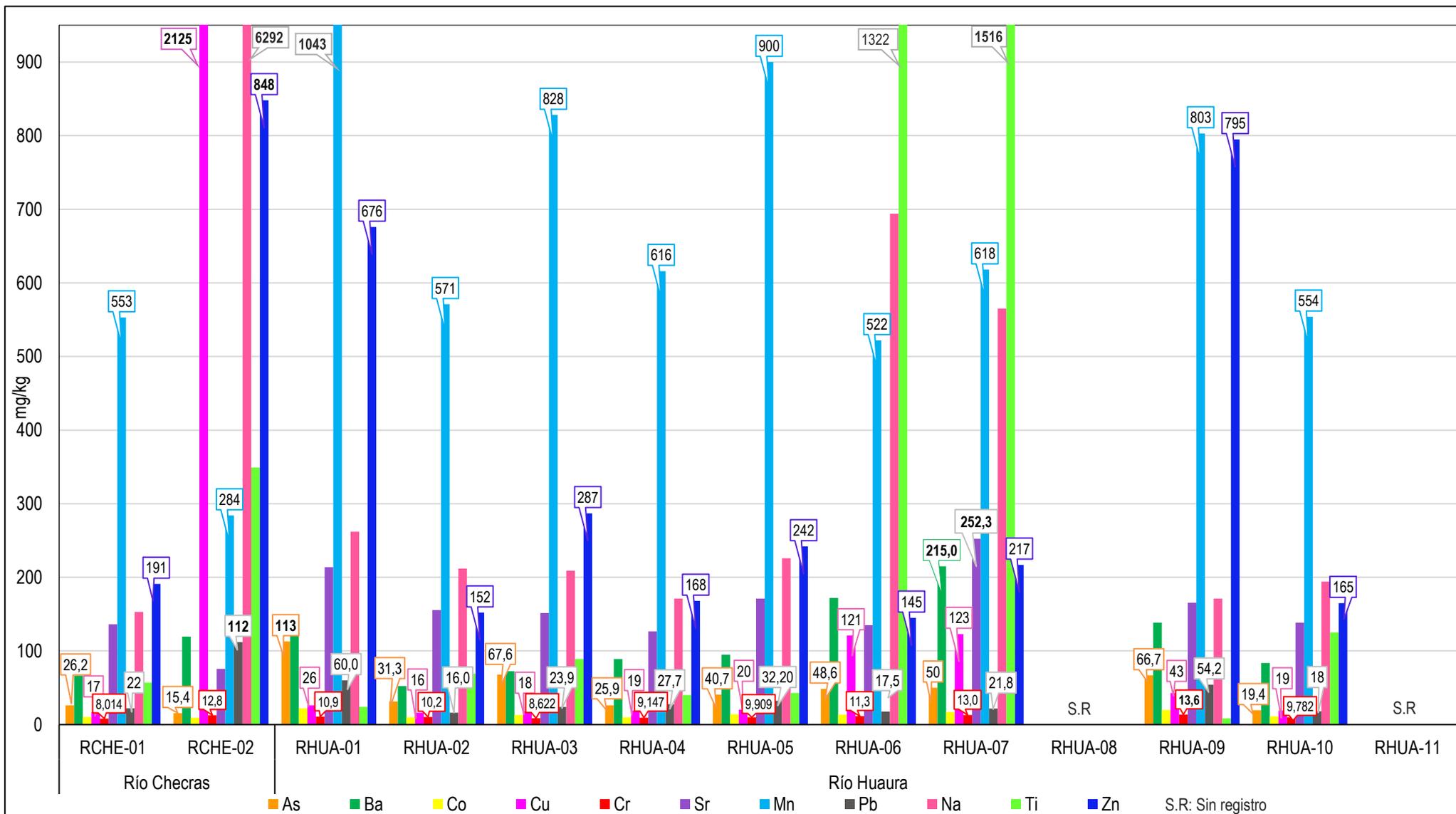


Figura 6.8. Concentraciones de elementos menores en sedimentos de los ríos Checras y Huaura, en setiembre de 2022



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

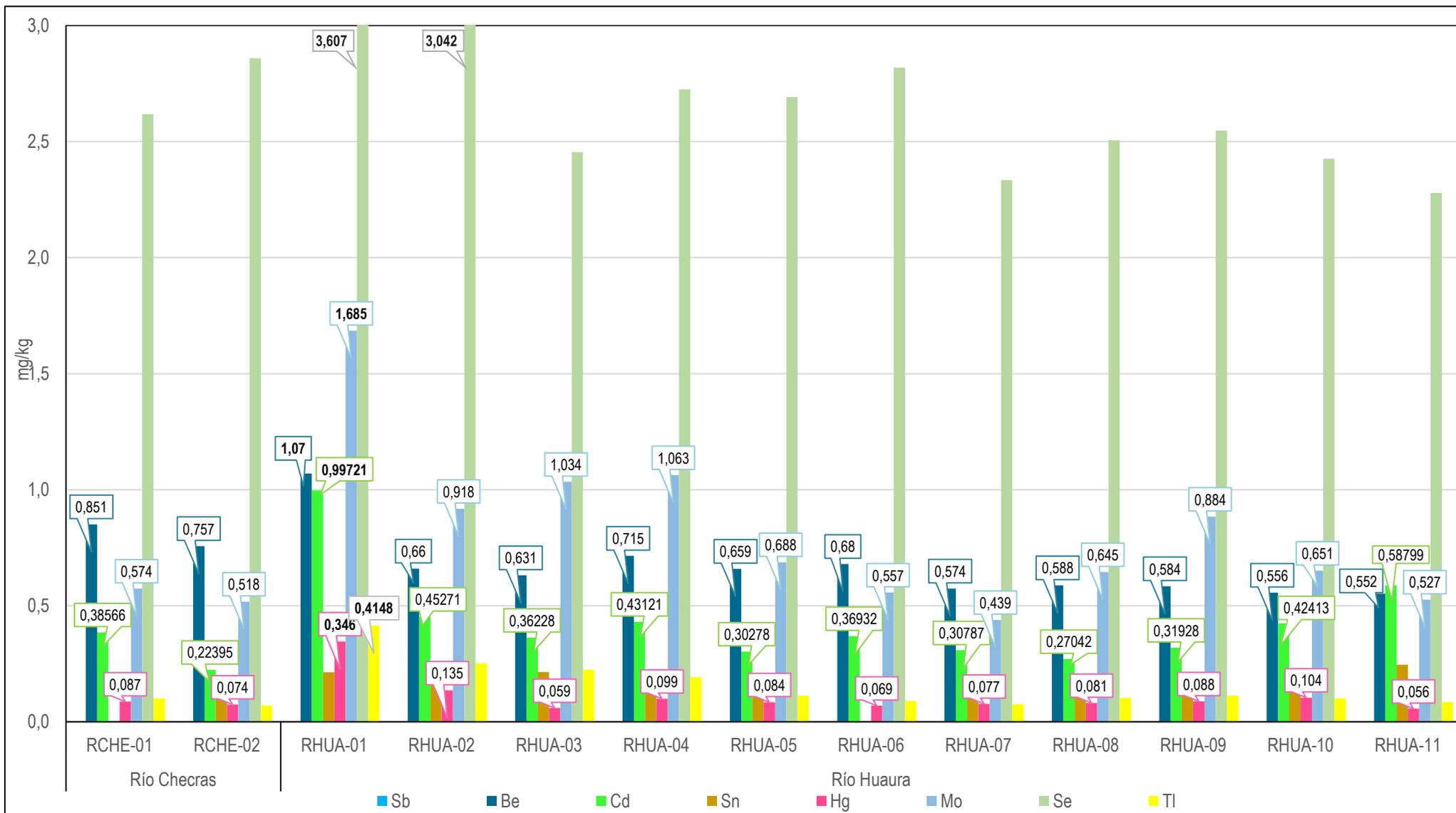


Figura 6.9. Concentraciones de elementos trazas en sedimentos de los ríos Checras y Huaura, en abril de 2022



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

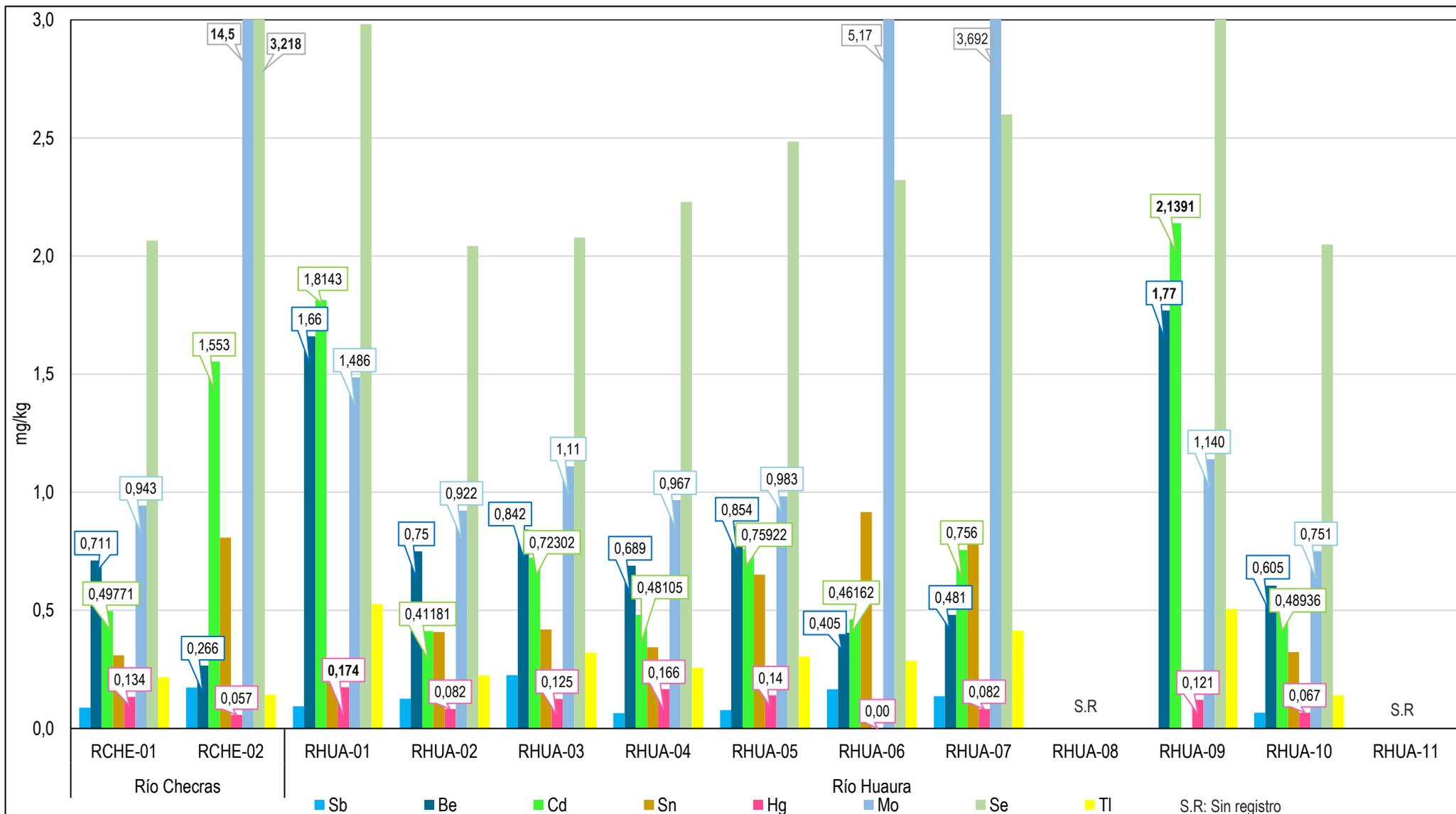


Figura 6.10. Concentraciones de elementos trazas en sedimentos de los ríos Checras y Huaura, en setiembre de 2022

**Comparación de la concentración de metales en sedimento de los ríos Checras y Huaura con los estándares de la guía de calidad ambiental canadiense para sedimento de aguas continentales**

En la Tabla 6.1 se presentan las concentraciones de arsénico, cadmio, cobre, mercurio, plomo y zinc en los sedimentos de los ríos Checras y Huaura, colectados en abril y setiembre de 2022 y su comparación con los valores ISQG y PEL de la CEQG-SQG (en adelante, guía canadiense).

Tabla 6.1. Concentraciones de metales en los sedimentos de los ríos Checras y Huaura comparados con los valores ISQG y PEL de la guía canadiense

Época de muestreo	Punto de muestreo	Nombre	Parámetros						
			Arsénico	Cadmio	Cobre	Cromo	Mercurio	Plomo	Zinc
			mg/kg PS						
Abril -2022	RCHE-01	Río Checras	8,87	0,38566	29,0	12,2	0,087	27,2	124
	RCHE-02		8,14	0,22395	23,0	12,7	0,074	21,3	108
	RHUA-01	Río Huaura	57,8	0,99721	26,0	11,7	0,346	42,4	330
	RHUA-02		27,8	0,45271	20,0	9,232	0,135	19,5	132
	RHUA-03		29,8	0,36228	21,0	9,114	0,059	13	126
	RHUA-04		20,5	0,43121	51,0	10	0,099	22,5	128
	RHUA-05		11,6	0,30278	20,0	10,8	0,084	20,2	99
	RHUA-06		10,5	0,36932	21,0	11,1	0,069	24,1	123
	RHUA-07		9,1	0,30787	18,0	10,3	0,077	16,1	92
	RHUA-08		13	0,27042	24,0	9,773	0,081	18,4	108
	RHUA-09		16,2	0,31928	22,0	10,5	0,088	20,7	125
RHUA-10	15,3		0,42413	22,0	9,593	0,104	21,7	112	
RHUA-11	13,7	0,58799	18,0	9,629	0,056	23,2	102		
Setiembre - 2022	RCHE-01	Río Checras	26,20	0,50	17,0	8,014	0,134	22,00	191,00
	RCHE-02		15,40	1,55	2125,0	12,800	0,057	112,00	848,00
	RHUA-01	Río Huaura	113,00	1,81	26,0	10,900	0,174	60,00	676,00
	RHUA-02		31,30	0,41	6,0	10,200	0,082	16,00	150,00
	RHUA-03		67,60	0,72	18,0	8,622	0,125	23,90	287,00
	RHUA-04		25,90	0,48	19,0	9,147	0,166	27,70	168,00
	RHUA-05		40,70	0,76	20,0	9,909	0,140	32,20	242,00
	RHUA-06		48,60	0,46	121,0	11,300	<0,0010	17,50	145,00
	RHUA-07		50,00	0,76	123,0	13,000	0,082	21,80	217,00
	RHUA-09		66,70	2,14	43,0	13,600	0,121	54,20	795,00
RHUA-10	19,40	0,49	19,0	9,782	0,067	18,00	165,00		
Guía canadiense – CEQG-SQG ^(a)	ISQG ^(b)		5,9	0,6	35,7	37,3	0,17	35	123
	PEL ^(c)		17	3,5	197	90	0,486	91,3	315

(a) *Interim sediment quality guidelines* (ISQG): concentración debajo de la cual no se presentan efectos biológicos adversos.

(b) *Probable Effect Level* (PEL): concentración sobre la cual se encontrarían usualmente efectos biológicos adversos.

«---»: No cuenta con valor para ISQG o PEL.

<: Menor al límite de detección del laboratorio que realizó los análisis. laboratorio AGQ PERÚ S.A.C.

 : Concentraciones que exceden los valores de ISQG.

 : Concentraciones que exceden los valores de ISQG y PEL.



Se evidenció que, en abril de 2022 en los sedimentos de los ríos Huara y Checras en todos los puntos evaluados las concentraciones de arsénico estuvieron por encima del valor ISQG de la guía canadiense; además, en los puntos de monitoreo RHUA-01, RHUA-02, RHUA-03 y RHUA-04 del río Huaura, también sobrepasaron los valores PEL de la referida guía. En cuanto a las concentraciones de cadmio, mercurio y plomo, estas excedieron los valores ISQG de la guía canadiense en el punto RHUA-01; el cobre en el punto RHUA-04 excedió el valor ISQG de la guía canadiense; y en el caso del zinc, en los puntos RCHE-01, RHUA-02, RHUA-03, RHUA-04 y RHUA-09 las concentraciones sobrepasaron el valor ISQG y en el punto RHUA-01 sobrepasó los valores ISQG y PEL de la guía canadiense.

Mientras que, en setiembre de 2022, en todos los puntos evaluados las concentraciones de arsénico sobrepasaron los valores ISQG y PEL de la referida guía, excepto en el punto RCHE-02 que sólo sobrepasa el valor ISQG de la guía canadiense; en cuanto al cadmio en los puntos RCHE-02, RHUA-01, RHUA-03, RHUA-05, RHUA-07 y RHUA-09 excedieron el valor ISQG; para el caso del cobre los puntos RHUA-06, RHUA-07 y RHUA-09 sobrepasaron el valor ISQG y en el punto RCHE-02 los valores ISQG y PEL; en cuanto al mercurio en el punto RHUA-01 excedió el valor ISQG; en cuanto al plomo en los puntos RHUA-01 y RHUA-09 las concentraciones sobrepasaron los valores ISQG y en el punto RCHE-02 los valores ISQG y PEL; y para el zinc en todos los puntos evaluados las concentraciones superaron el valor ISQG, además en los puntos RCHE-02, RHUA-01 y RHUA-09 también excedieron los valores PEL de la guía canadiense.

Respecto a las concentraciones de arsénico en los sedimentos estuvieron en un rango de 8,14 mg/kg a 113,0 mg/kg, con la predominancia a nivel espacial y temporal en el punto RHUA-01 (57,8 y 113,0 mg/kg), seguido de los puntos RHUA-02 (27,8 y 31,30 mg/kg), RHUA-03 (29,8 y 67,60 mg/kg) y RHUA-04 (20,5 y 25,90 mg/kg) que excedieron los valores ISQG y PEL de la guía canadiense. Observándose que en septiembre de 2022 las concentraciones fueron mayores respecto a las concentraciones de abril de 2022 (Figura 6.11).



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

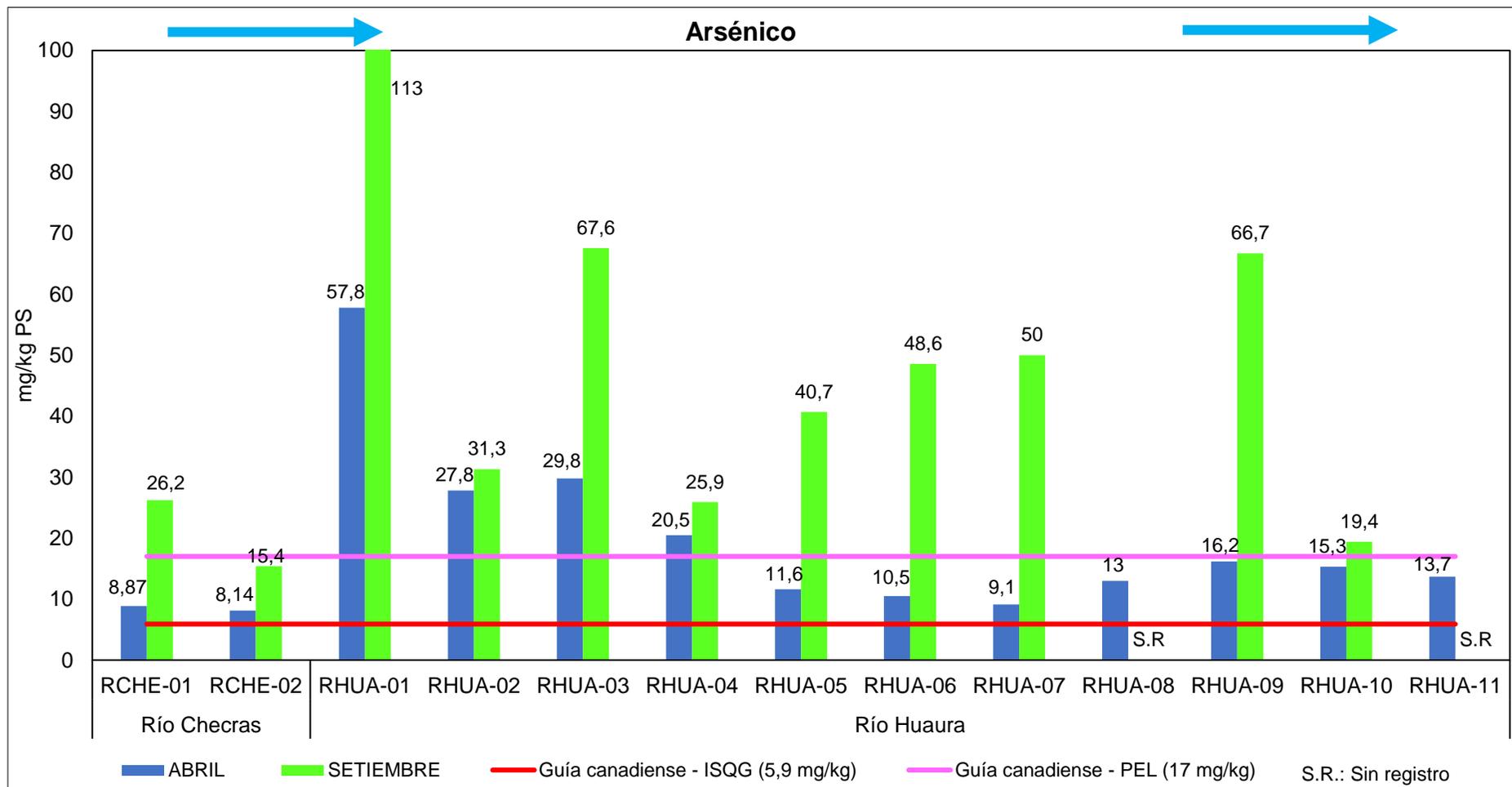


Figura 6.11. Concentraciones de arsénico en sedimentos de los ríos Checras y Huaura en abril y setiembre de 2022 comparados con los valores de la guía canadiense



Las concentraciones de cadmio en los sedimentos estuvieron en un rango de 0,223 mg/kg a 2,139 mg/kg, siendo el punto RHUA-01 (0,9972 mg/kg) obtenido en abril de 2022 el que se encontró por encima del valor ISQG de la guía canadiense; mientras que en setiembre de 2022 fueron en los puntos RCHE-02 (1,553 mg/kg), RHUA-01 (1,814 mg/kg), RHUA-03 (0,723 mg/kg), RHUA-05 (0,759 mg/kg) y RHUA-07 (0,756 mg/kg), y RHUA-08 (2,139 mg/kg) respectivamente (Figura 6.12).

Las concentraciones de cobre en los sedimentos estuvieron en un rango de 0,6 mg/kg a 2125,0 mg/kg, siendo el punto RHUA-04 (51,0 mg/kg) en abril de 2022, donde la concentración se encontró por encima del valor ISQG de la guía canadiense; mientras que en setiembre de 2022 fueron los puntos RHUA-06 (121,0 mg/kg), RHUA-07 (123,0 mg/kg) y RHUA-09 (43,0 mg/kg) sobrepasaron dicho valor. Sin embargo, en el punto RCHE-02 (2125 mg/kg) la concentración se encontró por encima de los valores ISQG y PEL de la guía. (Figura 6.13).

Las concentraciones de mercurio en los sedimentos estuvieron en un rango de 0,056 mg/kg a 0,346 mg/kg, encontrándose solo en el punto RHUA-01 con 0,346 mg/kg en abril y 0,174 mg/kg en setiembre, concentraciones por encima del valor ISQG de la guía canadiense (Figura 6.14).

Las concentraciones de plomo en los sedimentos estuvieron en un rango de 13,0 mg/kg a 112,0 mg/kg, encontrándose por encima de valor ISQG de la guía canadiense en el punto RHUA-01 (42,4 mg/kg) en abril de 2022; y en setiembre de 2022, los puntos RCHE-02 (112,0 mg/kg), RHUA-01 (60,0 mg/kg) y RHUA-08 (54,2 mg/kg). Cabe precisar que, en el punto RCHE-02(112,0 mg/kg) también sobrepasó el valor PEL de la guía (Figura 6.15).

Las concentraciones de zinc en los sedimentos estuvieron en un rango de 92 mg/kg a 848 mg/kg, encontrándose en abril de 2022, concentraciones por encima de los valores ISQG y PEL de la guía canadiense en el punto RHUA-02 (330 mg/kg); mientras que, en setiembre de 2022, fueron los puntos RCHE-02 (848 mg/kg), RHUA-01 (676 mg/kg) y RHUA-08 (795 mg/kg) (Figura 6.16).



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

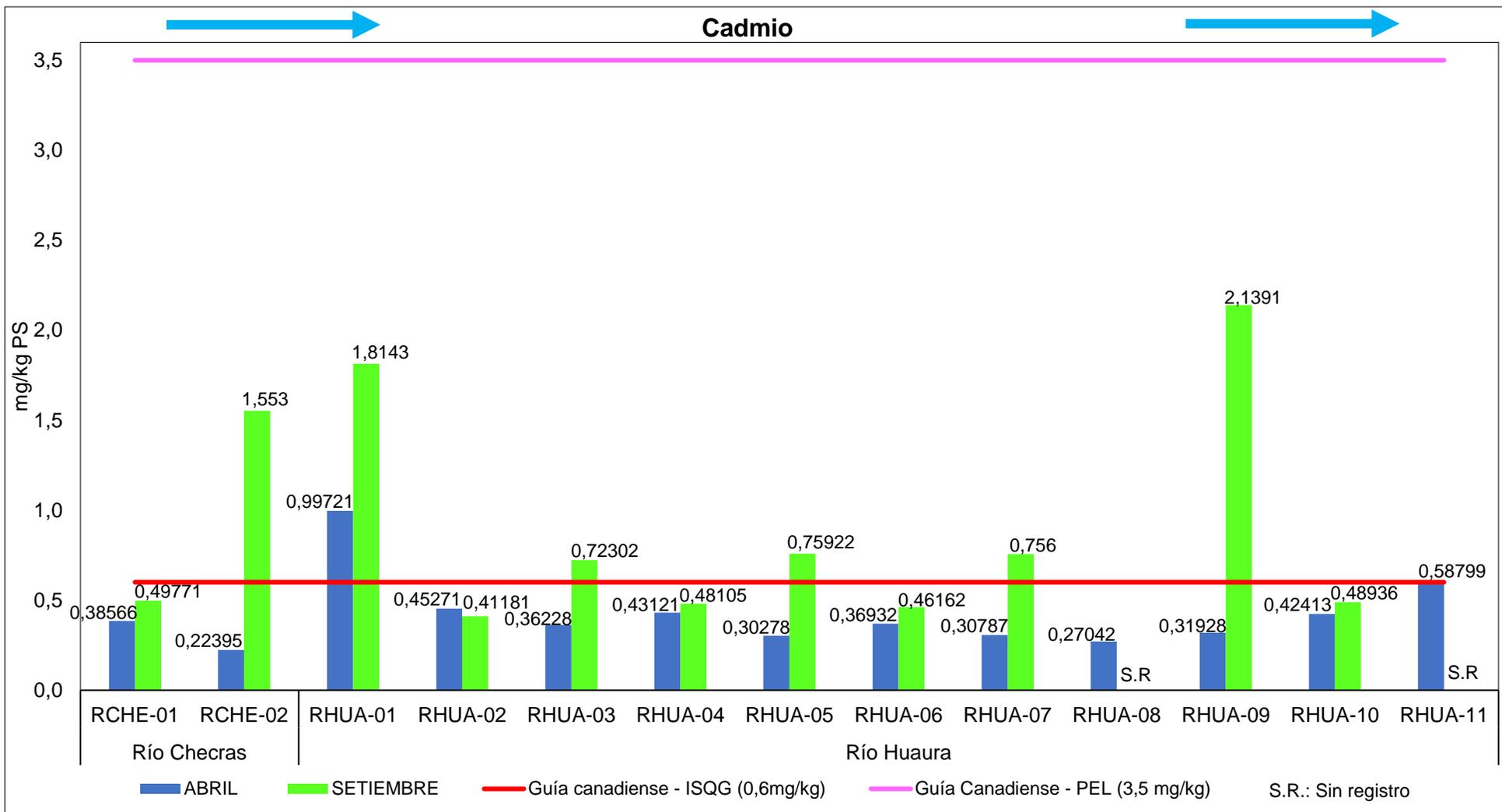


Figura 6.12. Concentraciones de cadmio en sedimentos de los ríos Checras y Huaura en abril y setiembre de 2022 comparados con los valores de la guía canadiense



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

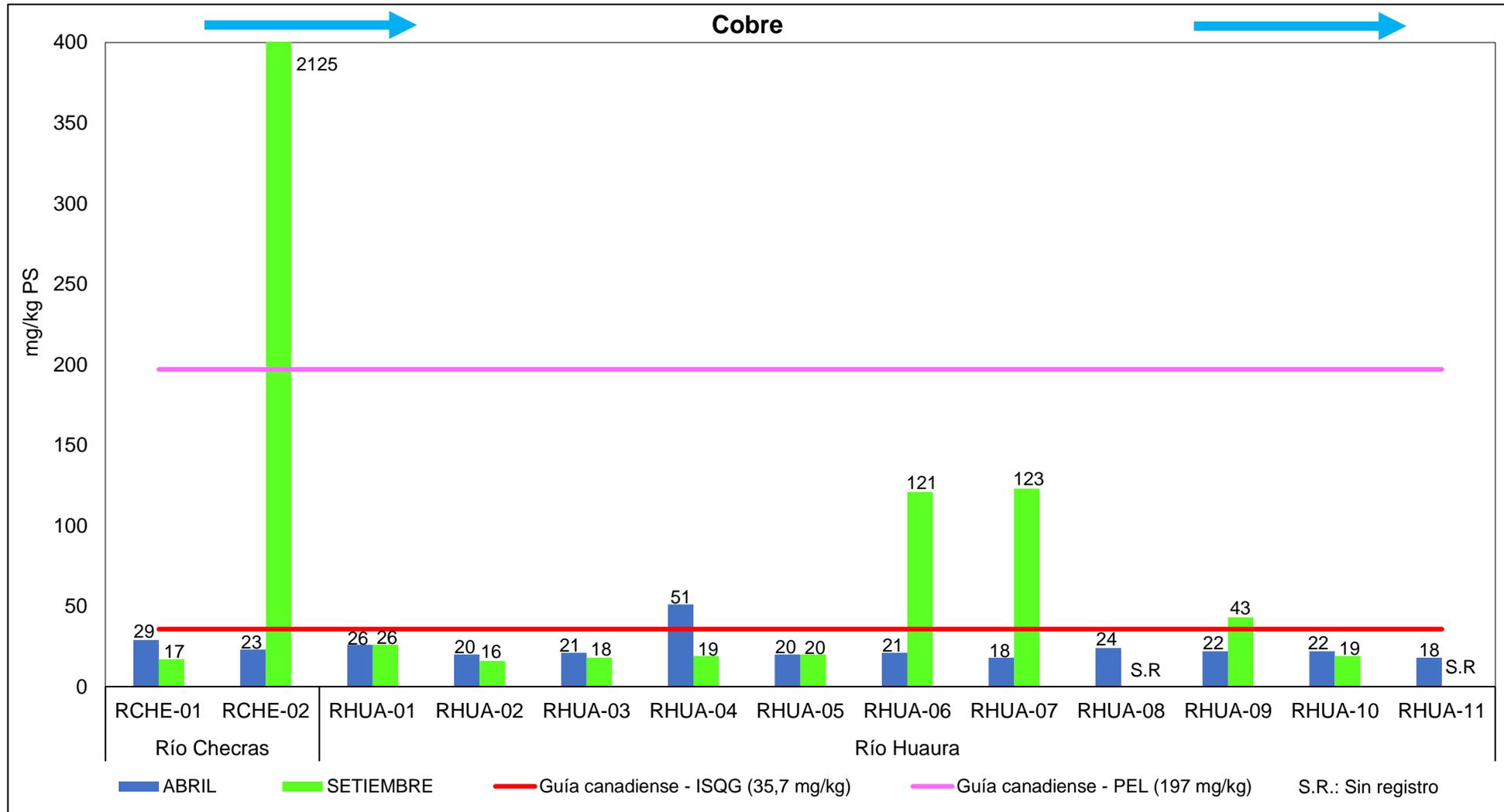


Figura 6.13. Concentraciones de cobre en sedimentos de los ríos Checras y Huaura en abril y setiembre de 2022 comparados con la guía canadiense



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

Mercurio

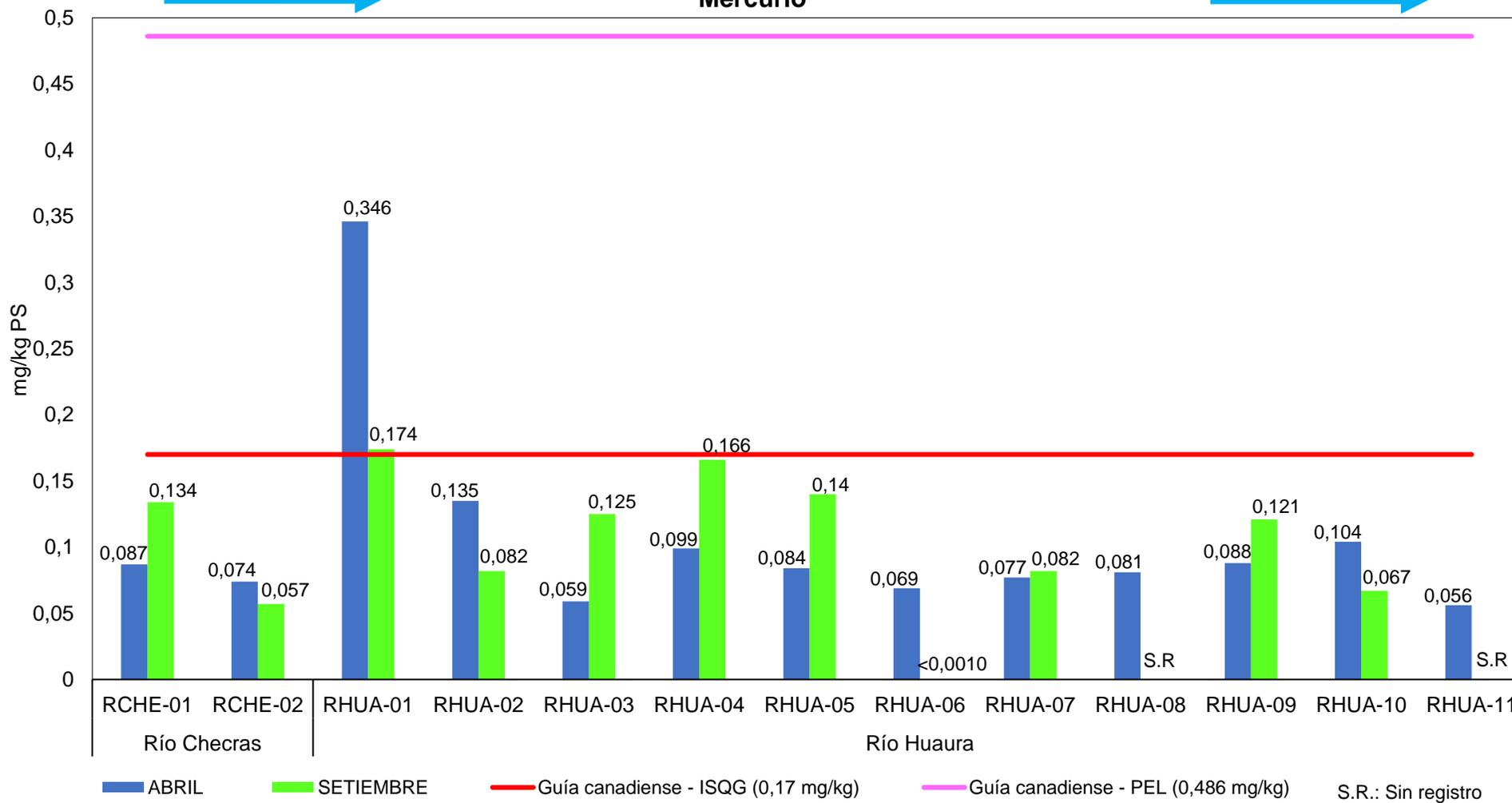


Figura 6.14. Concentraciones de mercurio en sedimentos de los ríos Checras y Huaura, abril y setiembre de 2022 comparados con los valores de la guía canadiense



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

Plomo

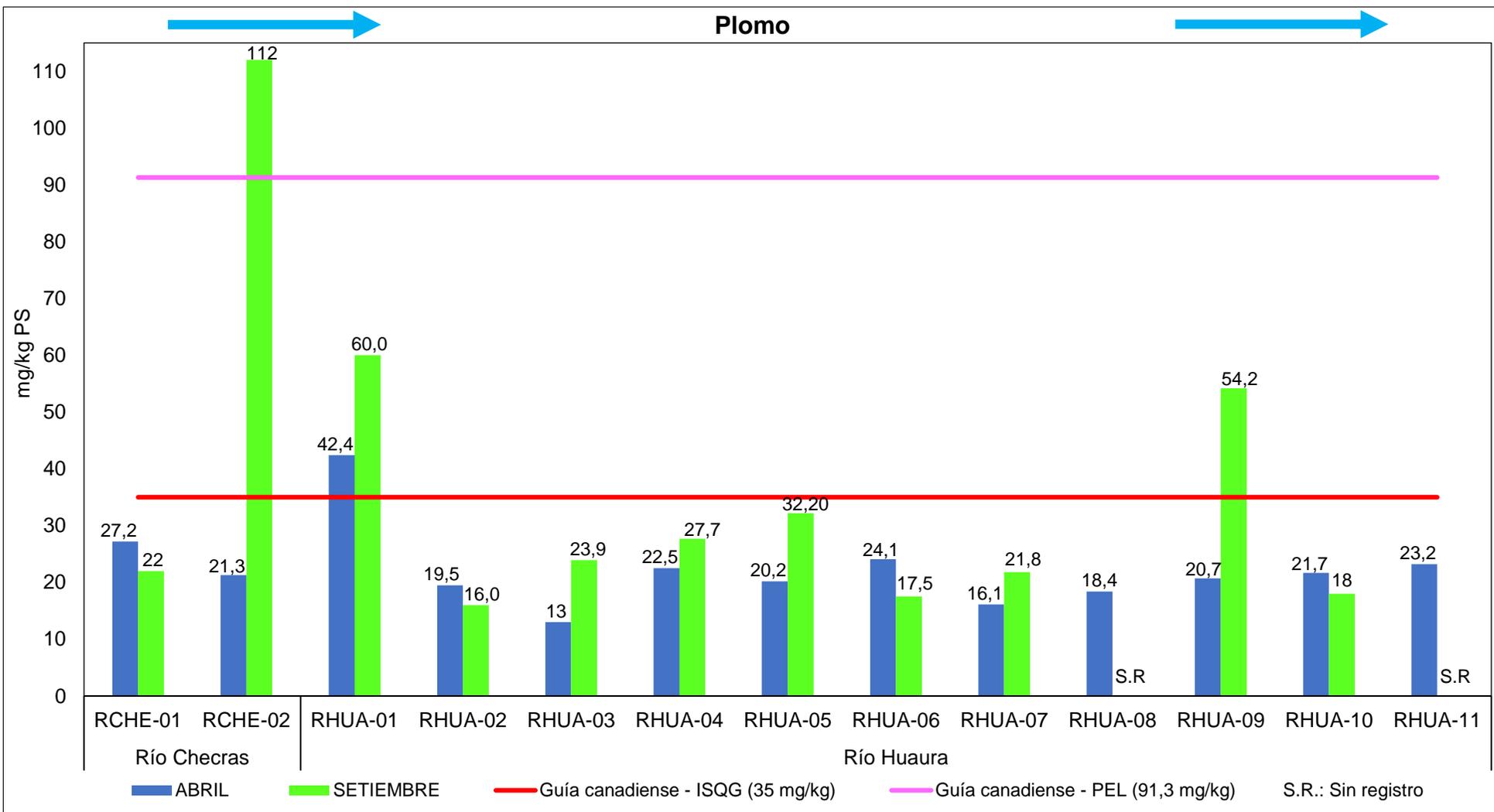


Figura 6.15. Concentraciones de Plomo en sedimentos de los ríos Checras y Huaura en abril y setiembre de 2022 comparados con la guía canadiense



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

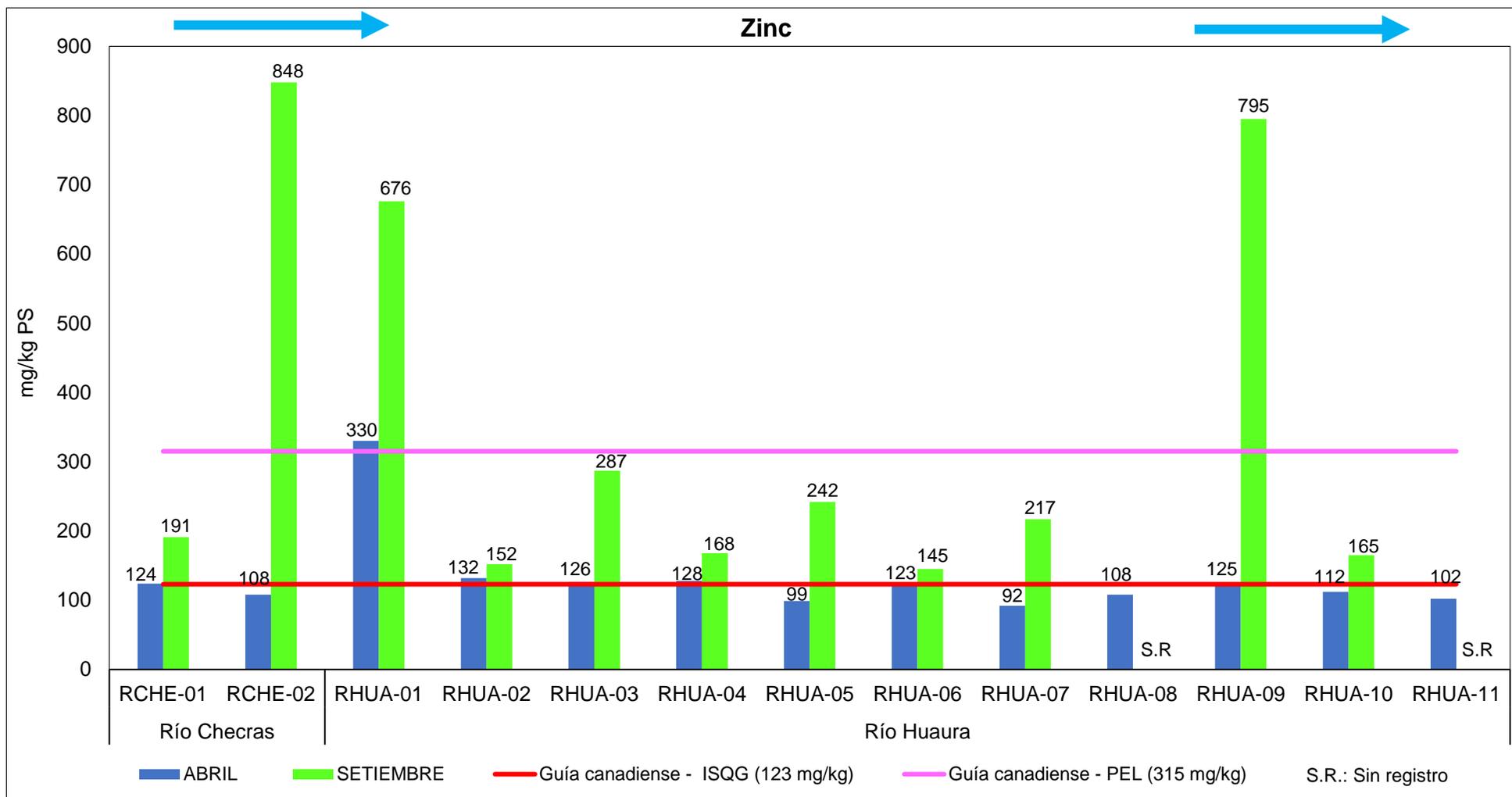


Figura 6.16. Concentraciones de zinc en sedimentos de los ríos Checras y Huaura en abril y setiembre de 2022 comparados con los valores de la guía canadiense



Materia orgánica

El porcentaje de materia orgánica en los sedimentos de los ríos Checras y Huaura, colectados en setiembre de 2022, fueron bajos e inclusive menores al límite de cuantificación del laboratorio, a excepción en los puntos RCHE-01, RHUA-01, RHUA-02, RHUA-07 y RHUA-10, donde variaron desde 0,5 % a 1,8 %. En los sedimentos colectados en abril de 2022 los porcentajes fueron <0,3 % (Figura 6.17).

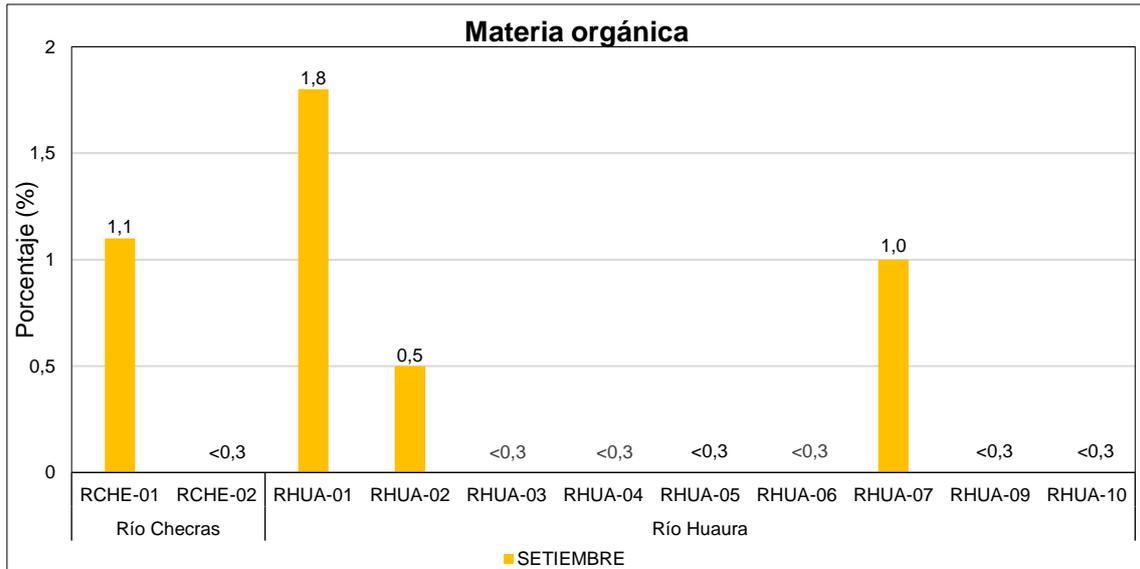


Figura 6.17. Porcentaje de materia orgánica en los sedimentos de los ríos Checras y Huaura, en setiembre de 2022

Nota: Los % de materia orgánica en los sedimentos colectados en los ríos Checras y Huaura en abril de 2022, fueron menores al límite de cuantificación (0,3 %) del método del laboratorio.

Análisis granulométrico

Respecto al análisis granulométrico en los sedimentos colectados en los ríos Checras y Huaura, estos tanto en abril 2022 como en setiembre 2022 mostraron mayor porcentaje de arena y un menor porcentaje en grava y finos (limos y arcillas) (Figura 6.18 y Figura 6.19).

A partir de los resultados obtenidos de las muestras colectadas en abril 2022 se generó las curvas granulométricas que se observan en la Figura 6.20, donde se evidencia que los sedimentos en los puntos de muestreo presentaron semejanzas en su granulometría, a excepción del punto RCHE-02, donde el porcentaje de grava y arena son menores con respecto a los demás puntos de muestreo.



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

Asimismo, con los resultados obtenidos de los sedimentos colectados en setiembre de 2022 se generaron las curvas granulométricas que se observan en la Figura 6.21, donde se evidencia que el sedimento en los puntos de muestreo presenta semejanzas en su granulometría, principalmente en los puntos RCHE-01, RHUA-01, RHUA-04 y RHUA-07.

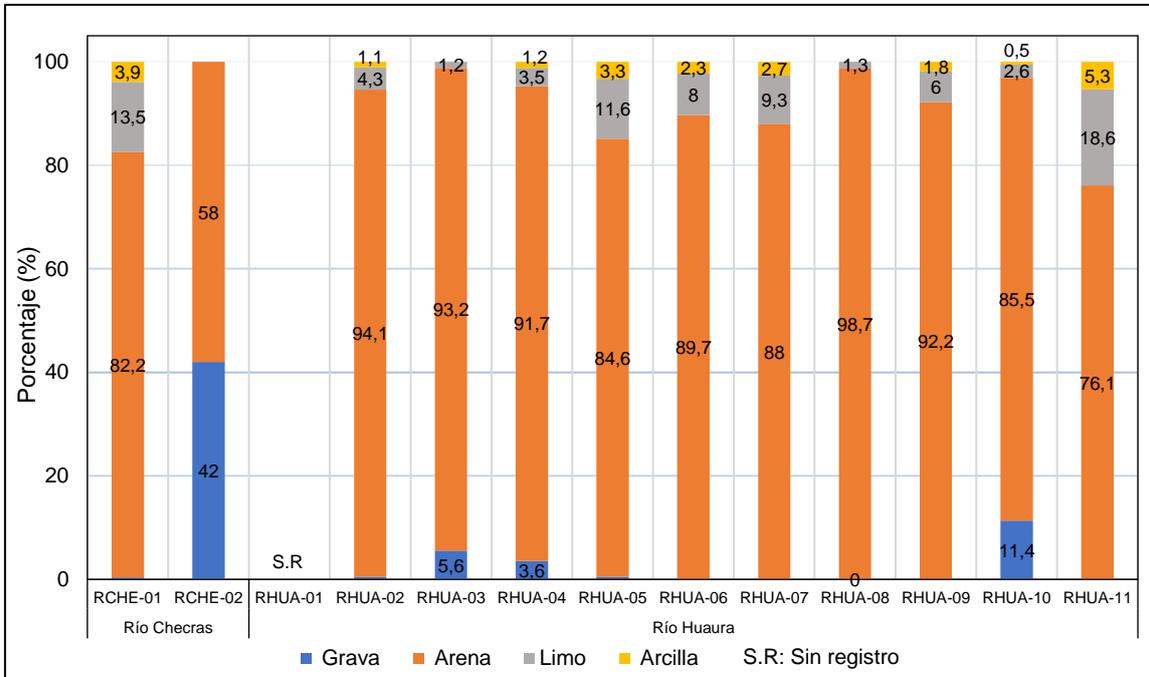


Figura 6.18. Porcentaje de grava, arena, limo y arcilla en sedimentos de los ríos Checras y Huaura, en abril de 2022
Nota: S.R.: sin registro.

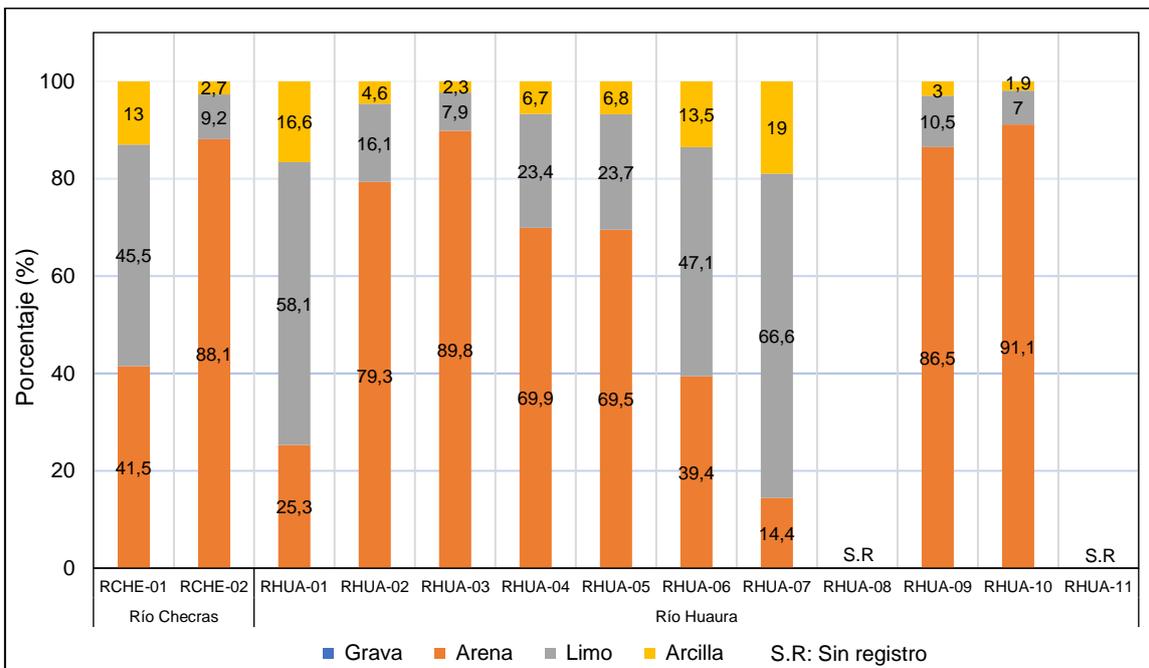


Figura 6.19. Porcentaje de arena, limo y arcilla en sedimentos de los ríos Checras y Huaura, en setiembre de 2022
Nota: S.R.: sin registro.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

Curva granulométrica - abril 2022

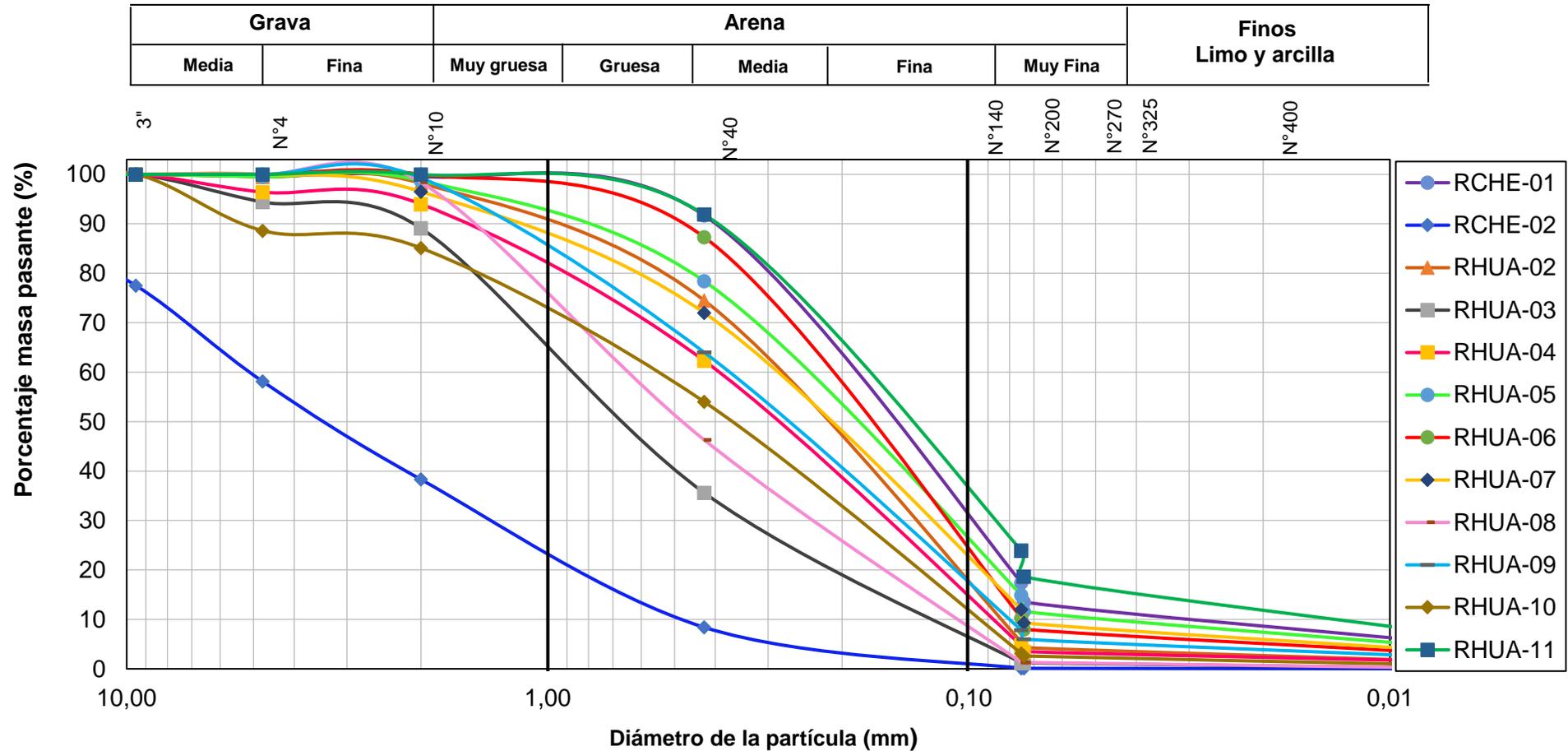


Figura 6.20. Curva granulométrica de sedimento de los ríos Checras y Huaura, en abril de 2022



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

Curva granulométrica - setiembre

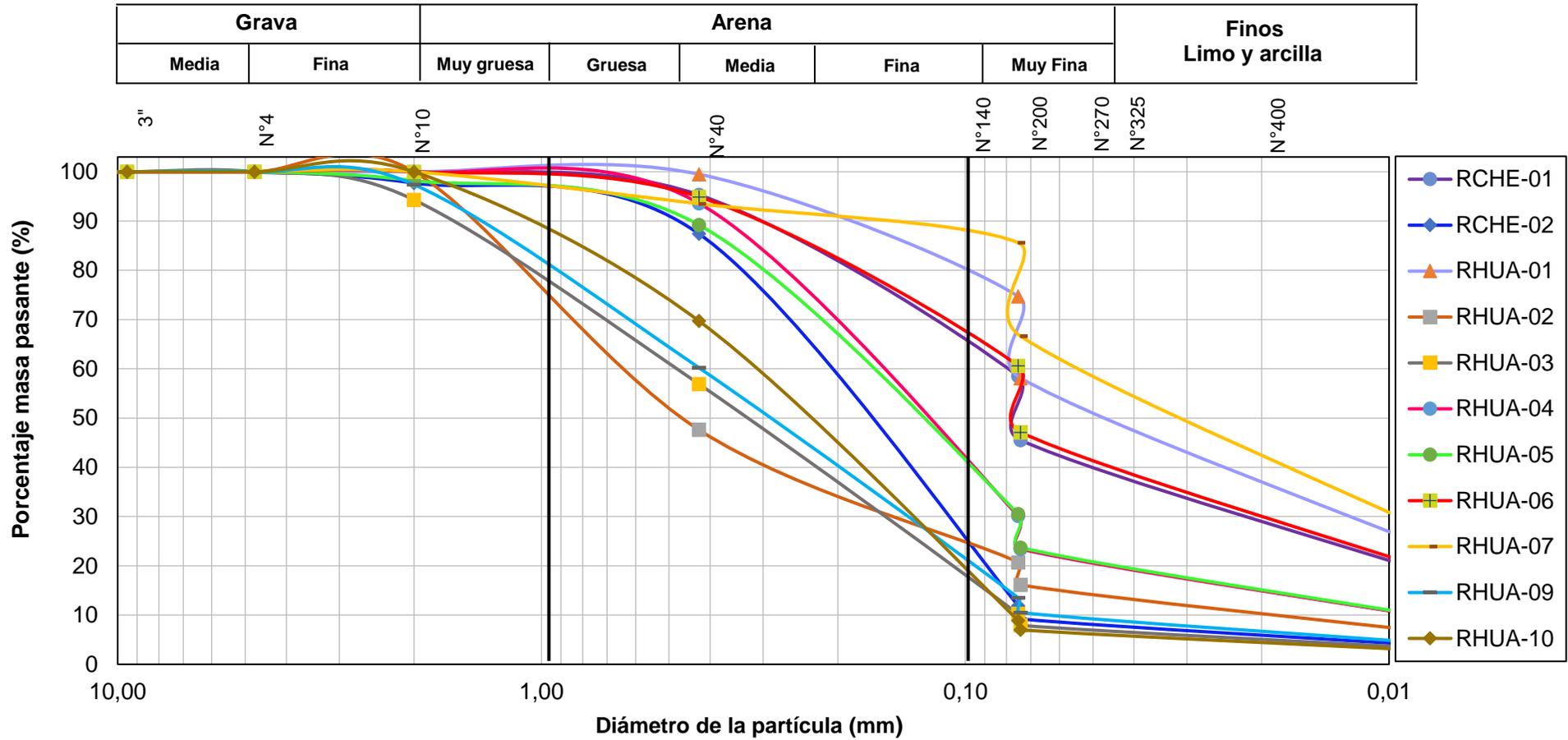


Figura 6.21. Curva granulométrica de sedimento de los ríos Checras y Huaura, en setiembre de 2022



6.1.4. Comunidades hidrobiológicas

En abril y setiembre de 2022 se evaluaron 13 puntos en total: 2 puntos en el río Checras (RCHE-01 y RCHE-02), y 11 puntos en el río Huaura (RHUA-01, RHUA-02, RHUA-03, RHUA-04, RHUA-05, RHUA-06, RHUA-07, RHUA-08, RHUA-09, RHUA-10 y RHUA-11). Se realizaron evaluaciones de perifiton y macroinvertebrados bentónicos.

6.1.4.1. Evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos

Los puntajes del Protocolo simplificado y guía de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CERA-S) (Encalada *et al.*, 2011) de cada punto de muestreo se encuentran en el Anexo 4 (RR-064-2022-STEC). En la Tabla 6.2 se presenta un resumen de dichos resultados.

Tabla 6.2. Características y evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CERA-S) en los ríos Checras y Huaura

Descripción	Mes-2022	1. Estructura y naturalidad de la vegetación de ribera	2. Continuidad de vegetación de la ribera	3. Conectividad de la vegetación de ribera con otros elementos del paisaje adyacentes o próximos	4. Presencia de basuras y escombros	5. Naturalidad del canal fluvial	6. Composición del sustrato	7. Regímenes de velocidad y profundidad del río	8. Elementos de heterogeneidad	9. Puntaje final de calidad hidromorfológica
RCHE-01	Abr	5	3	5	5	5	4	2	2	31
	Set	5	3	5	5	5	4	2	2	31
RCHE-02	Abr	3	3	3	2	1	3	2	1	18
	Set	3	3	3	2	1	3	2	1	18
RHUA-01	Abr	3	1	3	2	1	4	2	1	17
	Set	3	1	3	2	1	4	3	1	18
RHUA-02	Abr	3	3	3	2	1	4	5	3	24
	Set	3	3	3	2	1	4	5	2	23
RHUA-03	Abr	5	5	5	2	5	4	5	1	32
	Set	5	5	5	2	5	4	5	1	32
RHUA-04	Abr	1	1	2	2	5	4	5	1	21
	Set	1	1	2	2	5	4	5	1	21
RHUA-05	Abr	5	3	3	2	5	4	5	1	28
	Set	5	3	3	2	5	4	5	1	28
RHUA-06	Abr	3	1	3	2	5	4	2	1	21
	Set	3	1	3	2	5	4	2	1	21
RHUA-07	Abr	3	3	5	2	5	4	5	1	28
	Set	3	3	5	2	5	4	5	1	28
RHUA-08	Abr	5	3	5	2	5	3	2	1	26
	Set	5	3	5	2	5	3	2	1	26
RHUA-09	Abr	5	3	5	2	5	4	2	1	27
	Set	5	3	5	2	5	4	2	1	27
RHUA-10	Abr	5	3	5	2	5	4	5	1	30
	Set	5	3	5	2	5	4	5	1	30
RHUA-11	Abr	5	5	5	2	5	4	5	3	34
	Set*	-	-	-	-	-	-	-	-	-

CERA: Calidad ecológica de ríos andinos Protocolo simplificado y guía de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CERA-S) (Encalada *et al.*, 2011)

(*) No se realizó la evaluación según lo indicado en el Reporte de Resultados RR-064-2022-STEC (Anexo 4).



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 del perifiton

La composición taxonómica de la comunidad de microalgas del perifiton comprendió a 96 especies de microalgas en total, de las cuales 92 especies fueron registradas en el río Huaura y 37 especies en el río Checras. Asimismo, se registró mayor riqueza en setiembre de 2022 con 73 especies de microalgas mientras que en abril de 2022 se reportó 52 especies. Respecto a la composición porcentual de especies en total, el phylum Bacillariophyta presentó la mayor cantidad de especies de microalgas con el 77,1 % seguido del phylum Cyanobacteria con el 8,3%. Otros phyla con menor número de especies estuvieron conformados por Chlorophyta y Charophyta que registraron el 6,3 % cada uno; y el phylum Euglenozoa con el 2,1 %. La composición comunitaria por meses y total para la comunidad de microalgas del perifiton se encuentra en la Tabla 6.3 y Figura 6.22

Tabla 6.3. Composición comunitaria total de microalgas del perifiton en los ríos Checras y Huaura

Phylum	Abril-2022		Setiembre-2022		Total	
	Morfoespecie	%	Morfoespecie	%	Morfoespecie	%
Bacillariophyta	45	86,5	53	72,6	74	77,1
Chlorophyta	3	5,8	5	6,8	6	6,3
Cyanobacteria	4	7,7	7	9,6	8	8,3
Charophyta	0	0,0	6	8,2	6	6,3
Euglenozoa	0	0,0	2	2,7	2	2,1
Total	52	100	73	100	96	100

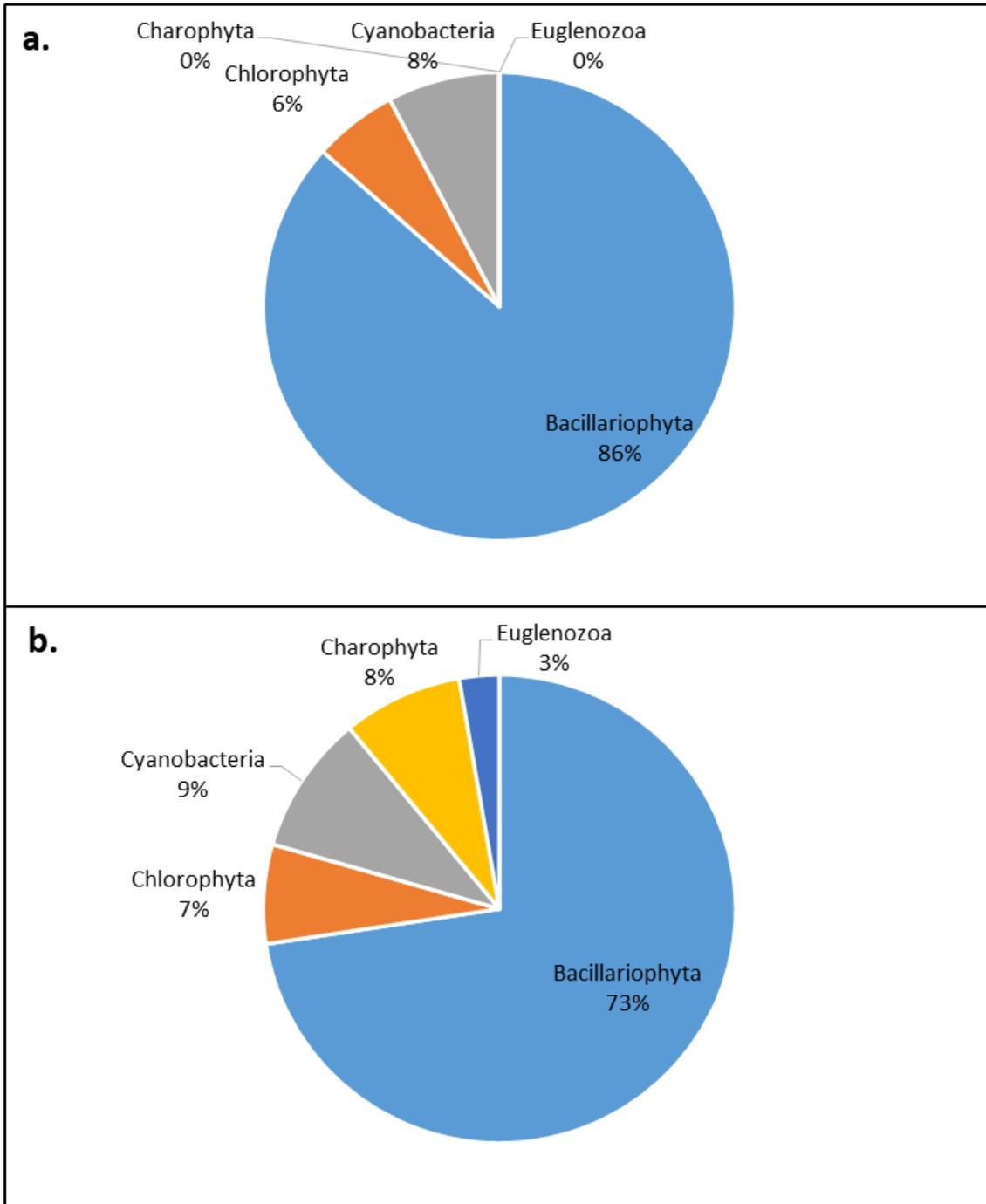


Figura 6.22. Distribución porcentual de la composición de especies de las microalgas del perifiton por phylum en los ríos Checras y Huaura (a. Abril de 2022, b. Setiembre de 2022)

B. Riqueza del perifiton (microalgas)

La riqueza de especies de las microalgas del perifiton en el río Checras varió entre 5 y 26 especies de microalgas registrándose la mayor riqueza en el punto RCHE-01 en abril y setiembre de 2022. En relación a lo encontrado en el río Huaura la riqueza varió entre 12 y 27 especies de microalgas, reportándose para abril 2022 los mayores valores de riqueza de microalgas en los puntos RHUA-01, RHUA-02, RHUA-03, RHUA-09, RHUA-10 y RHUA-11; y para setiembre de 2022 en el punto RHUA-02 (Tabla 6.4 y Figura 6.23).



En el río Checras, el phylum con mayor riqueza fue Bacillariophyta con 80,0 % en RCHE-02 y 93,3 % en RCHE-01 en abril de 2022; y, en setiembre de 2022 con 69,2 % en RCHE-01 y 71,4 % en RCHE-02. Los menores valores de riqueza se observaron en los phyla Charophyta, Chlorophyta y Euglenozoa.

En el río Huaura, también se registró una mayor riqueza del phylum Bacillariophyta desde 81,8 % en RHUA-11 hasta el 100 % en los puntos RHUA-02, RHUA-04, RHUA-08 y RHUA-10 en abril de 2022; y, en setiembre de 2022 desde 69,2 % en el punto RHUA-04 hasta el 100 % en RHUA-01. Los menores valores de riqueza se observaron en los phyla Charophyta, Chlorophyta y Euglenozoa. En la Tabla 6.4 y Figura 6.23 se muestra la riqueza de microalgas del perifiton.

Tabla 6.4. Riqueza de microalgas del perifiton en los ríos Checras y Huaura

Puntos	Mes 2022	S-Bacillariophyta	S-Chlorophyta	S-Cyanobacteria	S-Charophyta	S-Euglenozoa	S-Total	%S-Bacillariophyta	%S-Chlorophyta	%S-Cyanobacteria	%S-Charophyta	%S-Euglenozoa
RCHE-01	Abr	14	0	1	0	0	15	93,3	0,0	6,7	0,0	0,0
	Set	18	1	2	5	0	26	69,2	3,8	7,7	19,2	0,0
RCHE-02	Abr	4	0	1	0	0	5	80,0	0,0	20,0	0,0	0,0
	Set	10	2	0	2	0	14	71,4	14,3	0,0	14,3	0,0
RHUA-01	Abr	23	0	1	0	0	24	95,8	0,0	4,2	0,0	0,0
	Set	18	0	0	0	0	18	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0
RHUA-02	Abr	23	0	0	0	0	23	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Set	21	1	3	1	1	27	77,8	3,7	11,1	3,7	3,7
RHUA-03	Abr	22	1	1	0	0	24	91,7	4,2	4,2	0,0	0,0
	Set	20	1	0	1	1	23	87,0	4,3	0,0	4,3	4,3
RHUA-04	Abr	13	0	0	0	0	13	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Set	9	1	2	1	0	13	69,2	7,7	15,4	7,7	0,0
RHUA-05	Abr	17	1	1	0	0	19	89,5	5,3	5,3	0,0	0,0
	Set	20	1	0	1	0	22	90,9	4,5	0,0	4,5	0,0
RHUA-06	Abr	13	0	2	0	0	15	86,7	0,0	13,3	0,0	0,0
	Set	18	0	1	2	0	21	85,7	0,0	4,8	9,5	0,0
RHUA-07	Abr	13	2	0	0	0	15	86,7	13,3	0,0	0,0	0,0
	Set	20	0	1	0	0	21	95,2	0,0	4,8	0,0	0,0
RHUA-08	Abr	18	0	0	0	0	18	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Set	17	0	2	0	0	19	89,5	0,0	10,5	0,0	0,0
RHUA-09	Abr	22	0	1	0	0	23	95,7	0,0	4,3	0,0	0,0
	Set	9	0	3	0	0	12	75,0	0,0	25,0	0,0	0,0
RHUA-10	Abr	22	0	0	0	0	22	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Set	14	0	4	2	0	20	70,0	0,0	20,0	10,0	0,0
RHUA-11	Abr	18	1	3	0	0	22	81,8	4,5	13,6	0,0	0,0



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

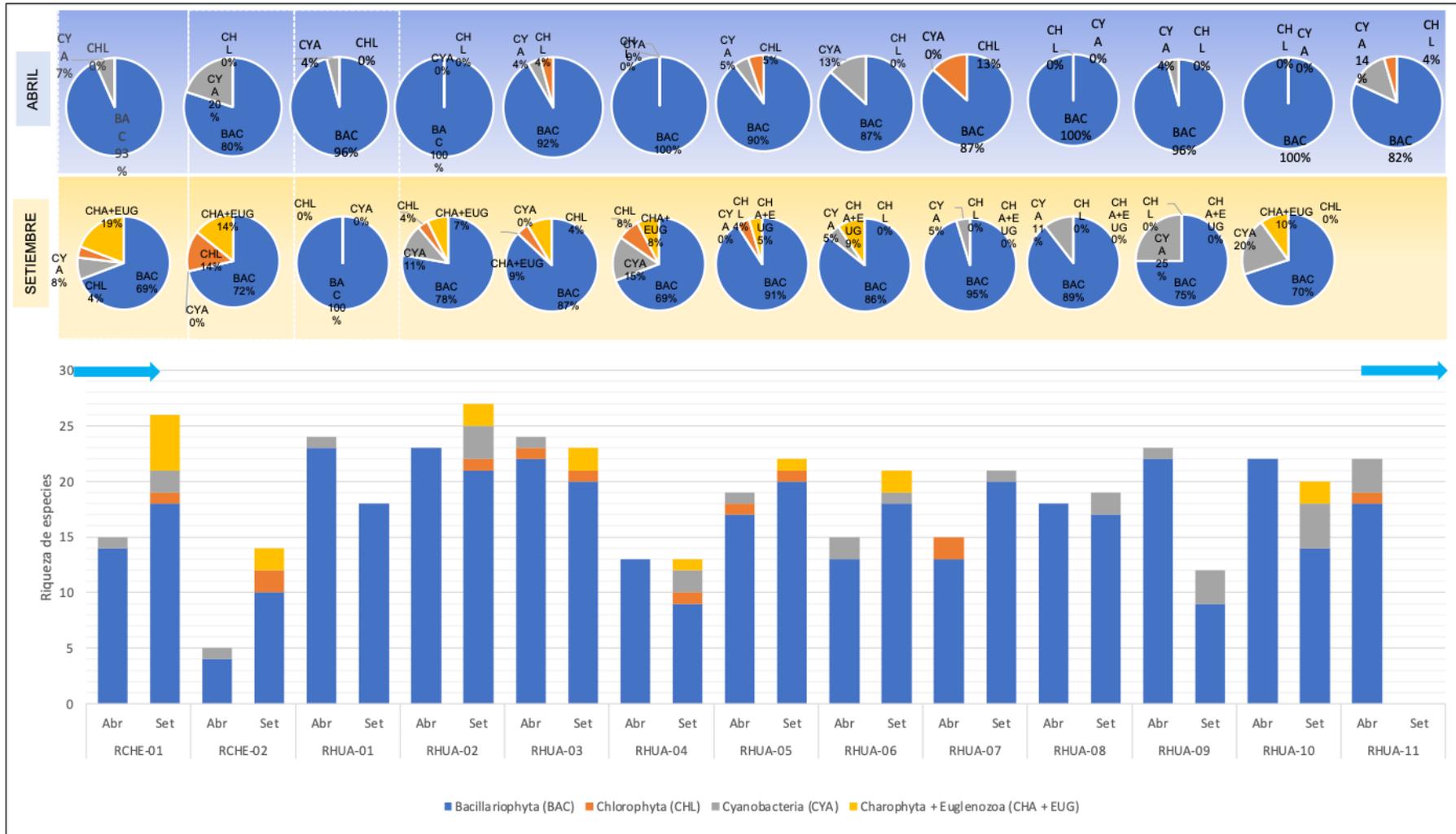


Figura 6.23. Composición de riqueza de microalgas del perifiton en los ríos Checras y Huaura en abril y setiembre de 2022



C. Abundancia del perifiton (microalgas)

La abundancia de microalgas del perifiton en el río Checras varió entre 5920 microalgas/cm² y 318551 microalgas/cm², registrándose la mayor abundancia en el punto RCHE-01 en abril de 2022 y en el punto RCHE-02 en setiembre de 2022. La abundancia de microalgas del perifiton en el río Huaura varió entre 19166 microalgas/cm² y 338499 microalgas/cm², reportándose para abril de 2022 los mayores valores en los puntos RHUA-01, RHUA-02, RHUA-03, RHUA-08, RHUA-09, RHUA-10 y RHUA-11; y durante setiembre de 2022 en RHUA-05 (Tabla 6.5).

En el río Checras, el phylum con mayor abundancia fue Bacillariophyta con 97,9 % en RCHE-01 y 97,3 % en RCHE-02 en abril de 2022; y, en setiembre de 2022 con 93,6 % en RCHE-01 y 99,7 % en RCHE-02, en menor abundancia se registraron los phyla Charophyta, Chlorophyta y Euglenozoa.

En el río Huaura, también se registró una mayor abundancia del phylum Bacillariophyta desde 97,9 % en RHUA-06 hasta 100 % en los puntos RHUA-02, RHUA-04, RHUA-08 y RHUA-10 en el mes de abril; y, en setiembre de 2022 desde 79,1 % en el punto RHUA-09 hasta el 100 % en RHUA-01. En menor abundancia se registraron los phyla Charophyta, Chlorophyta y Euglenozoa. En la Tabla 6.5 y Figura 6.24 se muestra la abundancia de microalgas del perifiton.

Tabla 6.5. Abundancia por phylum de microalgas del perifiton en los ríos Checras y Huaura

Puntos	Mes 2022	N-Bacillariophyta	N-Chlorophyta	N-Cyanobacteria	N-Charophyta	N-Euglenozoa	N-Total	%N-Bacillariophyta	%N-Chlorophyta	%N-Cyanobacteria	%N-Charophyta	%N-Euglenozoa
RCHE-01	Abr	91866	0	2000	0	0	93866	97,9	0,0	2,1	0,0	0,0
	Set	154000	4667	333	5501	0	164501	93,6	2,8	0,2	3,3	0,0
RCHE-02	Abr	5760	0	160	0	0	5920	97,3	0,0	2,7	0,0	0,0
	Set	317501	0	383	667	0	318551	99,7	0,0	0,1	0,2	0,0
RHUA-01	Abr	154001	0	1167	0	0	155168	99,2	0,0	0,8	0,0	0,0
	Set	19166	0	0	0	0	19166	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0
RHUA-02	Abr	174334	0	0	0	0	174334	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Set	107665	6000	167	167	167	114166	94,3	5,3	0,1	0,1	0,1
RHUA-03	Abr	155001	350	1667	0	0	157018	98,7	0,2	1,1	0,0	0,0
	Set	226833	0	200	333	333	227699	99,6	0,0	0,1	0,1	0,1
RHUA-04	Abr	32333	0	0	0	0	32333	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Set	270334	1166	33	167	0	271700	99,5	0,4	0,0	0,1	0,0
RHUA-05	Abr	69920	64	480	0	0	70464	99,2	0,1	0,7	0,0	0,0
	Set	337999	0	167	333	0	338499	99,9	0,0	0,0	0,1	0,0
RHUA-06	Abr	29600	0	640	0	0	30240	97,9	0,0	2,1	0,0	0,0
	Set	139332	1500	0	500	0	141332	98,6	1,1	0,0	0,4	0,0
RHUA-07	Abr	61667	83	0	0	0	61750	99,9	0,1	0,0	0,0	0,0
	Set	185501	667	0	0	0	186168	99,6	0,4	0,0	0,0	0,0
RHUA-08	Abr	126933	0	0	0	0	126933	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Set	59501	10334	0	0	0	69835	85,2	14,8	0,0	0,0	0,0
RHUA-09	Abr	184166	0	667	0	0	184833	99,6	0,0	0,4	0,0	0,0
	Set	49834	13166	0	0	0	63000	79,1	20,9	0,0	0,0	0,0
RHUA-10	Abr	148669	0	0	0	0	148669	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Set	118500	18500	0	334	0	137334	86,3	13,5	0,0	0,2	0,0
RHUA-11	Abr	120320	128	4000	0	0	124448	96,7	0,1	3,2	0,0	0,0



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

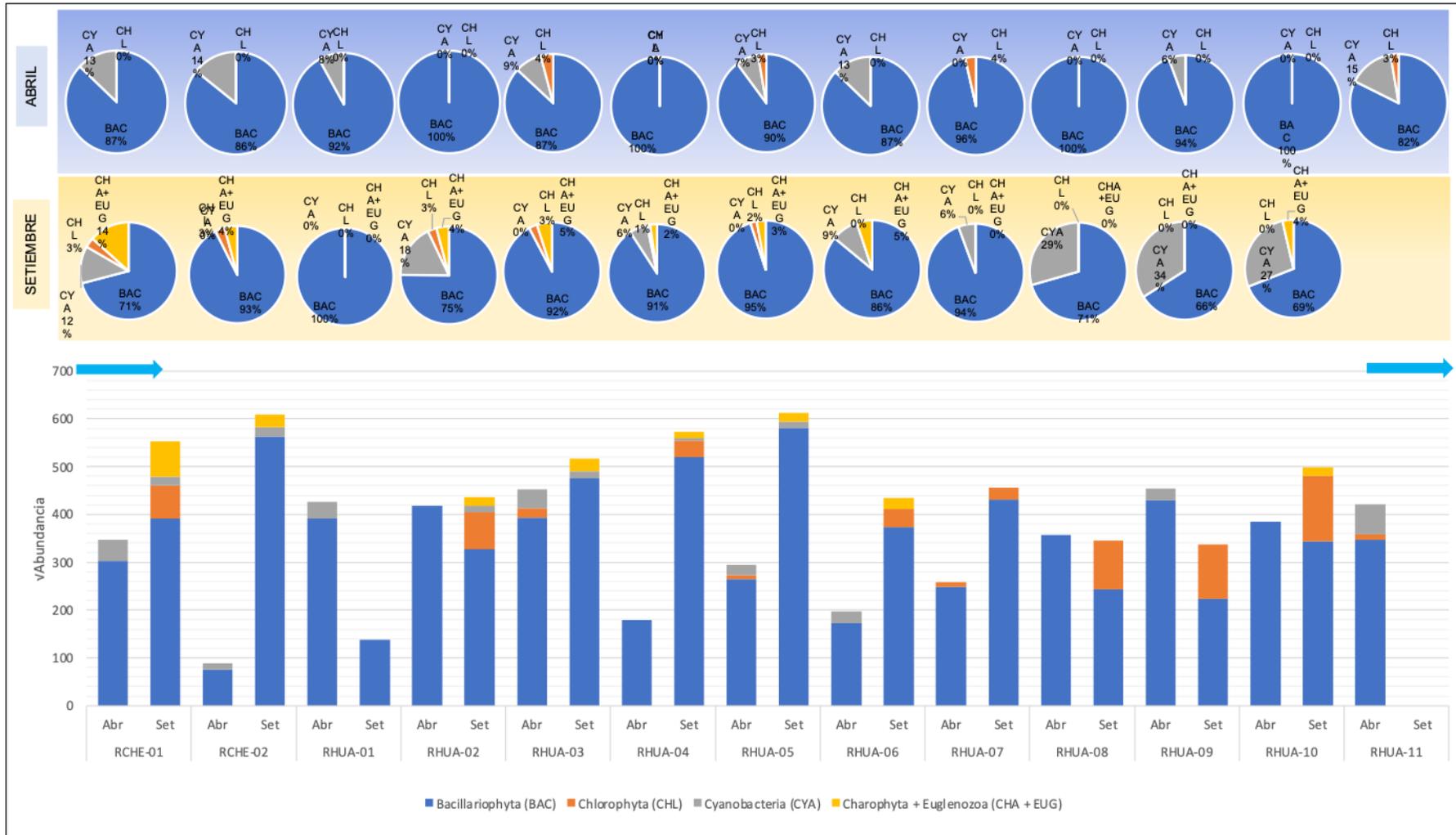


Figura 6.24. Abundancia por taxón de microalgas del perifiton en los ríos Checras y Huaura en abril y setiembre de 2022



D. Índices de diversidad

En el río Checras se registró la mayor dominancia según el índice Berger Parker (d) en el punto RCHE-02 (0,672 unidades) durante abril de 2022; y, en el punto RCHE-01 (0,743 unidades) durante setiembre de 2022. Respecto a lo obtenido con el índice de Shannon-Wiener en abril la mayor diversidad se registró en el punto RCHE-01 (3,123 bits/individuo); y, en setiembre en el punto RCHE-02 (2,226 bits/individuo) (Tabla 6.6 y figuras 6.25 y 6.26).

En el río Huaura se registró la mayor dominancia según el índice Berger Parker (d) en el punto RHUA-07 (0,467 unidades) durante abril de 2022; y, en los puntos RHUA-10 (0,743 unidades) y RHUA-05 (0,728 unidades) durante setiembre de 2022. Respecto a lo obtenido con el índice de Shannon-Wiener durante abril la mayor diversidad se registró en los puntos RHUA-09 (3,731 bits/individuo), RHUA-10 (3,790 bits/individuo) y RHUA-11 (3,700 bits/individuo) mientras que el menor registró fue en el punto RHUA-07 (2,646 bits/individuo). Durante setiembre la diversidad Shannon-Wiener fue mayor en los puntos RHUA-01 (3,616 bits/individuo), RHUA-02 (3,695 bits/individuo) y RHUA-08 (3,435 bits/individuo) mientras que la menor diversidad se reportó en RHUA-10 (1,654 bits/individuo) (Tabla 6.6 y Figuras 6.25 y 6.26).

Tabla 6.6. Índices de diversidad para microalgas del perifiton en los ríos Checras y Huaura

Puntos	Mes-2022	Índice de Berger Parker (d)	Índice de Shannon-Wiener (H' (log ₂))
RCHE-01	Abr	0,270	3,123
	Set	0,743	1,877
RCHE-02	Abr	0,676	1,369
	Set	0,470	2,226
RHUA-01	Abr	0,295	3,442
	Set	0,235	3,616
RHUA-02	Abr	0,232	3,374
	Set	0,275	3,695
RHUA-03	Abr	0,246	3,495
	Set	0,542	2,500
RHUA-04	Abr	0,263	3,159
	Set	0,564	1,923
RHUA-05	Abr	0,422	2,894
	Set	0,728	1,909
RHUA-06	Abr	0,307	3,208
	Set	0,618	2,355
RHUA-07	Abr	0,467	2,646
	Set	0,644	2,201
RHUA-08	Abr	0,255	3,475
	Set	0,310	3,435
RHUA-09	Abr	0,185	3,731
	Set	0,574	2,196
RHUA-10	Abr	0,154	3,790
	Set	0,743	1,654
RHUA-11	Abr	0,225	3,700



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

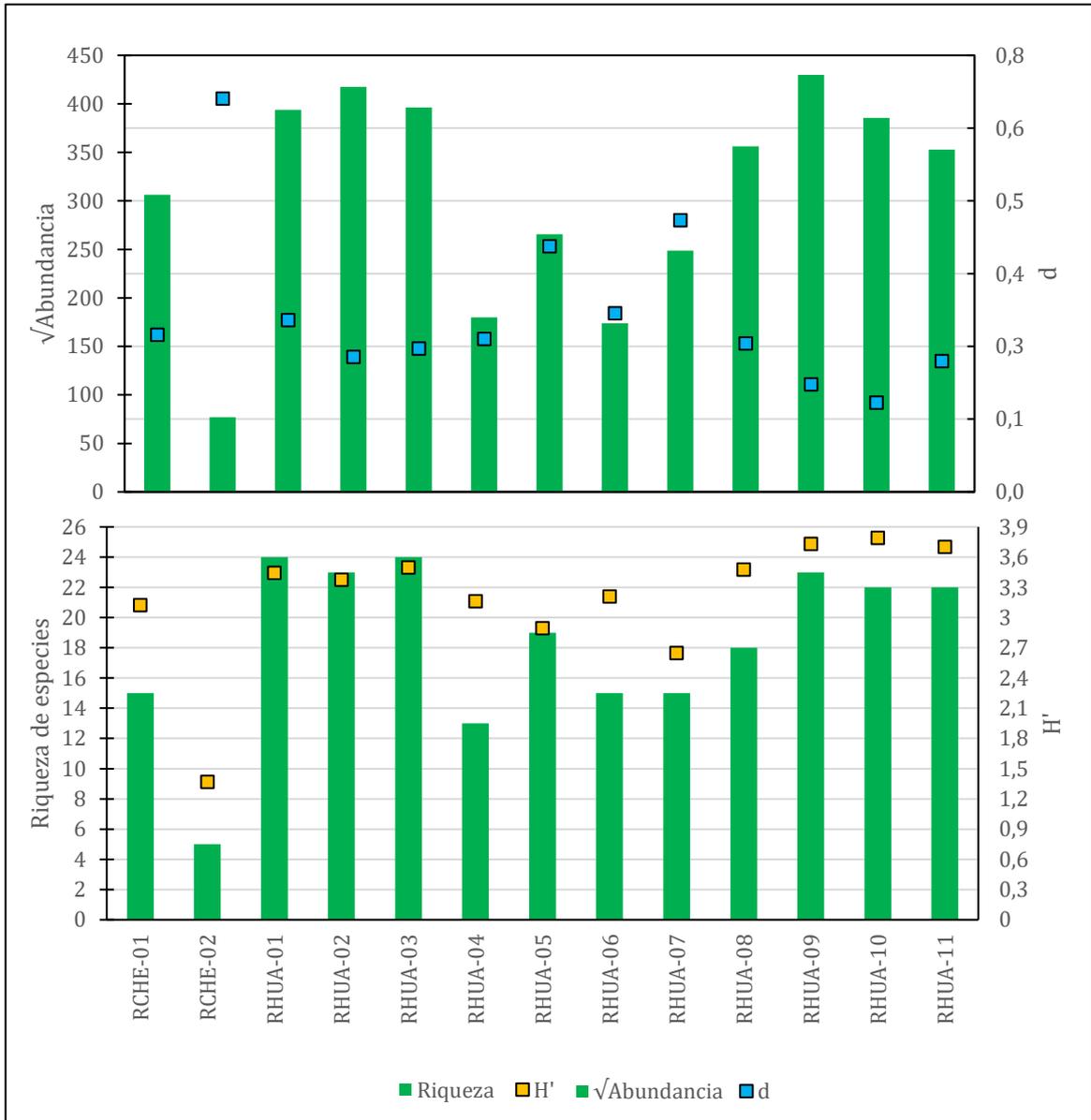


Figura 6.25. Índices de diversidad para microalgas del perifiton en los ríos Checras y Huaura en abril de 2022
Nota: Límites Superiores e Inferiores para H' y d obtenidos mediante *bootstrapping*.



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

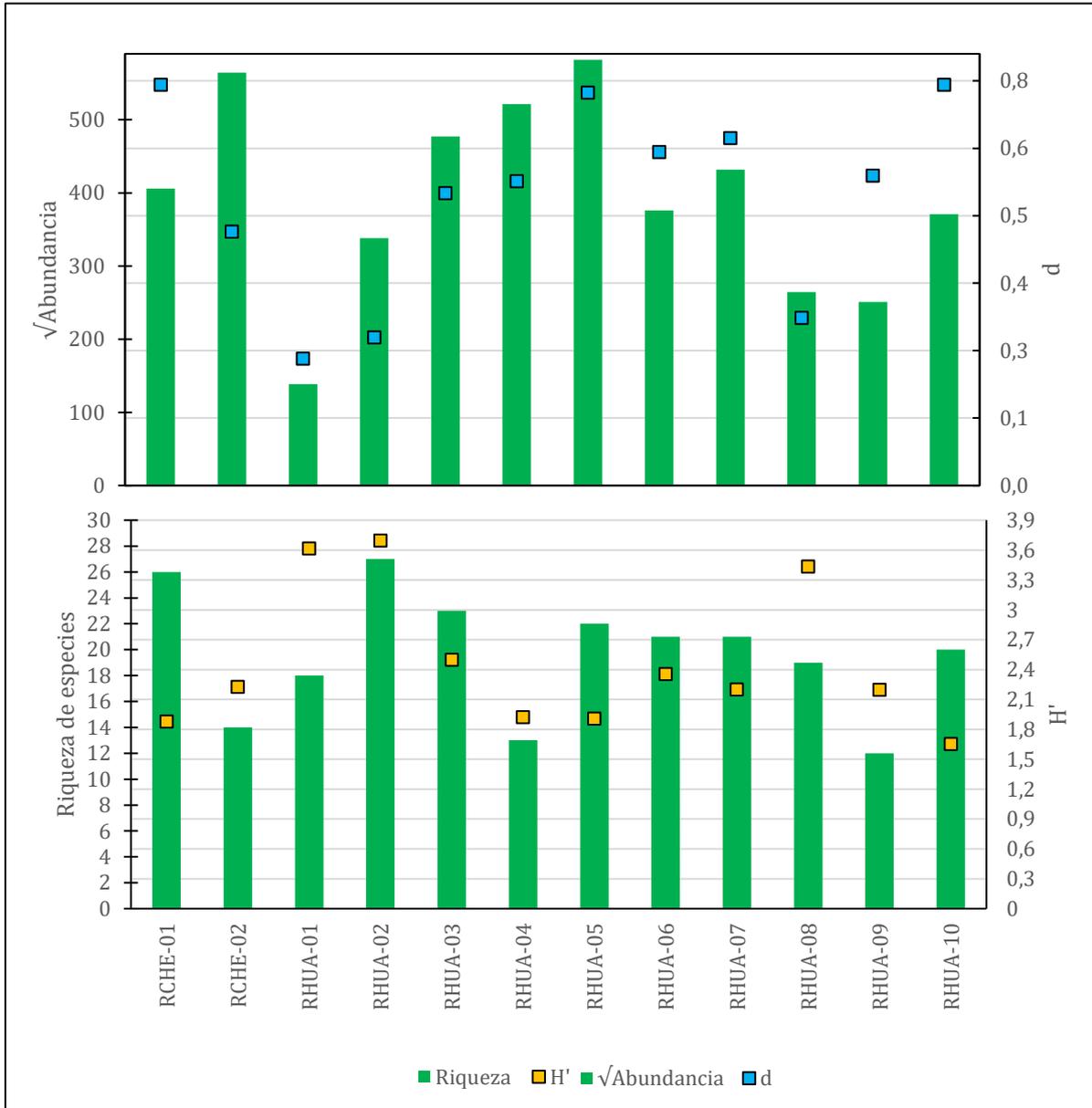


Figura 6.26. Índices de diversidad para microalgas del perifiton en los ríos Checras y Huaura durante setiembre 2022

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

E. Análisis multivariado

La construcción de las 2 dimensiones del escalamiento multidimensional no métrico (Figura 6.27) basado en el índice de similitud de Bray-Cutis entre los puntos de muestreo (Tabla 6.7) permitió visualizar la relación de la estructura comunitaria de las microalgas del perifiton por puntos de muestreo. Se observaron 4 grupos definidos a un 45 % de similaridad, el Grupo 1 formado por los puntos: RHUA-01, RHUA-02, RHUA-03, RHUA-04, RHUA-05, RHUA-06, RHUA-07, RHUA-08, RHUA-09, RHUA-10, RHUA-11 y RCHE-01 todos de abril de 2022; y el Grupo 2 formado por los puntos: RCHE-01, RHUA-01, RHUA-02 y RHUA-03, el Grupo 3 formado por los puntos: RCHE-02, RHUA-04, RHUA-05, RHUA-06 y RHUA-07 y el Grupo 4 formado por los puntos: RHUA-08 y RHUA-09, todos de setiembre de 2022 (Figura 6.27).



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

Tabla 6.7. Índice de similitud de Bray-Curtis para las microalgas del perifiton en los ríos Checras y Huaura

Puntos de muestreo	RCHE-01	RCHE-02	RHUA-01	RHUA-02	RHUA-03	RHUA-04	RHUA-05	RHUA-06	RHUA-07	RHUA-08	RHUA-09	RHUA-10	RHUA-11
ABRIL 2022													
RCHE-01	100												
RCHE-02	41,359	100											
RHUA-01	58,880	17,741	100										
RHUA-02	61,126	17,838	72,280	100									
RHUA-03	44,939	17,193	75,545	68,069	100								
RHUA-04	76,738	41,425	50,720	52,131	36,488	100							
RHUA-05	49,699	22,885	65,880	61,420	62,427	50,915	100						
RHUA-06	46,012	26,020	53,715	50,735	48,212	48,390	41,660	100					
RHUA-07	43,008	19,410	42,010	40,031	33,550	42,905	37,992	58,633	100				
RHUA-08	66,426	29,645	52,249	57,768	42,717	57,036	38,473	55,122	47,561	100			
RHUA-09	63,206	24,101	56,768	56,798	42,226	53,684	47,049	49,842	41,180	72,163	100		
RHUA-10	54,186	19,668	59,432	52,961	51,442	44,293	38,850	47,481	42,959	69,075	71,472	100	
RHUA-11	51,723	25,559	53,204	50,109	52,895	43,841	39,678	57,592	32,553	67,479	67,456	78,278	100
SETIEMBRE 2022													
RCHE-01	100												
RCHE-02	43,632	100											
RHUA-01	42,618	33,346	100										
RHUA-02	54,691	36,045	61,957	100									
RHUA-03	48,438	38,515	41,735	54,964	100								
RHUA-04	36,465	65,429	36,237	32,062	36,428	100							
RHUA-05	44,371	51,207	41,776	46,702	46,237	53,795	100						
RHUA-06	39,839	51,896	32,965	45,451	46,599	43,605	68,500	100					
RHUA-07	41,773	43,593	43,743	46,714	45,021	56,738	62,264	52,446	100				
RHUA-08	36,183	25,232	43,968	33,835	33,257	36,503	28,747	26,553	30,597	100			
RHUA-09	28,360	25,703	37,327	26,425	29,955	39,822	24,681	14,506	26,395	56,794	100		
RHUA-10	38,295	21,851	30,176	22,166	27,682	37,224	25,400	27,473	37,072	44,935	44,232	100	
RHUA-11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

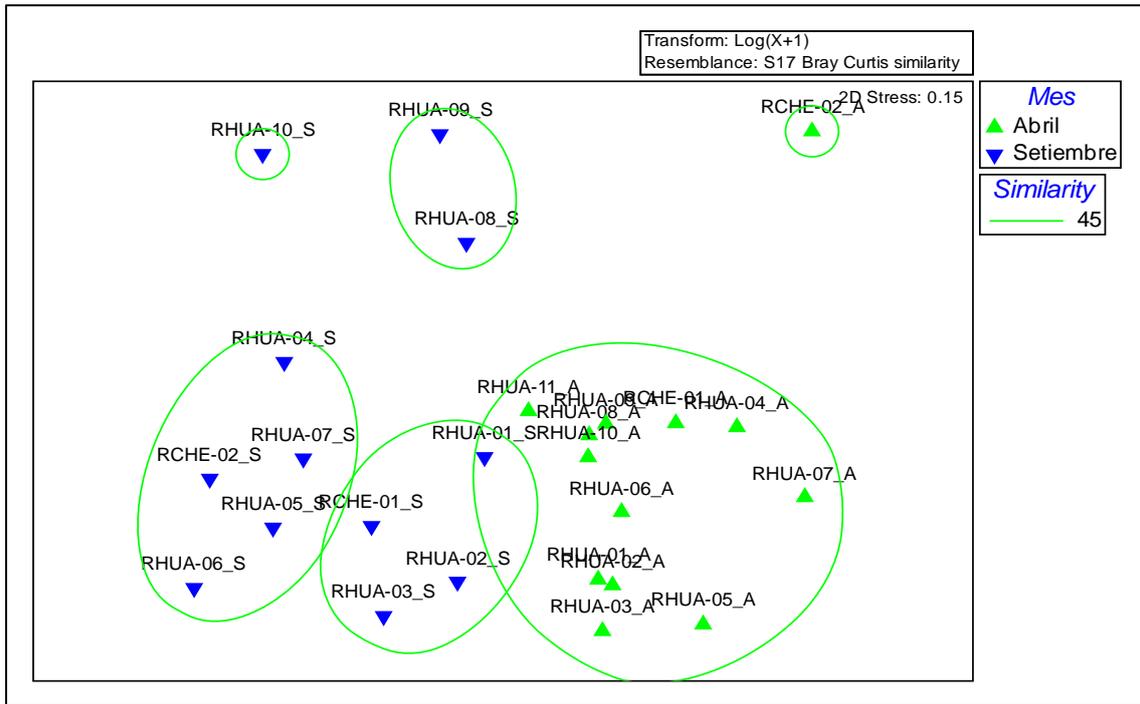


Figura 6.27. Escalamiento multidimensional no métrico para la comunidad de microalgas del perifiton por meses (A: abril 2022, S: setiembre 2022) en los ríos Checras y Huaura

6.1.4.3. Macroinvertebrados bentónicos (MIB)

A. Composición comunitaria de los MIB

La composición taxonómica de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos comprendió a 45 especies en total, de las cuales 44 especies fueron registradas en el río Huaura y 28 especies en el río Checras. Asimismo, respecto al total de especies registradas en el área de evaluación la mayor riqueza se obtuvo para setiembre de 2022 con 37 especies de macroinvertebrados bentónicos mientras que para abril de 2022 se reportó 25 especies. Respecto a la composición porcentual de especies en total, el orden Diptera presentó la mayor cantidad de especies de macroinvertebrados bentónicos con el 42,22 % seguido del orden Coleoptera con el 22,22 % y el orden Ephemeroptera con 13,33 %.

Respecto a la composición porcentual de especies en total, el orden Diptera presentó la mayor cantidad de especies de macroinvertebrados bentónicos con el 42,22 % seguido del orden Coleoptera con el 22,22 % y el orden Ephemeroptera con 13,33 %. Otros taxones con menor número de especies estuvieron conformados por Megaloptera, Odonata, Trichoptera, Plecoptera, Basommatophora, Tricladida y Clitellata.

La composición comunitaria total y por meses para la comunidad de macroinvertebrados bentónicos se encuentra en la Tabla 6.8 y Figura 6.28.

Tabla 6.8. Composición comunitaria total de los MIB en los ríos Checras y Huaura

Table with 9 columns: Phylum, Clase, Orden, April 2022 (Morphospecies, %), September 2022 (Morphospecies, %), Total (Morphospecies, %). Rows include Annelida and Arthropoda (Insecta) with sub-rows for Coleoptera, Diptera, Ephemeroptera, Megaloptera, and Odonata.



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

Phylum	Clase	Orden	Abril 2022		Setiembre 2022		Total	
			Morfoespecie	%	Morfoespecie	%	Morfoespecie	%
		Plecoptera	0	0,00	1	2,70	1	2,22
		Trichoptera	3	12,00	3	8,11	3	6,67
Mollusca	Gastropoda	Basommatophora	0	0,00	1	2,70	1	2,22
Platyhelminthes	Turbellaria	Tricladida	1	4,00	1	2,70	1	2,22
Total			25	100	37	100	45	100

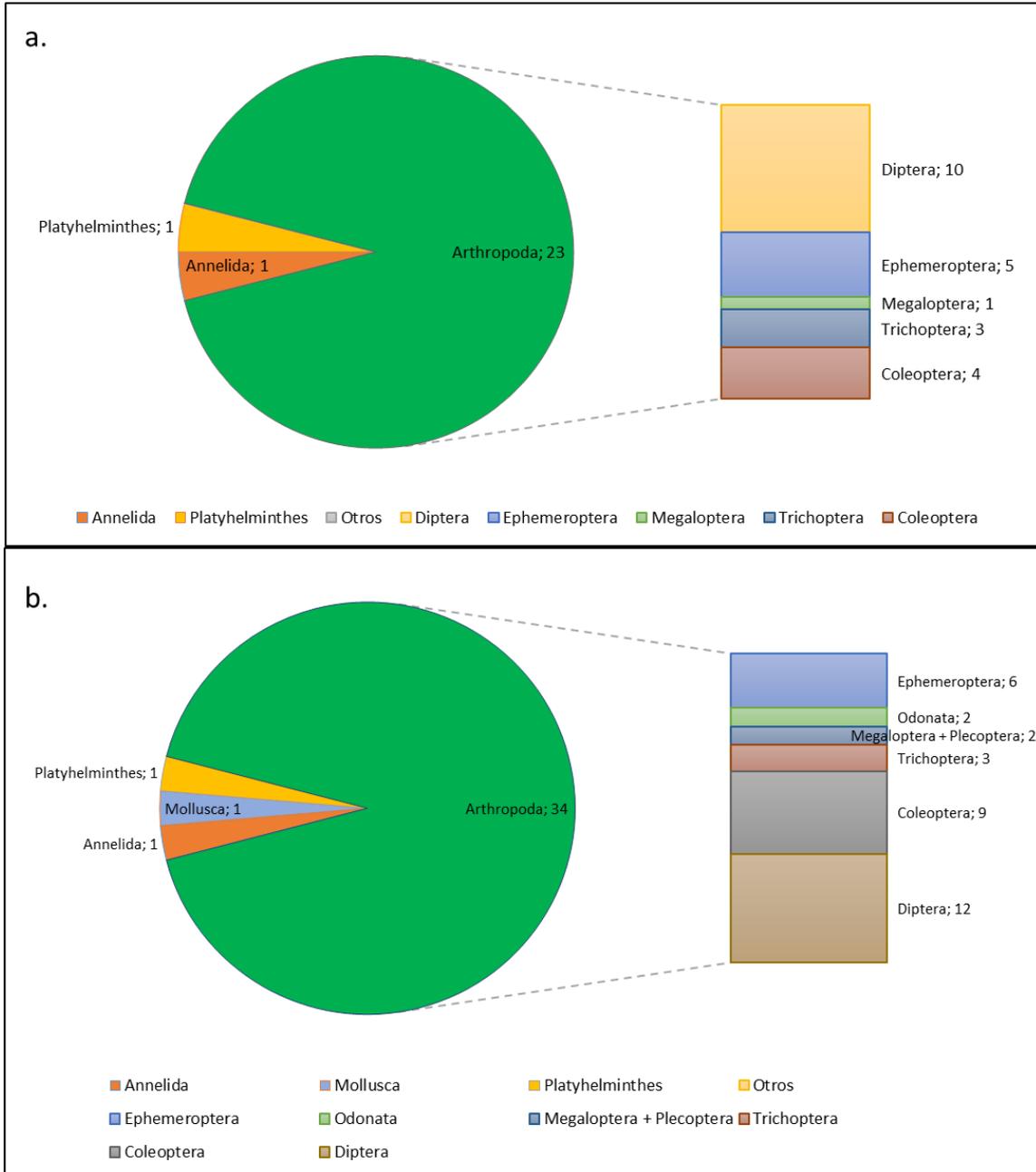


Figura 6.28. Distribución porcentual de la composición de especies de los MIB por phylum en los ríos Checras y Huaura (a. Abril 2022, b. Setiembre 2022)



B. Riqueza de los MIB

La riqueza de especies de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en el río Checras varió en abril de 2022 entre 7 y 9 especies de macroinvertebrados bentónicos en RCHE-01 y RCHE-02 respectivamente; mientras que en setiembre de 2022 varió entre 8 y 24 especies en RCHE-02 y RCHE-01 respectivamente. En relación con lo encontrado en el río Huaura la riqueza durante abril de 2022 varió entre 0 (RHUA-04) y 13 (RHUA-01 y RHUA-09) especies de macroinvertebrados bentónicos; y durante setiembre de 2022 fluctuó entre 6 (RHUA-08) y 27 (RHUA-05) especies de macroinvertebrados bentónicos (Tabla 6.9 y Figura 6.29).

En el río Checras, el orden con mayor riqueza fue Diptera y Ephemeroptera ambos con el 42,9 % en RCHE-01 durante abril; y, en setiembre con 50,0 % en RCHE-02. Los menores valores de riqueza se observaron en los taxones Megaloptera, Odonata, Trichoptera, Plecoptera, Basommatophora, Tricladida y Clitellata.

En el río Huaura durante abril de 2022 también se registró una mayor riqueza del orden Diptera en casi todos los puntos con mayores valores en RHUA-03 (66,7 %) y RHUA-10 (50,0 %) en contraste a los puntos RHUA-07, RHUA-08 y RHUA-11 que registraron mayor riqueza del orden Ephemeroptera con 57,1%, 50,0 % y 41,7 % respectivamente. En setiembre de 2022 se registró una mayor riqueza del orden Diptera en los puntos RHUA-01, RHUA-05, RHUA-07 y RHUA-09 mientras que los puntos RHUA-02, RHUA-06, RHUA-08 y RHUA-10 se caracterizaron por presentar una mayor riqueza del orden Ephemeroptera. Los menores valores de riqueza se observaron en los taxones Megaloptera, Odonata, Trichoptera, Plecoptera, Basommatophora, Tricladida y Clitellata.

En la Tabla 6.9 y Figura 6.29 se muestran los resultados de riqueza de la comunidad de los macroinvertebrados bentónicos en los ríos Checras y Huaura.

Tabla 6.9. Riqueza de los MIB en los ríos Checras y Huaura

Puntos	Mes 2022	S-Diptera	S-Coleoptera	S-Ephemeroptera	S-Megaloptera + Trichoptera	S-Odonata + Plecoptera	S-Basommatophora + Tricladida + Clitellata	S-Total	%S-Diptera	%S-Coleoptera	%S-Ephemeroptera	%S-Megaloptera + Trichoptera	%S-Odonata + Plecoptera	%S-Basommatophora + Tricladida + Clitellata
RCHE-01	Abr	3	0	3	1	0	0	7	42,9	0,0	42,9	14,3	0,0	0,0
	Set	9	5	5	3	0	2	24	37,5	20,8	20,8	12,5	0,0	8,3
RCHE-02	Abr	3	1	3	1	0	1	9	33,3	11,1	33,3	11,1	0,0	11,1
	Set	4	0	1	2	0	1	8	50,0	0,0	12,5	25,0	0,0	12,5
RHUA-01	Abr	6	1	4	0	0	2	13	46,2	7,7	30,8	0,0	0,0	15,4
	Set	5	3	3	1	0	3	15	33,3	20,0	20,0	6,7	0,0	20,0
RHUA-02	Abr	2	1	3	2	0	1	9	22,2	11,1	33,3	22,2	0,0	11,1
	Set	2	0	3	1	0	3	9	22,2	0,0	33,3	11,1	0,0	33,3
RHUA-03	Abr	2	1	0	0	0	0	3	66,7	33,3	0,0	0,0	0,0	0,0
	Set	3	0	3	1	1	2	10	30,0	0,0	30,0	10,0	10,0	20,0
RHUA-04	Abr	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-
	Set	4	0	3	2	0	2	11	36,4	0,0	27,3	18,2	0,0	18,2
RHUA-05	Abr	2	1	1	1	0	0	5	40,0	20,0	20,0	20,0	0,0	0,0
	Set	8	7	6	3	1	2	27	29,6	25,9	22,2	11,1	3,7	7,4



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

Table with 16 columns: Puntos, Mes 2022, S-Diptera, S-Coleoptera, S-Ephemeroptera, S-Megaloptera + Trichoptera, S-Odonata + Plecoptera, S-Basommatophora + Tricladida + Clitellata, S-Total, %S-Diptera, %S-Coleoptera, %S-Ephemeroptera, %S-Megaloptera + Trichoptera, %S-Odonata + Plecoptera, %S-Basommatophora + Tricladida + Clitellata. Rows include RHUA-06, RHUA-07, RHUA-08, RHUA-09, RHUA-10, and RHUA-11 with sub-rows for months Abr and Set.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

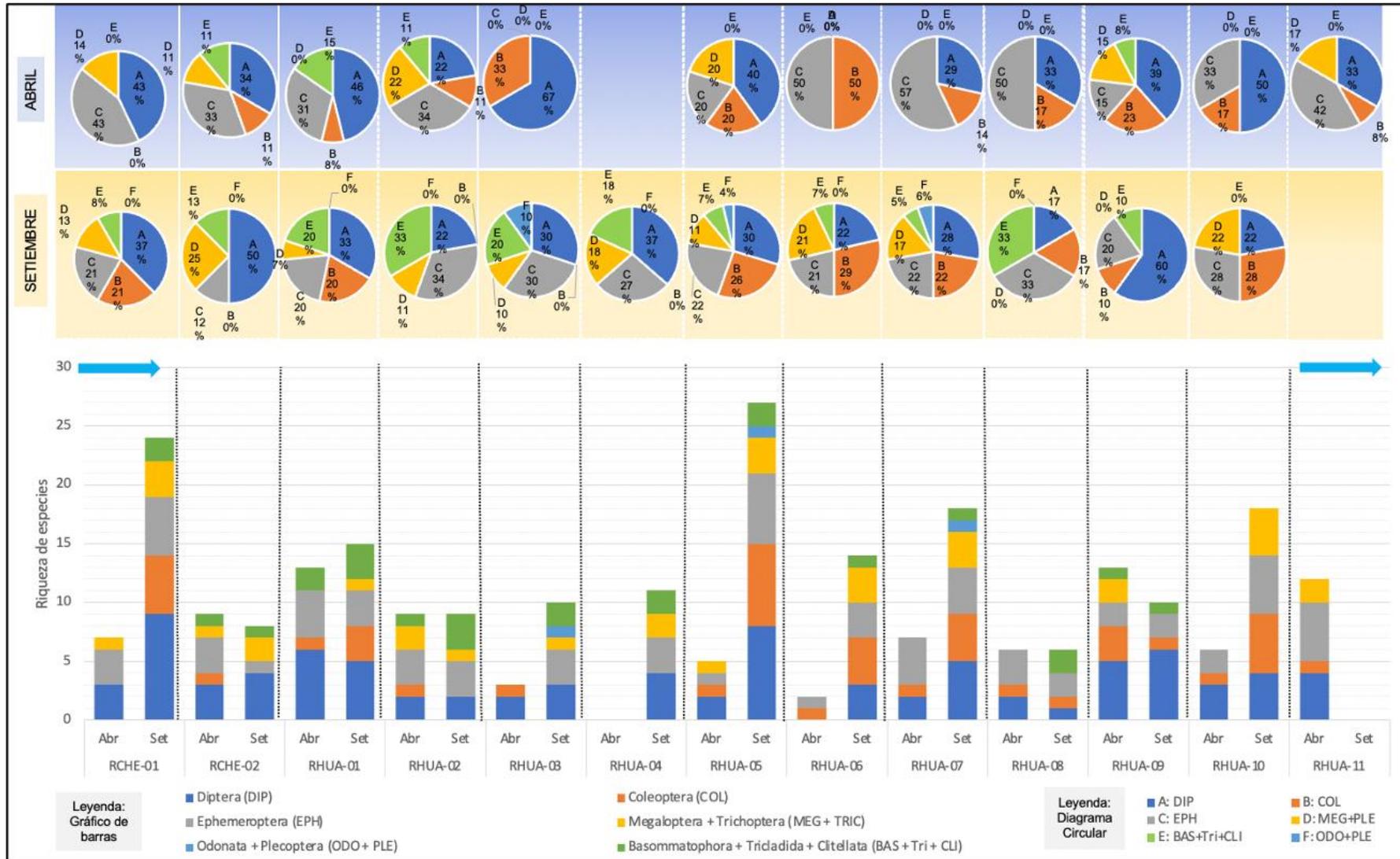


Figura 6.29. Composición de la riqueza de los MIB en los ríos Checra y Huaura en abril y setiembre de 2022



C. Abundancia de los MIB

La abundancia de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en el río Checras durante abril de 2022 varió entre 16 individuos en RCHE-02 y 23 individuos en RCHE-01, mientras que en setiembre de 2022 la abundancia fluctuó entre 452 individuos en RCHE-02 y 699 individuos en RCHE-01.

La abundancia de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en el río Huaura durante abril fue mayor en los puntos RHUA-01 (85 individuos) y RHUA-11 (67 individuos) reportándose los más bajos registros en RHUA-04 (0 individuos), RHUA-05 (9 individuos) y RHUA-06 (2 individuos). Durante setiembre la mayor abundancia se registró en RHUA-01 (1246 individuos) y RHUA-07 (1027 individuos) (Tabla 6.10).

En el río Checras, el orden con mayor abundancia durante la evaluación de abril fue Ephemeroptera (31,3 % en RCHE-02 y 52,2% en RCHE-01) mientras que en setiembre predominó el orden Diptera (83,4 % en RCHE-01 y 87,8% en RCHE-02), en menor abundancia se registraron los taxones Megaloptera, Odonata, Trichoptera, Plecoptera, Basommatophora, Tricladida y Clitellata.

En el río Huaura durante abril los taxones que estuvieron mejor representados fueron los órdenes Diptera, Ephemeroptera y Coleoptera. La mayor abundancia del orden Diptera se observó en RHUA-03 (93,8 %), del orden Coleoptera en RHUA-06 (50,0 %) y RHUA-07 (50,0 %); y, del orden Ephemeroptera en RHUA-02 (44,4 %) y RHUA-06 (50,0 %). En setiembre los órdenes que estuvieron mejor representados fueron Diptera y Ephemeroptera. La mayor abundancia del orden Diptera se registró en los puntos RHUA-04 (94,2 %), RHUA-02 (89,2 %) y RHUA-03 (83,3 %); y del orden Ephemeroptera en los puntos RHUA-05 (45,5 %), RHUA-06 (62,1 %), RHUA-07 (56), RHUA-08 (41,7 %) y RHUA-10 (66,1 %). En menor abundancia se registraron los taxones Coleoptera, Megaloptera, Odonata, Trichoptera, Plecoptera, Basommatophora Tricladida y Clitellata.

En la Tabla 6.10 y Figura 6.30 se muestra la abundancia de los macroinvertebrados bentónicos en los ríos Checras y Huaura.

Tabla 6.10. Abundancia por taxón de los MIB en cada punto de muestreo en los ríos Checras y Huaura.

Puntos	Mes 2022	N-Diptera	N-Coleoptera	N-Ephemeroptera	N-Megaloptera + Trichoptera	N-Odonata + Plecoptera	N-Basommatophora + Tricladida + Clitellata	N-Total	%N-Diptera	%N-Coleoptera	%N-Ephemeroptera	%N-Megaloptera + Trichoptera	%N-Odonata + Plecoptera	%N-Basommatophora + Tricladida + Clitellata
RCHE-01	Abr	10	0	12	1	0	0	23	43,5	0,0	52,2	4,3	0,0	0,0
	Set	583	14	88	9	0	5	699	83,4	2,0	12,6	1,3	0,0	0,7
RCHE-02	Abr	3	4	5	1	0	3	16	18,8	25,0	31,3	6,3	0,0	18,8
	Set	397	0	8	43	0	4	452	87,8	0,0	1,8	9,5	0,0	0,9
RHUA-01	Abr	46	1	28	0	0	10	85	54,1	1,2	32,9	0,0	0,0	11,8
	Set	852	7	23	36	0	328	1246	68,4	0,6	1,8	2,9	0,0	26,3
RHUA-02	Abr	6	1	8	2	0	1	18	33,3	5,6	44,4	11,1	0,0	5,6
	Set	567	0	25	2	0	42	636	89,2	0,0	3,9	0,3	0,0	6,6
RHUA-03	Abr	15	1	0	0	0	0	16	93,8	6,3	0,0	0,0	0,0	0,0
	Set	345	0	4	8	1	56	414	83,3	0,0	1,0	1,9	0,2	13,5



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

Puntos	Mes 2022	N-Diptera	N-Coleoptera	N-Ephemeroptera	N-Megaloptera + Trichoptera	N-Odonata + Plecoptera	N-Basommatophora + Tricladida + Clitellata	N-Total	%N-Diptera	%N-Coleoptera	%N-Ephemeroptera	%N-Megaloptera + Trichoptera	%N-Odonata + Plecoptera	%N-Basommatophora + Tricladida + Clitellata
RHUA-04	Abr	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-
	Set	374	0	4	12	0	7	397	94,2	0,0	1,0	3,0	0,0	1,8
RHUA-05	Abr	2	3	3	1	0	0	9	22,2	33,3	33,3	11,1	0,0	0,0
	Set	245	36	276	38	1	10	606	40,4	5,9	45,5	6,3	0,2	1,7
RHUA-06	Abr	0	1	1	0	0	0	2	0,0	50,0	50,0	0,0	0,0	0,0
	Set	108	13	221	12	0	2	356	30,3	3,7	62,1	3,4	0,0	0,6
RHUA-07	Abr	5	11	6	0	0	0	22	22,7	50,0	27,3	0,0	0,0	0,0
	Set	178	247	575	24	2	1	1027	17,3	24,1	56,0	2,3	0,2	0,1
RHUA-08	Abr	5	6	4	0	0	0	15	33,3	40,0	26,7	0,0	0,0	0,0
	Set	2	1	5	0	0	4	12	16,7	8,3	41,7	0,0	0,0	33,3
RHUA-09	Abr	6	16	3	10	0	4	39	15,4	41,0	7,7	25,6	0,0	10,3
	Set	20	3	7	0	0	9	39	51,3	7,7	17,9	0,0	0,0	23,1
RHUA-10	Abr	7	9	4	0	0	0	20	35,0	45,0	20,0	0,0	0,0	0,0
	Set	90	105	423	22	0	0	640	14,1	16,4	66,1	3,4	0,0	0,0
RHUA-11	Abr	23	18	23	3	0	0	67	34,3	26,9	34,3	4,5	0,0	0,0



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

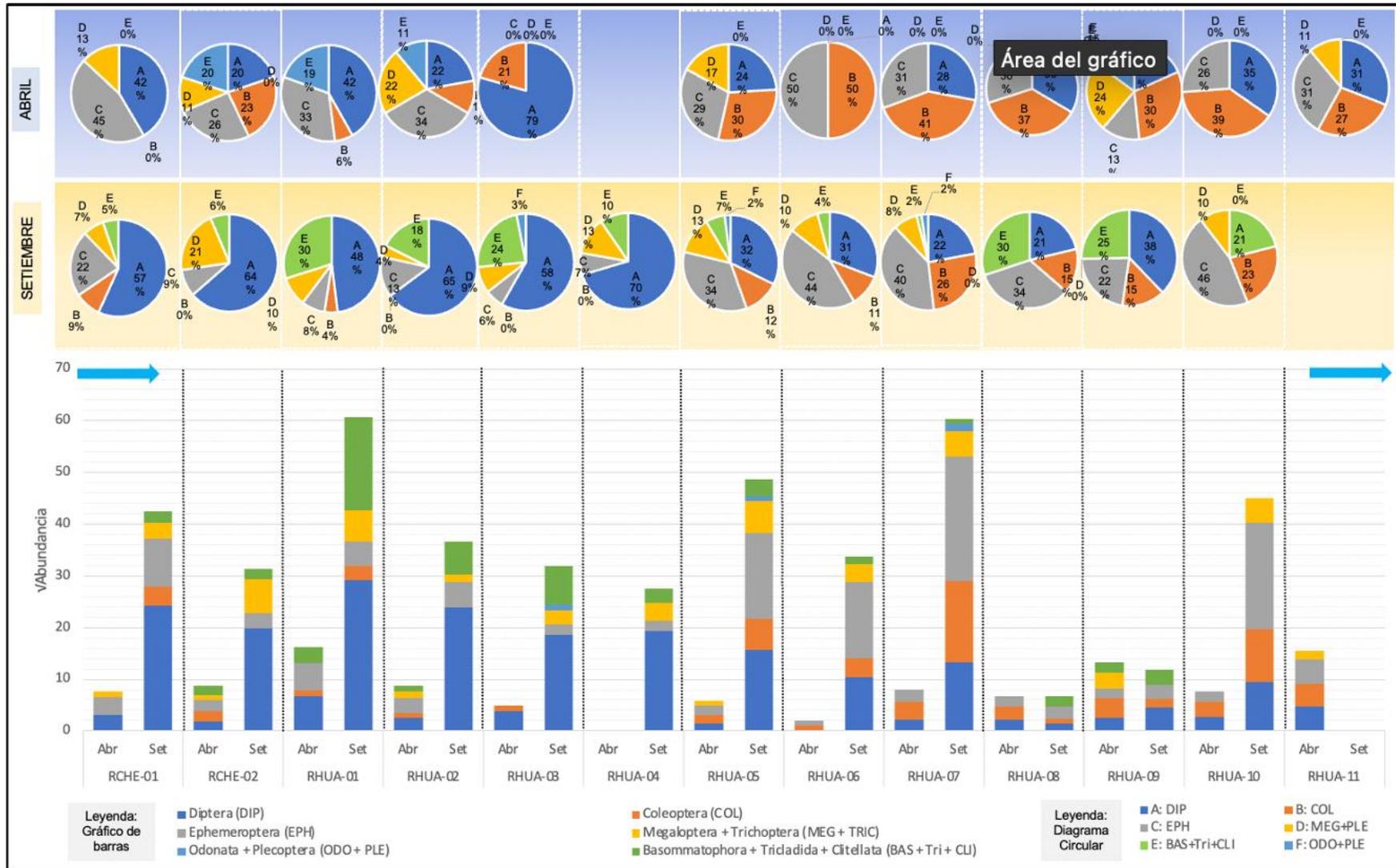


Figura 6.30. Abundancia por taxón de los MIB por punto de muestreo en los ríos Checras y Huaura en abril y setiembre de 2022



D. Índice de diversidad

En el río Checras se registró la mayor dominancia según el índice Berger Parker (d) en el punto RCHE-01 (0,348 unidades) durante abril de 2022; y, en el punto RCHE-02 (0,754 unidades) durante setiembre de 2022. Respecto a lo obtenido con el índice de Shannon-Wiener en abril la mayor diversidad se registró en el punto RCHE-02 (2,953 bits/individuo); y, en setiembre en el punto RCHE-01 (2,047 bits/individuo) (Tabla 6.11 y Figuras 6.31 y 6.32).

En el río Huaura se registró la mayor dominancia según el índice Berger Parker (d) en el punto RHUA-03 (0,875 unidades) durante abril de 2022; y, en los puntos RHUA-02 (0,888 unidades) y RHUA-04 (0,887 unidades) durante setiembre 2022. Respecto a lo obtenido con el índice de Shannon-Wiener durante abril la mayor diversidad se registró en los puntos RHUA-01 (2,967 bits/individuo), RHUA-09 (2,961 bits/individuo) y RHUA-11 (2,979 bits/individuo) mientras que el menor registró fue en el punto RHUA-03 (0,669 bits/individuo). Durante setiembre la diversidad Shannon-Wiener fue mayor en el punto RHUA-05 (3,106 bits/individuo) mientras que la menor diversidad se reportó en RHUA-02 (0,700 bits/individuo) (Tabla 6.11 y Figuras 6.31 y 6.32).

Tabla 6.11. Índices de diversidad para los MIB en los ríos Checras y Huaura

Puntos	Mes-2022	Índice de Berger Parker (d)	Índice de Shannon-Wiener (H' (log2))
RCHE-01	Abr	0,348	2,365
	Set	0,642	2,047
RCHE-02	Abr	0,250	2,953
	Set	0,754	1,243
RHUA-01	Abr	0,259	2,967
	Set	0,666	1,560
RHUA-02	Abr	0,278	2,769
	Set	0,888	0,700
RHUA-03	Abr	0,875	0,669
	Set	0,829	0,934
RHUA-04	Abr	-	-
	Set	0,887	0,784
RHUA-05	Abr	0,333	2,113
	Set	0,248	3,106
RHUA-06	Abr	0,500	1,000
	Set	0,506	2,222
RHUA-07	Abr	0,500	2,241
	Set	0,464	2,474
RHUA-08	Abr	0,400	2,206
	Set	0,333	2,355
RHUA-09	Abr	0,333	2,961
	Set	0,385	2,580
RHUA-10	Abr	0,450	2,158
	Set	0,417	2,671
RHUA-11	Abr	0,269	2,979



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

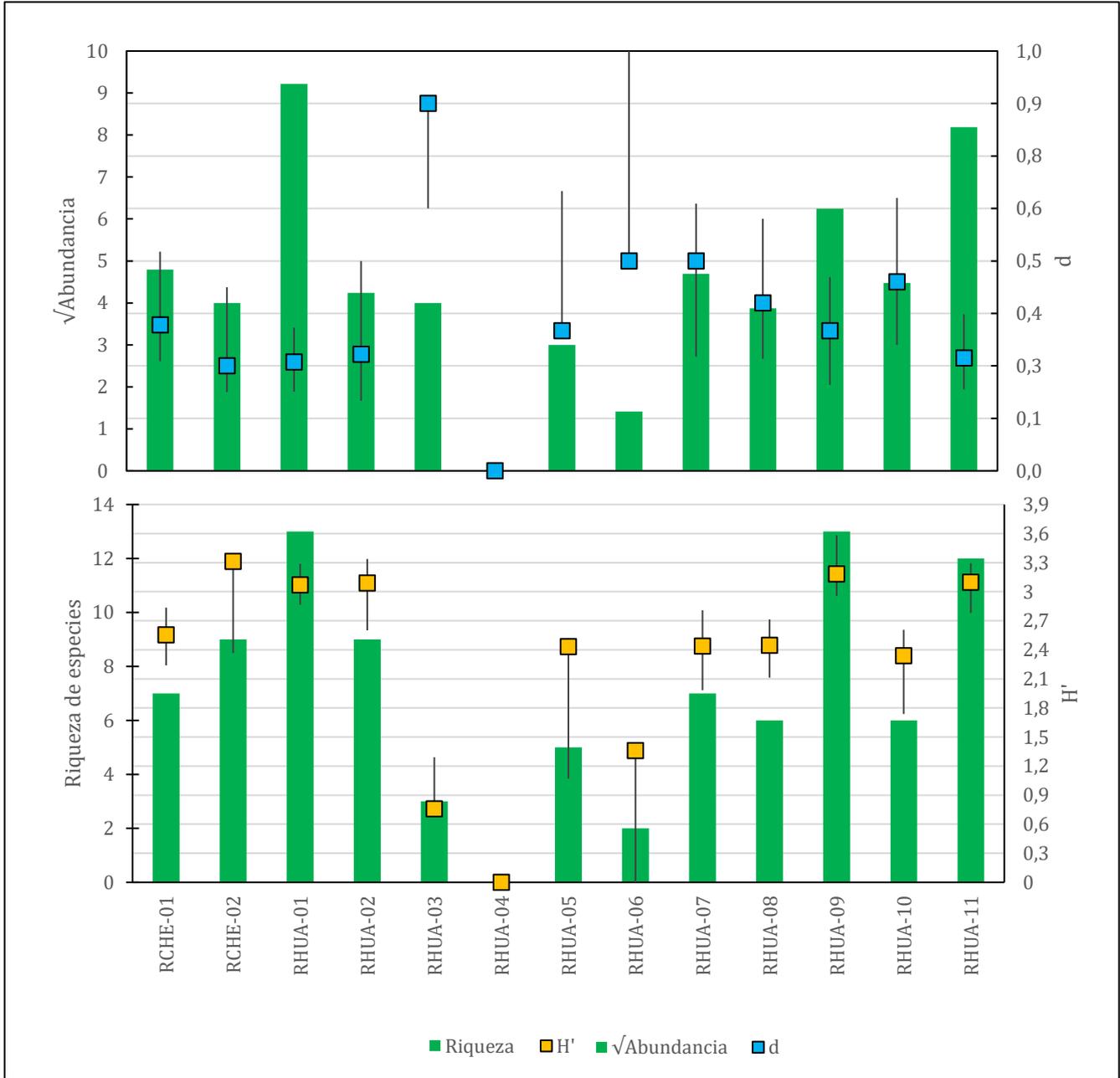


Figura 6.31. Índices de diversidad para MIB en los ríos Checras y Huaura durante abril de 2022
Nota: Límites Superiores e Inferiores para H' y d obtenidos mediante *bootstrapping*



Figura 6.32. Índices de diversidad para MIB en los ríos Checras y Huaura durante setiembre de 2022
Nota: Límites Superiores e Inferiores para H' y d obtenidos mediante *bootstrapping*

E. Análisis multivariado

La construcción de las 2 dimensiones del escalamiento multidimensional no métrico (Figura 6.33) basado en el índice de similitud de Bray-Cutis entre los puntos de muestreo (Tabla 6.12) permitió visualizar la relación de la estructura comunitaria de los macroinvertebrados bentónicos por puntos de muestreo. Se observaron 5 grupos con una similitud del 45 %; el Grupo 1 formado por los puntos: RCHE-01, RCHE-02 y RHUA-02, el Grupo 2 formado por los puntos: RHUA-05, RHUA-08 y RHUA-10, el Grupo 3 formado por los puntos: RHUA-01 y RHUA-11, todos abril de 2022; y el Grupo 4 formado por los puntos: RHUA-05, RHUA-06, RHUA-07, RHUA-10 y RCHE-01, el Grupo 5 formado por los puntos: RHUA-01, RHUA-02, RHUA-03, RHUA-04 y RCHE-02, todos de setiembre de 2022 (Figura 6.33).

**PERÚ**Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFADirección de Evaluación
AmbientalDecenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú**Tabla 6.12.** Índice de similitud de Bray-Curtis para los MIB en los ríos Checras y Huaura

Puntos de muestreo	RCHE-01	RCHE-02	RHUA-01	RHUA-02	RHUA-03	RHUA-04	RHUA-05	RHUA-06	RHUA-07	RHUA-08	RHUA-09	RHUA-10	RHUA-11
ABRIL-2022													
RCHE-01	100												
RCHE-02	56,419	100											
RHUA-01	40,844	38,504	100										
RHUA-02	60,397	52,165	42,951	100									
RHUA-03	16,833	0	32,952	27,703	100								
RHUA-04	-	-	-	-	-	-							
RHUA-05	35,985	26,524	27,068	40,496	30,991	-	100						
RHUA-06	13,401	13,801	12,522	13,555	25,294	-	22,222	100					
RHUA-07	28,379	24,163	26,416	36,541	10,961	-	10,341	13,947	100				
RHUA-08	36,838	27,020	31,881	43,677	42,531	-	47,863	34,146	32,511	100			
RHUA-09	21,007	29,675	30,916	21,112	19,068	-	21,272	8,618	21,373	34,879	100		
RHUA-10	51,089	38,658	43,265	38,234	30,170	-	43,887	15,119	16,972	51,495	42,589	100	
RHUA-11	38,729	31,150	55,478	45,991	34,518	-	35,168	13,735	28,306	44,137	41,290	53,343	100
SETIEMBRE-2022													
RCHE-01	100												
RCHE-02	55,756	100											
RHUA-01	49,807	53,608	100										
RHUA-02	44,260	51,599	57,361	100									
RHUA-03	43,103	56,801	58,961	75,388	100								
RHUA-04	50,566	73,748	55,788	66,110	68,150	100							
RHUA-05	69,059	44,819	52,741	42,261	40,524	45,666	100						
RHUA-06	59,732	55,563	49,542	49,750	38,992	53,473	63,775	100					
RHUA-07	58,182	42,773	41,015	37,727	33,677	41,335	68,743	65,346	100				
RHUA-08	14,960	13,511	22,825	36,490	31,405	30,810	21,045	25,960	18,143	100			
RHUA-09	39,149	37,228	31,115	46,347	43,441	37,457	35,562	40,623	33,060	33,468	100		
RHUA-10	57,431	41,763	41,909	35,844	27,024	43,659	66,240	75,181	68,108	16,967	28,202	100	
RHUA-11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

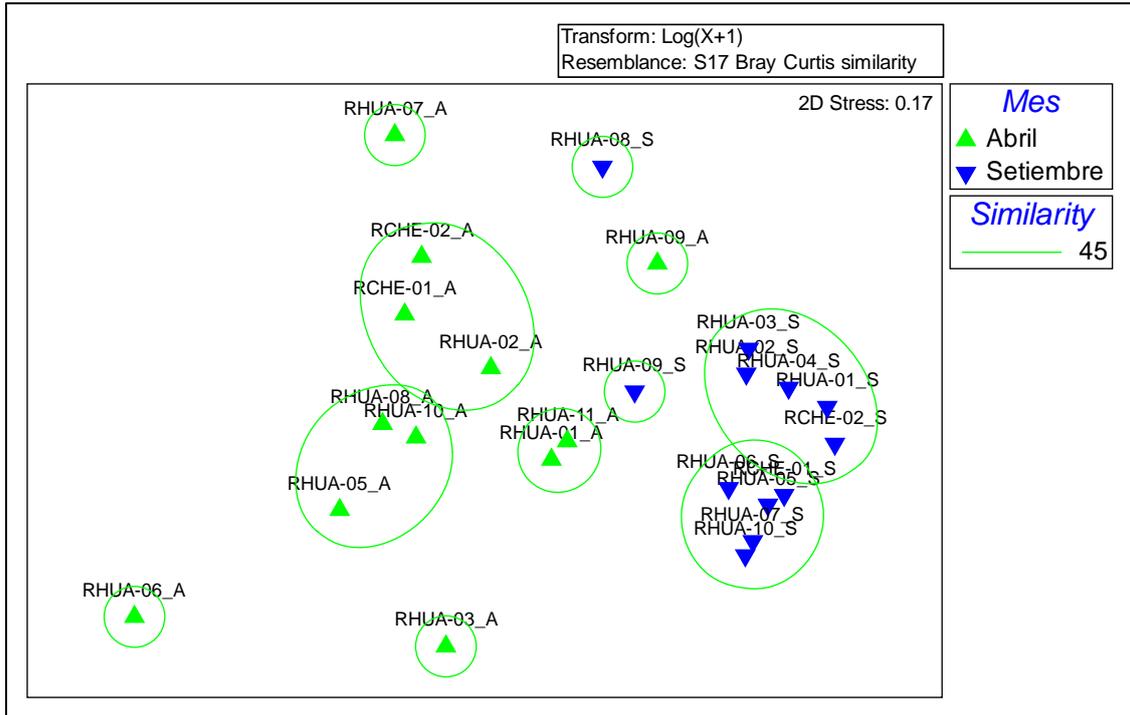


Figura 6.33. Escalamiento multidimensional no métrico para los MIB por meses (A: abril 2022, S: setiembre 2022) en los ríos Checras y Huaura

6.1.4.4. Comunidad ictiológica

Dentro del área de estudio se encontró en total 3 especies de peces, conformada por los ordenes Atheriniformes, Siluriformes y Salmoniformes. Los Atheriniformes estuvieron conformados por pejerreyes «*Basilichthys semotilus*»; los Siluriformes por bagres «*Trichomycterus aff. vittatus*» y los Salmoniformes por la trucha «*Oncorhynchus mykiss*». Un resumen de las especies y su nombre común asignado se presenta en las tablas 6.13 y 6.14.

Tabla 6.13. Especies de peces encontradas en el área de estudio de la C.H. Cheves

Phylum	Clase	Orden	Familia	Género/Especie	Nombre comun
Chordata	Actinopterygii	Atheriniformes	Atherinopsidae	<i>Basilichthys semotilus</i>	Pejerrey de río
Chordata	Actinopterygii	Siluriformes	Trichomycteridae	<i>Trichomycterus aff. vittatus</i>	Bagre
Chordata	Actinopterygii	Salmoniformes	Salmonidae	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Trucha



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

Tabla 6.14. Especies de peces encontradas en el área de estudio de la C.H. Cheves

Nombre común	Género/Especie	Foto ¹
Pejerrey de río	<i>Basilichthys semotilus</i>	
Bagre	<i>Trichomycterus aff. vittatus</i>	
Trucha	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	

1: Fotografías obtenidas de los informes de ensayo N.º415-2022-OEFA/OTEC y 416-2022-OEFA/OTEC del RR-064-2022-STE C

La cantidad de individuos registrados en cada punto de muestreo estuvo en función de las especies identificadas en campo, teniéndose así cantidad de individuos para *Basilichthys semotilus* (pejerrey de río), *Oncorhynchus mykiss* (trucha) y *Trichomycterus aff. Vittatus* (bagre). Un resumen de los individuos colectados (mediante electropesca), cálculo de la captura por unidad de esfuerzo (CPUE), biomasa, densidad y el área de muestreo se encuentra en la Tabla 6.15.

**Tabla 6.15.** Cantidad de individuos colectados, CPUE, biomasa, densidad y área de muestreo por punto de muestreo

Puntos de muestreo	Fecha	<i>Basilichthys semotilus</i>				<i>Oncorhynchus mykiss</i>				<i>Trichomycterus aff. Vittatus</i>				Área de muestreo total (m ²) **
		Individuos capturados	CPUE	Biomasa (g)	Densidad (Individuos/m ²)	Individuos capturados	CPUE	Biomasa (g)	Densidad (Individuos/m ²)	Individuos capturados	CPUE	Biomasa (g)	Densidad (Individuos/m ²)	
RCHE-02*	21-04-2022	2	3,101	54,00	-	3	4,651	204,00	-	0	0	0	-	-
RCHE-01*	26-04-2022	10	13,878	217,90	-	7	9,715	273,30	-	0	0	0	-	-
RHUA-05*	22-04-2022	16	26,230	240,30	-	0	0	0	-	0	0	0	-	-
RHUA-07*	24-04-2022	16	24,700	114,10	-	0	0	0	-	3	4,631	36,20	-	-
RHUA-02	28-09-2022	7	15,613	247,92	-	16	35,688	1977,96	-	0	0	0	-	-
RHUA-04	27-09-2022	12	13,366	322,17	0,0387	4	4,455	1032,85	0,0129	0	0	0	0	310,044
RHUA-05*	22-09-2022	7	16,733	209,36	0,0282	1	2,390	4,52	0,0040	0	0	0	0	248,604
RHUA-06	24-09-2022	12	16,868	132,35	0,0196	1	1,406	0,65	0,0016	1	1,406	16,15	0,0016	611,343
RHUA-07	29-09-2022	10	11,854	288,47	0,0206	0	0	0	0	7	8,298	154,16	0,0144	485,460
RCHE-01*	25-09-2022	2	3,130	4,41	-	14	21,913	273,26	-	0	0	0	-	-
RCHE-02(TCE)	26-09-2022	5	6,862	213,94	0,0138	4	5,490	697,83	0,0111	0	0	0	0	361,178

CPUE: Captura por unidad de esfuerzo (Individuos/H)

*: Puntos de muestreo donde la pesca solo pudo ser realizada en el margen izquierdo, los puntos restantes fueron realizadas en los márgenes derecho e izquierdo del río.

**: Fuente: Anexo 5 (RR-067-2021-STEC).

La Figura 6.34 muestra la cantidad de individuos totales (capturados) por especie de pez de abril y setiembre de 2022. Se puede observar que en la mayoría de los puntos de muestreo estuvieron conformados por *Basilichthys semotilus* y *Oncorhynchus mykiss*., mientras que en minoría por *Trichomycterus aff. Vittatus*, cuyos individuos se encontraron en los puntos RHUA-06 y RHUA-07. El punto RCHE-01 mostró 10 individuos de *Basilichthys semotilus* y 7 de *Oncorhynchus mykiss* en abril, mientras en setiembre mostró 2 individuos de *Basilichthys semotilus* y 14 de *Oncorhynchus mykiss*. El punto RCHE-02 evaluado en abril registro 2 individuos de *Basilichthys semotilus* y 3 de *Oncorhynchus mykiss*. El punto RCHE-02(TCE) evaluado en setiembre registro 5 individuos de *Basilichthys semotilus* y 4 de *Oncorhynchus mykiss*. El punto RHUA-05 registró 16 individuos de *Basilichthys semotilus* en abril, mientras en setiembre se registró 7 individuos de *Basilichthys semotilus* y 1 de *Oncorhynchus mykiss*. El punto RHUA-07 registro 16 individuos de *Basilichthys semotilus* en abril, mientras en setiembre registró 16 individuos de *Basilichthys semotilus* y 3 *Trichomycterus aff. Vittatus*.



Además, en setiembre el punto RHUA-02 registró 6 individuos de *Basilichthys semotilus* y 12 de *Oncorhynchus mykiss*. El punto RHUA-04 registró 12 individuos de *Basilichthys semotilus* y 4 de *Oncorhynchus mykiss*. El punto RHUA-06 estuvo conformado 12 individuos de *Basilichthys semotilus*, mientras *Oncorhynchus mykiss* y *Trichomycterus aff. vittatus* se encontraron escasamente (1 individuo de cada especie).

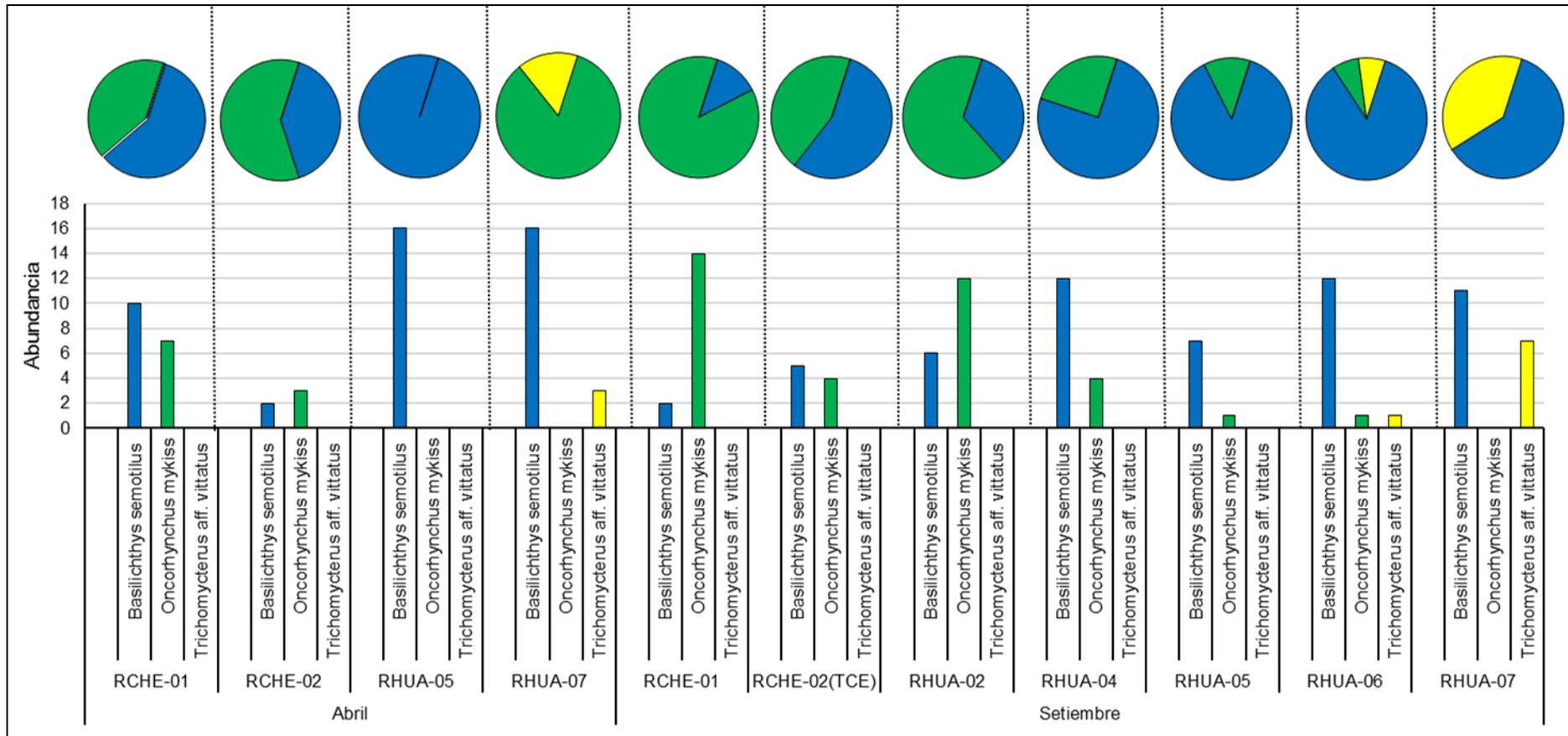


Figura 6.34. Abundancia por especie de pez en cada punto de muestreo de abril y setiembre de 2022



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

El resumen de la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) de *Basilichthys semotilus*, *Oncorhynchus mykiss* y *Trichomycterus aff. vittatus*, con los parámetros medidos *in situ* se presentan en la Tabla 6.16. Del análisis de correspondencias canónicas (Figura 6.35) se observó que la CPUE de *Oncorhynchus mykiss* tiende a aumentar en sitios con mayores altitudes; sin embargo, lo contrario se observa para *Basilichthys semotilus* y *Trichomycterus aff. vittatus*. Además, se observó una relación negativa de temperatura y conductividad eléctrica con la CPUE de *Basilichthys semotilus*.

Tabla 6.16. Resumen de parámetros *in situ* y captura por unidad de esfuerzo (CPUE) de peces

Puntos de muestreo	Fecha	Hora	Temperatura (°C)	Oxígeno disuelto (mg/L)	Conductividad eléctrica (µS/cm)	potencial de Hidrógeno	Turnidez (NTU)	Caudal (m³/s)	Altitud (m s.n.m.)	CPUE de <i>Basilichthys semotilus</i> (Individuos/H)	CPUE de <i>Oncorhynchus mykiss</i> (Individuos/H)	CPUE de <i>Trichomycterus aff. vittatus</i> (Individuos/H)
RCHE-02(*)	21-04-2022	09:22	16,6	7,95	400	8,26	25,6	2,529	2140	3,101	4,651	0
RCHE-01(*)	26-04-2022	10:25	16,5	7,6	409	8,19	29,8	-	2109	13,878	9,715	0
RHUA-05	22-04-2022	09:15	17,7	8,39	425	8,39	43,1	-	1994	26,230	0	0
RHUA-07	24-04-2022	09:45	22,8	7,82	360	8,08	6,71	6,273	1594	24,700	0	4,631
RHUA-02	28-09-2022	12:45	20,9	7,61	504	8,32	16,7	0,776	2178	15,613	35,688	0
RHUA-04	27-09-2022	09:00	16,6	7,29	656	7,89	4,49	1,613	2125	13,366	4,455	0
RHUA-05	22-09-2022	09:40	20,9	7,74	656	8,74	2,36	1,379	1994	16,733	2,390	0
RHUA-06	24-09-2022	08:35	17,1	8,55	708	8,5	6,08	1,994	1805	16,868	1,406	1,406
RHUA-07	29-09-2022	08:30	16,0	8,76	628	8,62	3,42	1,850	1594	11,854	0	8,298
RCHE-01	25-09-2022	08:40	15,5	6,69	480	8,25	8,05	4,772	2183	3,130	21,913	0
RCHE-02(TCE)	26-09-2022	09:15	17,0	8,9	501	8,49	4,5	0,820	2149	6,862	5,490	0

(*): Puntos no considerados para el análisis de correspondencias canónicas.



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

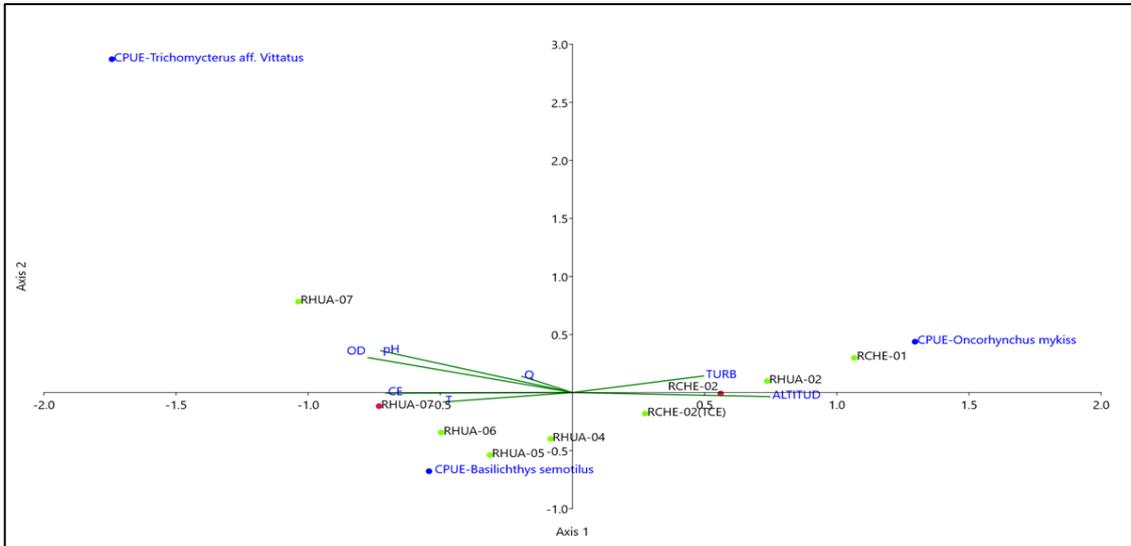


Figura 6.35. Análisis de correspondencias canónicas (ACC) tomando en cuenta variables medidas in situ y CPUE de peces
Nota: Los puntos de rojos representan a las estaciones evaluados en abril de 2022 y los de color verde a las estaciones de setiembre de 2022.

Población de Basilichthys semotilus, Oncorhynchus mykiss y Trichomycterus aff. vittatus

La correlación entre los parámetros in situ con las CPUE de Basilichthys semotilus, Oncorhynchus mykiss y Trichomycterus aff. vittatus se presentan en la Tabla 6.17. La altitud mostró una correlación positiva con la CPUE de Oncorhynchus mykiss, mientras que mostró una correlación negativa para las CPUE Basilichthys semotilus y Trichomycterus aff. vittatus. El caudal mostró una correlación negativa de -0,418 con la CPUE de Oncorhynchus mykiss, mientras que mostró correlaciones positivas de 0,426 para las CPUE de Trichomycterus aff. vittatus.

Tabla 6.17. Parámetros in situ y captura por unidad de esfuerzo (CPUE) de Basilichthys semotilus y Oncorhynchus mykiss y Trichomycterus aff. vittatus

Table with 4 columns: Parámetros in situ, CPUE de Basilichthys semotilus, CPUE de Oncorhynchus mykiss, CPUE de Trichomycterus aff. vittatus. Rows include Temperature, Hydrogen Potential, Electrical Conductivity, Dissolved Oxygen, Turbidity, Discharge, and Altitude.

Nota: Valores de correlación de Spearman por encima de 0,7.

En base a la cantidad de individuos capturados para su posterior medición, se realizaron los histogramas de tallas (longitud total en cm) para Basilichthys semotilus que estuvo presente en todos los puntos evaluados en abril y setiembre de 2022 (Figura 6.36). Se puede observar que en abril la aparición de tallas grandes en los puntos RCHE-01 y RCHE-02; sin embargo, el punto RCHE-02 registro la menor cantidad de individuos capturados. Respecto a los puntos RHUA-05 y RHUA-07 registraron las mayores cantidades de individuos capturados con un rango de tallas desde 7 cm hasta 16,3 cm.



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

En setiembre de 2022 las tallas más grandes se registraron en los puntos RHUA-02, RHUA-04 y RCHE-02(TCE). Además, el punto RHUA-04 presentó la mayor cantidad de individuos capturados. Con relación a los puntos RCHE-01, RHUA-05, RHUA-06, RHUA-07 las tallas se encontraron en un rango desde 4 cm hasta 18,5 cm y la menor cantidad de individuos se registraron en el punto RCHE-01.

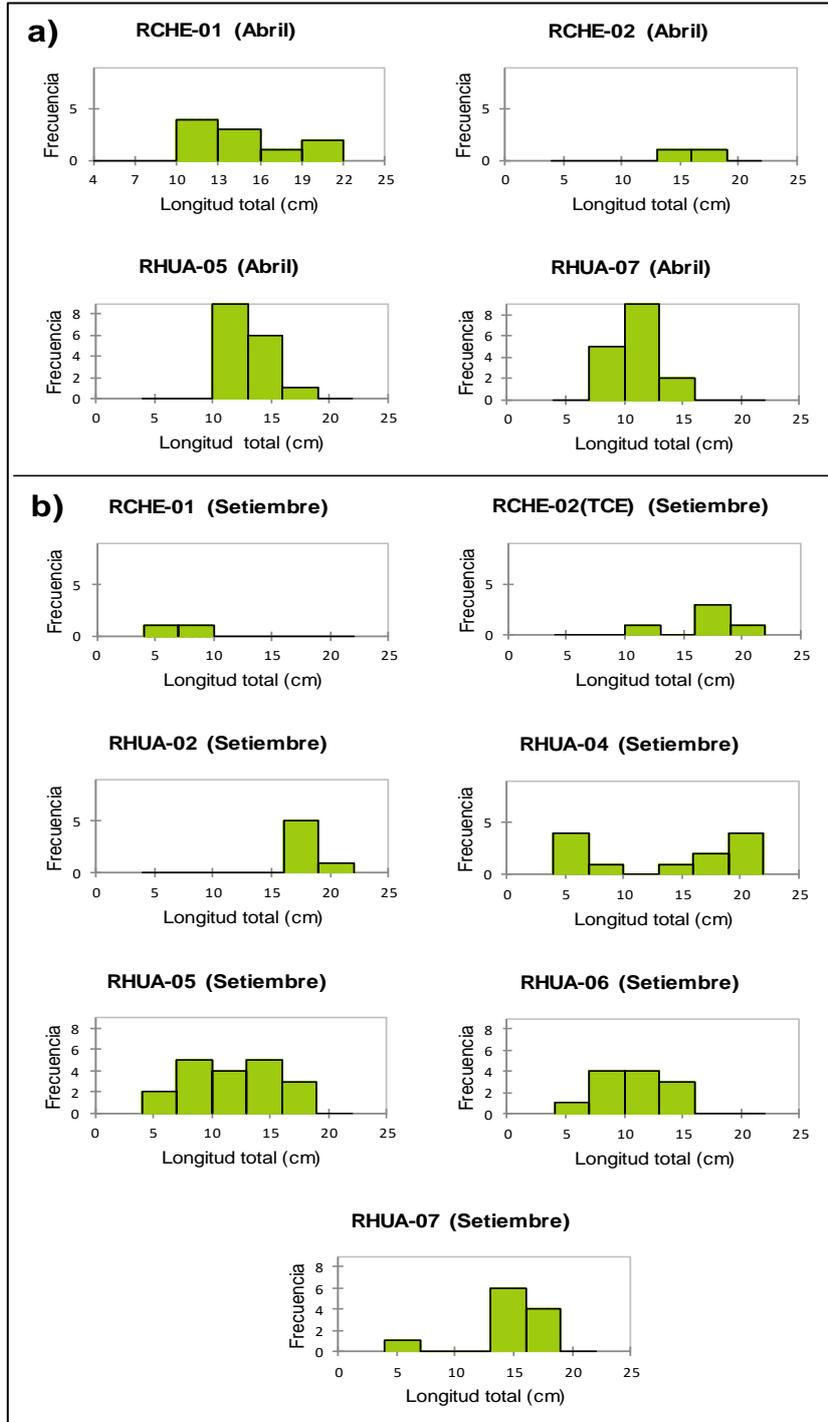


Figura 6.36. Histogramas de tallas para *Basilichthys semotilus* en a) se representaron las tallas de abril 2022 y en b) las tallas de setiembre de 2022



Se analizó el contenido estomacal de 118 peces de las especies *Basilichthys semotilus* (pejerrey, 81 tubos digestivos), *Oncorhynchus mykiss* (trucha, 27 tubos digestivos) y *Trichomycterus aff. vittatus* (bagre, 10 tubos digestivos). En el río Checras se analizaron 22 tubos digestivos de abril de 2022 y 11 tubos digestivos de setiembre de 2022. En tanto que en el río Huaura se analizaron 35 tubos digestivos de abril y 50 tubos digestivos de setiembre (Tabla 6.18).

Tabla 6.18. Número de tubos digestivos para el análisis del contenido estomacal de las especies de *Basilichthys semotilus*, *Oncorhynchus mykiss* y *Trichomycterus aff. vittatus* de los ríos Checras y Huaura

Especie	Abril 2022		Setiembre 2022		Total
	Checras	Huaura	Checras	Huaura	
<i>Basilichthys semotilus</i>	12	32	5	32	81
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	10	0	6	11	27
<i>Trichomycterus aff. vittatus</i>	0	3	0	7	10
Total	22	35	11	50	118

Contenido estomacal

La composición de los taxones de macroinvertebrados bentónicos registrados en el contenido estomacal de las especies de *Basilichthys semotilus*, *Oncorhynchus mykiss* y *Trichomycterus aff. vittatus* de los ríos Checras y Huaura se muestra en la Tabla 6.19. Los resultados de contenido estomacal evidencian una preferencia de la especie *Basilichthys semotilus* por los insectos acuáticos preferentemente de la familia Chironomidae (66,95 %), Baetidae (12,30 %), Ephemeroptera (6,01 %) y Blephariceridae (5,67 %). La especie *Oncorhynchus mykiss* evidenció una preferencia por los insectos acuáticos de la familia Chironomidae (68,20 %), Physidae (15,60 %) y Baetidae (5,81%). La especie *Trichomycterus aff. vittatus* evidenció una preferencia por los insectos acuáticos de la familia Simuliidae (60,62 %), Chironomidae (17,66 %) y Ephemeroptera (12,41 %). La Figura 6.37 muestra la preferencia de taxones registrados en los tubos digestivos de las especies *Basilichthys semotilus*, *Oncorhynchus mykiss* y *Trichomycterus aff. vittatus* de los ríos Checras y Huaura.

Tabla 6.19. Composición de los taxones registrados en el contenido estomacal de las especies de *Basilichthys semotilus*, *Oncorhynchus mykiss* y *Trichomycterus aff. vittatus* de los ríos Checras y Huaura

Especie	<i>Basilichthys semotilus</i>		<i>Oncorhynchus mykiss</i>		<i>Trichomycterus aff. vittatus</i>	
	N.º Individuos	%A.R.	N.º Individuos	%A.R.	N.º Individuos	%A.R.
Baetidae	397	12,30	57	5,81	1	0,24
Blephariceridae	183	5,67	8	0,82	11	2,63
Ceratopogonidae	1	0,03	3	0,31	0	0,00
Chironomidae	2161	66,95	669	68,20	74	17,66
Clitellata ND	0	0,00	0	0,00	3	0,72
Coleoptera ND	2	0,06	6	0,61	0	0,00
Corydalidae	14	0,43	14	1,43	2	0,48
Dixidae	1	0,03	0	0,00	0	0,00
Elmidae	17	0,53	3	0,31	0	0,00
Empididae	42	1,30	9	0,92	4	0,95
Ephemeroptera ND	194	6,01	0	0,00	52	12,41
Glossosomatidae	2	0,06	0	0,00	0	0,00



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

Especie	<i>Basilichthys semotilus</i>		<i>Oncorhynchus mykiss</i>		<i>Trichomycterus aff. vittatus</i>	
Taxones	N.º Individuos	%A.R.	N.º Individuos	%A.R.	N.º Individuos	%A.R.
Hydrobiosidae	6	0,19	4	0,41	11	2,63
Hydrophilidae	0	0,00	1	0,10	0	0,00
Hydroptilidae	63	1,95	14	1,43	6	1,43
Leptohiphidae	24	0,74	0	0,00	0	0,00
Leptophlebiidae	1	0,03	1	0,10	0	0,00
Muscidae	16	0,50	29	2,96	1	0,24
Physidae	71	2,20	153	15,60	0	0,00
Psychodidae	4	0,12	1	0,10	0	0,00
Simuliidae	22	0,68	4	0,41	254	60,62
Staphylinidae	3	0,09	1	0,10	0	0,00
Tipulidae	4	0,12	4	0,41	0	0,00
Número de Tubos digestivos analizados	81	100,00	27	100,00	10	100,00

%A.R.: Porcentaje de abundancia relativa



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

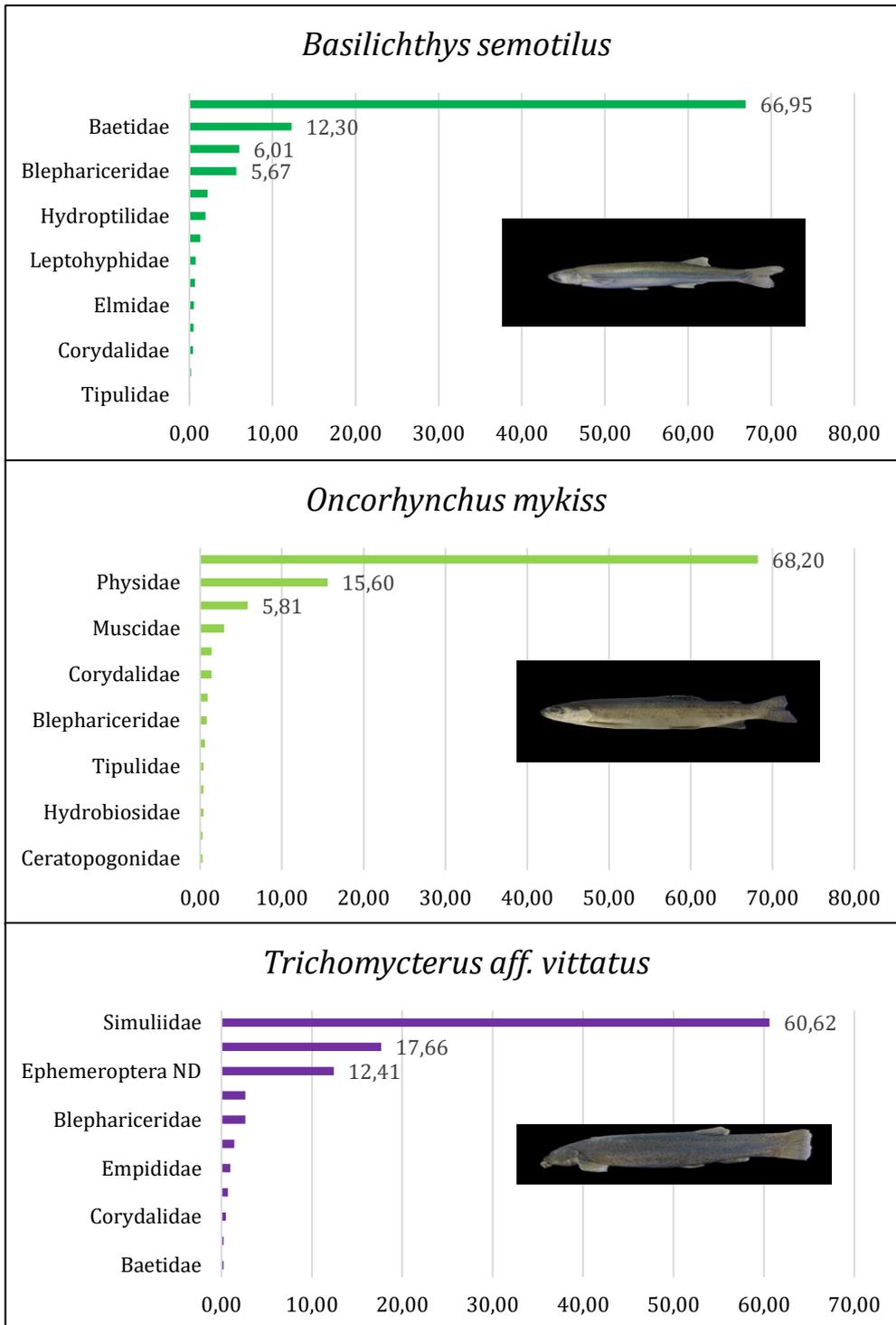


Figura 6.37. Abundancia relativa de los taxones registrados en el contenido estomacal de las especies de *Basilichthys semotilus*, *Oncorhynchus mykiss* y *Trichomycterus aff. vittatus*



En relación con el estadio de vida de las especies de peces analizadas en el río Checras todos los individuos de la especie *Basilichthys semotilus* se encontraron en la fase 3 durante abril y setiembre de 2022; mientras que los de la especie *Oncorhynchus mykiss* se encontraron en estadios juvenil 1, juvenil 2 y adultos en abril y solo juvenil 2 y adultos en setiembre.

En el río Huaura los individuos de *Basilichthys semotilus* se encontraron en fase 2 y fase 3 durante abril de 2022 y en solo en fase 3 durante setiembre 2022. En cuanto a los individuos de la especie *Oncorhynchus mykiss* solo fueron registrados en estadio juvenil 2 y adultos en setiembre. Los individuos de *Trichomycterus aff. vittatus* solo se encontraron en la fase 3 tanto en abril como en setiembre. La Tabla 6.20 muestra los estadios de vida de las especies de peces de las cuales se extrajeron los tubos digestivos.

Tabla 6.20. Estadio de vida de las especies de peces *Basilichthys semotilus*, *Oncorhynchus mykiss* y *Trichomycterus aff. vittatus* analizadas para el contenido estomacal

Mes	Estadio	Checras		Huaura		
		<i>Basilichthys semotilus</i>	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Basilichthys semotilus</i>	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Trichomycterus aff. vittatus</i>
Abril 2022	Juvenil 1	0	5	0	0	0
	Juvenil 2	0	4	0	0	0
	Adulto	0	1	0	0	0
	Fase 1	0	0	0	0	0
	Fase 2	0	0	5	0	0
	Fase 3	12	0	27	0	3
Setiembre 2022	Juvenil 1	0	0	0	0	0
	Juvenil 2	0	4	0	3	0
	Adulto	0	2	0	8	0
	Fase 1	0	0	0	0	0
	Fase 2	0	0	0	0	0
	Fase 3	5	0	32	0	7

Para Trucha: Juvenil 1: 10-15 cm, Juvenil 2: 15-22 cm, Adulto: > 22 cm.

Para pejerrey y bagre: Fase 1: < 5 cm, Fase 2: 5-10 cm, Fase 3: 10-25 cm.

En relación con la abundancia relativa de los taxones consumidos por las especies de peces *Basilichthys semotilus*, *Oncorhynchus mykiss* y *Trichomycterus aff. vittatus* de los ríos Checras y Huaura según estadio de vida se tiene que:

En el río Checras, la especie *Basilichthys semotilus* en fase 3 presentó una preferencia por individuos de la familia Chironomidae entre 63 % y 94 % en abril y setiembre de 2022 respectivamente. La Tabla 6.21 muestra la preferencia de taxones registrados en los tubos digestivos de la especie *Basilichthys semotilus* en el río Checras durante abril y setiembre de 2022.

Tabla 6.21. Dieta de la especie *Basilichthys semotilus* en el río Checras

Especie	<i>Basilichthys semotilus</i>			
	Abril 2022		Setiembre 2022	
Taxones	Fase 3	%A.R.	Fase 3	%A.R.
Blephariceridae	6	7	0	0
Baetidae	3	4	5	2
Chironomidae	51	63	307	94
Empididae	11	14	0	0
Hydroptilidae	4	5	3	1



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

Especie	<i>Basilichthys semotilus</i>			
	Mes-Año	Abril 2022		Setiembre 2022
Taxones	Fase 3	%A.R.	Fase 3	%A.R.
Muscidae	0	0	6	2
Otros	6	7	6	2
Total	81	100	327	100

%A.R.: Porcentaje de abundancia relativa

La especie *Oncorhynchus mykiss* en estadio Juvenil 1 presentó una preferencia por la familia Chironomidae (79 % en abril), el estadio juvenil 2 una predilección por la familia de insectos Chironomidae 42 % en abril y 90 % en setiembre; y, los adultos de trucha tuvieron una preferencia por Chironomidae (20 % en abril y 89 % en setiembre), Corydalidae (20 % en abril) y Coleoptera (40 % en abril). La Tabla 6.22 muestra la preferencia de taxones registrados en los tubos digestivos de la especie *Oncorhynchus mykiss* en el río Checras abril y setiembre de 2022.

Tabla 6.22. Dieta de la especie *Oncorhynchus mykiss* en el río Checras

Especie	<i>Oncorhynchus mykiss</i>									
	Mes-Año	Abril-2022					Setiembre-2022			
Taxones	Juvenil 1	%A.R.	Juvenil 2	%A.R.	Adulto	%A.R.	Juvenil 2	%A.R.	Adulto	%A.R.
Blephariceridae	0	0	0	0	0	0	3	1	0	0
Chironomidae	11	79	13	42	1	20	422	90	85	89
Coleoptera ND	2	14	2	6	2	40	0	0	0	0
Corydalidae	1	7	11	35	1	20	0	0	0	0
Elmidae	0	0	2	6	0	0	0	0	0	0
Hydrobiosidae	0	0	0	0	0	0	4	1	0	0
Muscidae	0	0	0	0	0	0	21	4	5	5
Staphylinidae	0	0	0	0	1	20	0	0	0	0
Otros	0	0	3	10	0	0	18	4	5	5
Total	14	100	31	100	5	100	468	100	95	100

%A.R.: Porcentaje de abundancia relativa.

En el río Huaura, la especie *Basilichthys semotilus* en fase 2 presentó una preferencia por individuos de la familia Chironomidae en 88 % en abril; y, en Fase 3 mostró una preferencia por la familia Chironomidae en 83 % en abril y 47 % en setiembre, además la familia Baetidae formó parte de la dieta en 24 % durante setiembre. La Tabla 6.23 muestra la preferencia de taxones registrados en los tubos digestivos de la especie *Basilichthys semotilus* en el río Huaura durante abril y setiembre de 2022.

Tabla 6.23. Dieta de la especie *Basilichthys semotilus* en el río Huaura

Especie	<i>Basilichthys semotilus</i>					
	Mes-2022	Abril-2022				Setiembre-2022
Taxones	Fase 2	%A.R.	Fase 3	%A.R.	Fase 3	%A.R.
Blephariceridae	0	0	70	8	99	6
Baetidae	0	0	0	0	370	24
Chironomidae	322	88	755	83	726	47
Ephemeroptera ND	0	0	0	0	194	13
Empididae	0	0	19	2	0	0
Hydroptilidae	10	3	20	2	0	0
Leptohiphidae	13	4	0	0	0	0
Physidae	0	0	0	0	71	5



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

Especie	<i>Basilichthys semotilus</i>					
Mes-2022	Abril-2022				Setiembre-2022	
Taxones	Fase 2	%A.R.	Fase 3	%A.R.	Fase 3	%A.R.
Otros	19	5	47	5	85	6
Total	364	100	911	100	1545	100

%A.R.: Porcentaje de abundancia relativa.

La especie *Oncorhynchus mykiss*, en el río Huaura, solo fue registrada durante setiembre de 2022 donde el estadio juvenil 2 presentó una preferencia por la familia Chironomidae en un 50 % y por la familia Baetidae en un 27 %; mientras que los individuos adultos presentaron una dieta constituida por las familias Physidae en un 56 % y Chironomidae en un 31 %. La Tabla 6.24 muestra la preferencia de taxones registrados en los tubos digestivos de la especie *Oncorhynchus mykiss* en el río Huaura durante los meses de abril y setiembre de 2022.

Tabla 6.24. Dieta de la especie *Oncorhynchus mykiss* en el río Huaura

Especie	<i>Oncorhynchus mykiss</i>			
Mes-Año	Setiembre-2022			
Taxones	Juvenil 2	%A.R.	Adulto	%A.R.
Baetidae	33	27	21	9
Chironomidae	61	50	76	31
Physidae	16	13	136	56
Otros	13	11	12	5
Total	123	100	245	100

%A.R.: Porcentaje de abundancia relativa.

La especie *Trichomycterus aff. vittatus*, en el río Huaura, solo fue registrada en fase 3 encontrándose una preferencia de dieta por las familias Chironomidae en un 93 % en abril y por la familia Simuliidae en un 65 % en setiembre. La Tabla 6.25 muestra la preferencia de taxones registrados en los tubos digestivos de la especie *Trichomycterus aff. vittatus* en el río Huaura durante abril y setiembre de 2022.

Tabla 6.25. Dieta de la especie *Trichomycterus aff. vittatus* en el río Huaura.

Especie	<i>Trichomycterus aff. Vittatus</i>			
Mes-Año	Abril-2022		Setiembre-2022	
Taxones	Fase 3	%A.R.	Fase 3	%A.R.
Blephariceridae	2	7	0	0
Chironomidae	27	93	47	12
Ephemeroptera ND	0	0	52	13
Simuliidae	0	0	254	65
Otros	0	0	37	9
Total	29	100	390	100

%A.R.: Porcentaje de abundancia relativa.

En cuanto a la abundancia por taxón de macroinvertebrados bentónicos (MIB) encontrados en el contenido estomacal de *Basilichthys semotilus* en los ríos Checras y Huaura, se registró una mayor abundancia de MIB de la familia Chironomidae en los tubos digestivos de los individuos de pejerrey, entre otros taxones como Ephemeroptera y Blephariceridae (Figura 6.38).



Respecto a la especie *Oncorhynchus mykiss*, en el mes de abril se registraron individuos de trucha solo en el río Checras en los puntos RCHE-01 y RCHE-02 predominando los taxones Chironomidae, Corydalidae y Coleoptera. En el mes de setiembre, se encontró una mayor abundancia de MIB en su contenido estomacal en los puntos RCHE-01, RCHE-02 (TCE), RHUA-02 y RHUA-04. Dentro de los taxones más consumidos destaca la familia Chironomidae en ambos meses evaluados siguiéndole la familia Physidae y orden Ephemeroptera en setiembre (Figura 6.39).

En relación con la especie *Trichomycterus aff. vittatus*, estos individuos solo fueron registrados en los puntos RHUA-06 y RHUA-07. Los taxones más abundantes encontrados en los tubos digestivos de bagre fueron la familia Chironomidae en los puntos RHUA-06 y RHUA-07 del mes de abril mientras que la familia Simuliidae se encontró en mayor abundancia en el punto RHUA-07 durante setiembre (Figura 6.40).



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

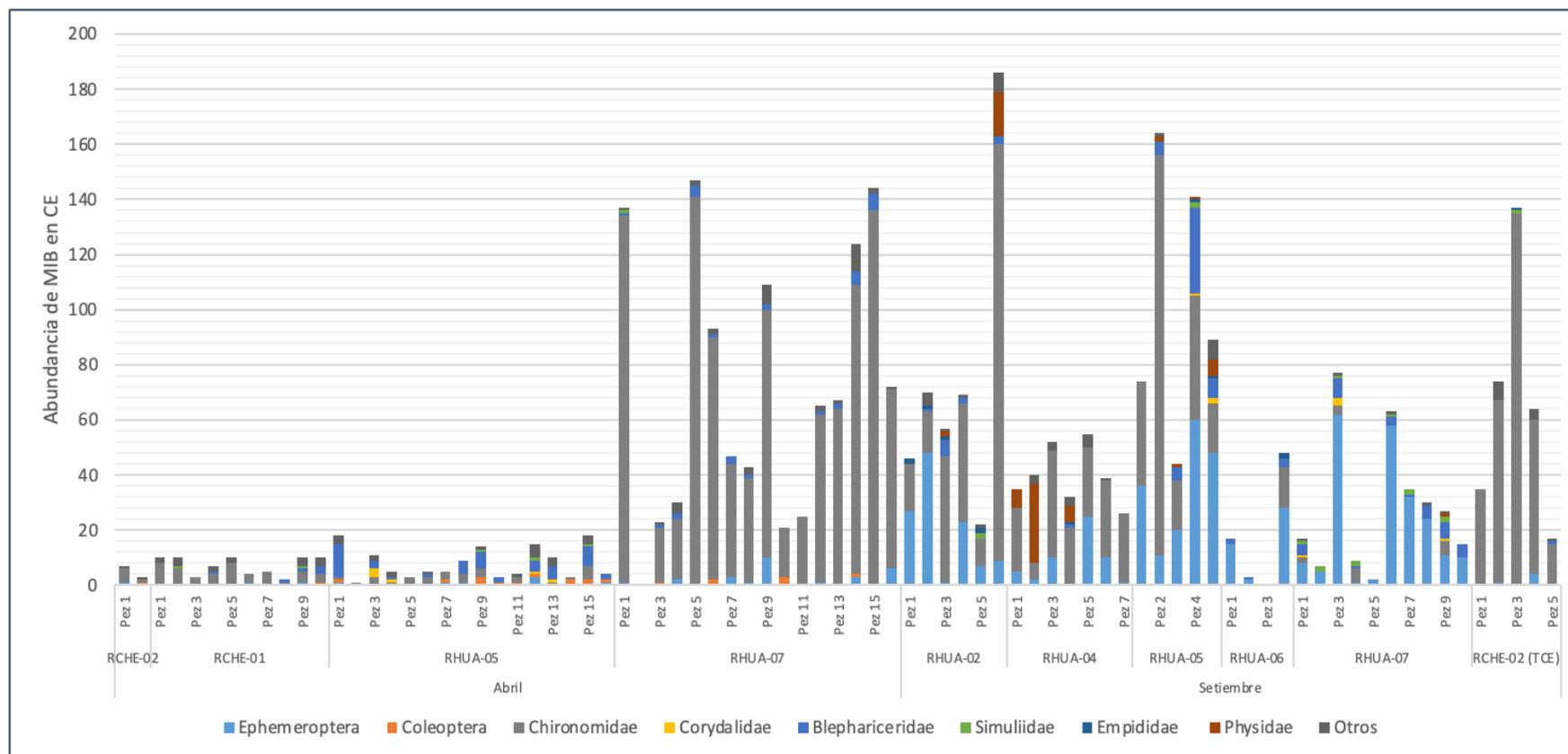


Figura 6.38. Abundancia por taxón de macroinvertebrados bentónicos (MIB) en contenido estomacal (CE) de *Basilichthys semotilus* en los ríos Checras y Huaura en abril y setiembre de 2022



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

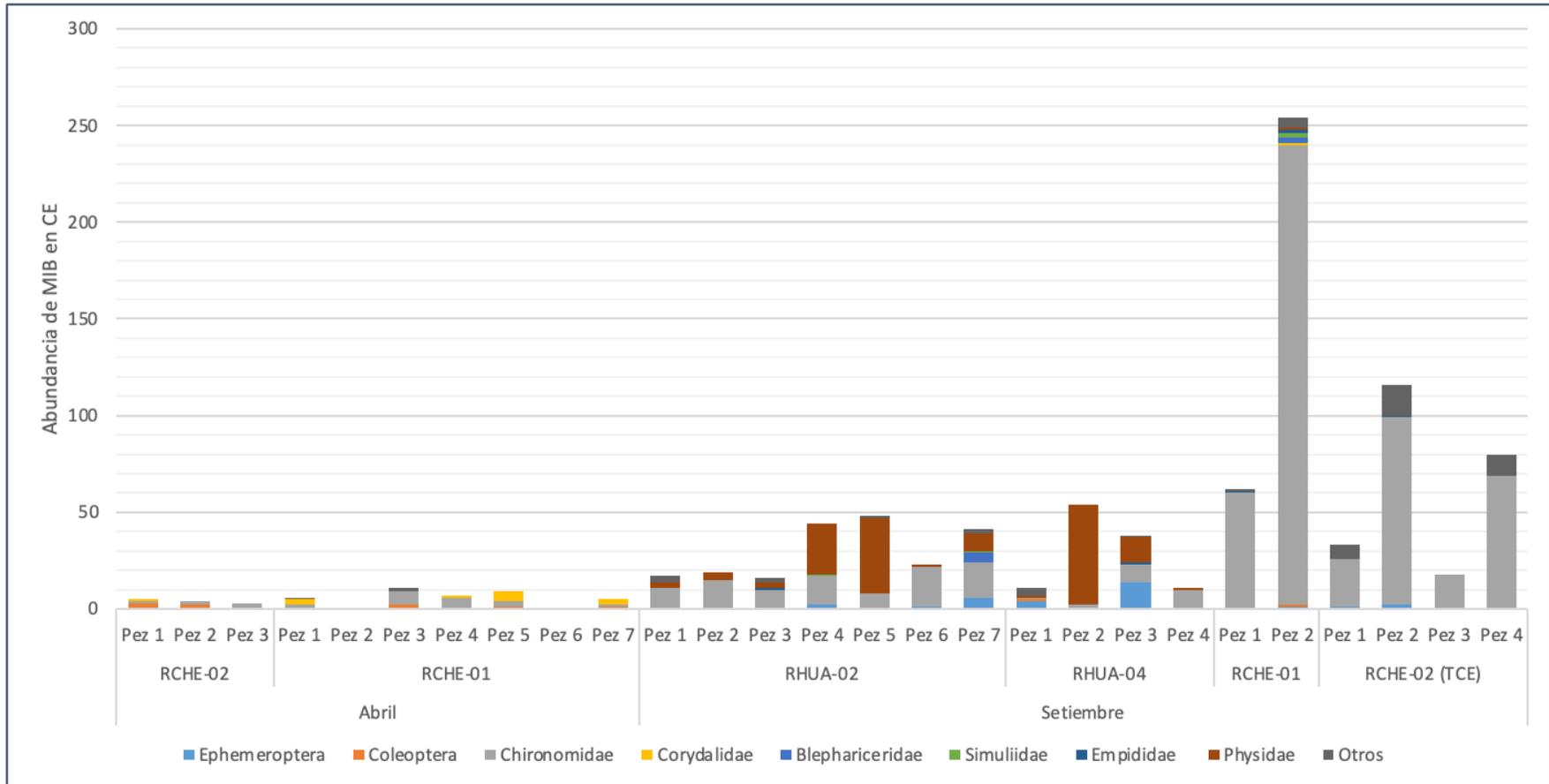


Figura 6.39. Abundancia por taxón de macroinvertebrados bentónicos (MIB) en contenido estomacal (CE) de *Oncorhynchus mykiss* en los ríos Checras y Huaura



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

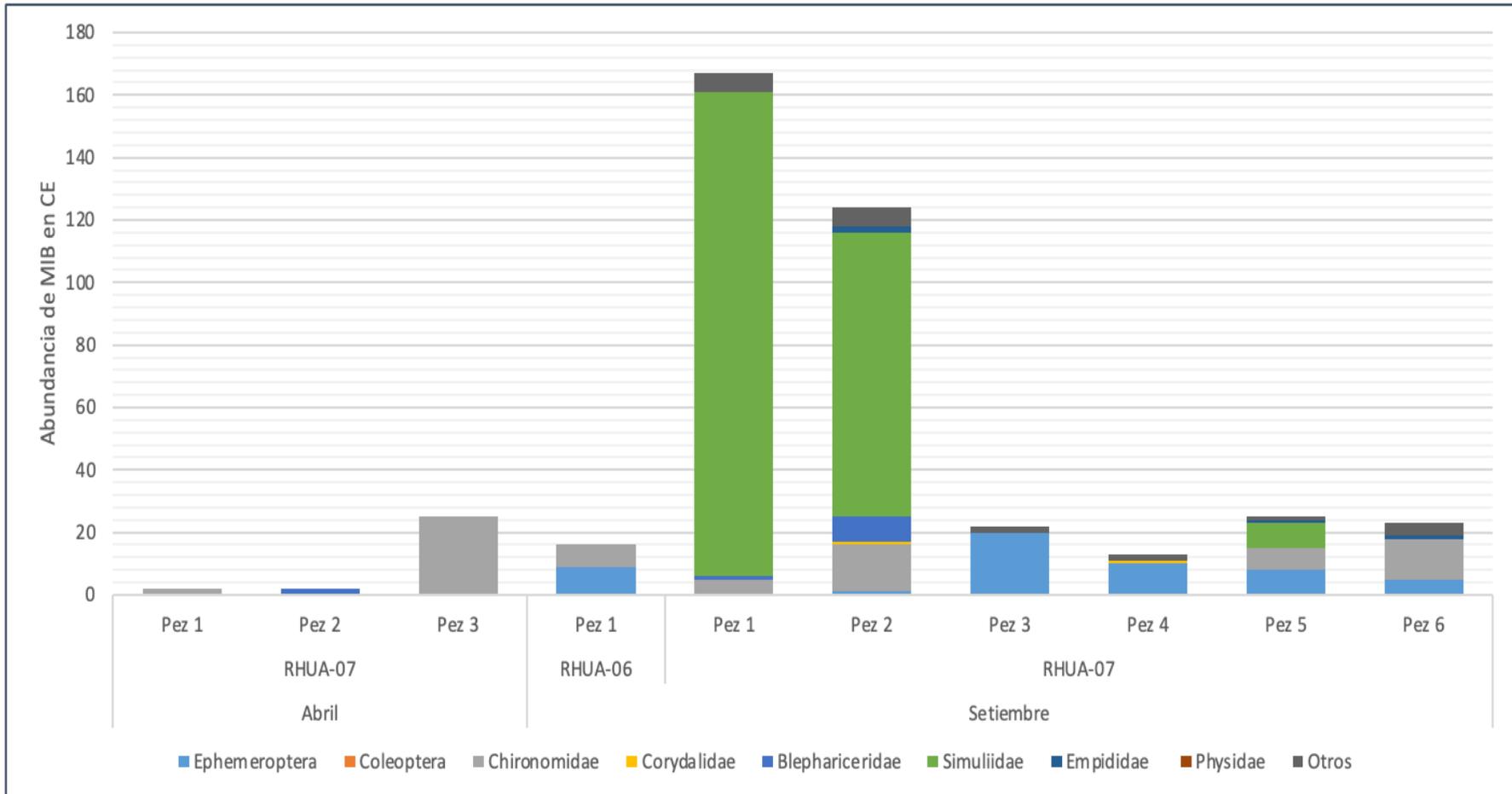


Figura 6.40. Abundancia por taxón de macroinvertebrados bentónicos (MIB) en contenido estomacal (CE) de *Trichomycterus aff. vittatus* en los ríos Checras y Huaura



6.2. Caudal ecológico establecido en los ríos Checras y Huaura y comparación con el modelo de simulación de hábitat PHABSIM para la comunidad ictiológica en el tramo de influencia de la CH Cheves

6.2.1. Caudales

El detalle de los caudales registrados en campo de estimación de caudal y de los caudales obtenidos con información topográfica se encuentran en los Anexos 3 y 5 respectivamente. En la mayoría de los casos, la variación del caudal estimado y el obtenido mediante datos hidráulicos fue mínima como se observa en RCHE-02(TCE), donde la estimación de caudal registró 0,820 m³/s y el de datos hidráulicos registró 0,937 m³/s, variando en aproximadamente 0,1 m³/s. Solo en el punto RHUA-06 se observó una considerable diferencia donde la estimación de caudal registró 1,994 m³/s y la de datos hidráulicos registró 1,220 m³/s observando una diferencia de aproximadamente 0,7 m³/s.

Cabe indicar que los registros de estimación de caudal y de datos hidráulicos fueron obtenidos el mismo día; sin embargo, variaron en aproximadamente 1 o 2 horas debido a que primero se pescaba y aforaba, y posteriormente se hacía el levantamiento de información topográfica e hidráulica. En el caso de RHUA-06 parece que durante el lapso de 1 o 2 horas el caudal cambio en el punto de muestreo reflejándose en esa diferencia explicada anteriormente.

Tabla 6.26. Caudales registrados en campo y los caudales obtenidos durante el levantamiento de información topográfica e hidráulica

Mes	Punto	Fecha	Hora	Ficha de estimación de caudal		Ficha de datos hidráulicos	
				Caudal (m ³ /s)	Caudal corregido* (m ³ /s)	Transecto	Caudal (m ³ /s)
Abril	RCHE-02	2022-04-21	12:00	2,529	1,696 ⁽²⁾	SR	SR
		2022-04-27	16:30	1,563	1,046 ⁽²⁾	SR	SR
		2022-04-28	08:20	3,942	2,637 ⁽²⁾	SR	SR
	RHUA-02	2022-04-27	17:00	0,204	0,135 ⁽²⁾	SR	SR
		2022-04-28	11:45	0,142	0,095 ⁽²⁾	SR	SR
	RHUA-03	2022-04-20	14:15	0,305	0,205 ⁽²⁾	SR	SR
	RHUA-04	2022-04-27	17:30	2,463	1,625 ^{(1) (2)}	SR	SR
		2022-04-28	16:00	2,551	1,721 ^{(1) (2)}	SR	SR
RHUA-07	2022-04-24	13:40	6,273	4,214 ^{(1) (2)}	SR	SR	
Setiembre	RCHE-01	2022-09-25	08:40	4,772	SR	SR	SR
	RCHE-02	2022-09-19	09:50	0,698	SR	SR	SR
	RCHE-02(TCE)	2022-09-26	09:15	0,820 ^{(1) (2)}	SR	Transecto 4	0,937
	RHUA-02	2022-09-19	13:15	0,834 ⁽²⁾	SR	SR	SR
		2022-09-29	12:45	0,776 ⁽²⁾	SR	SR	SR
	RHUA-04	2022-09-18	10:00	1,709 ^{(1) (2)}	SR	SR	SR
		2022-09-27	09:00	1,613 ^{(1) (2)}	SR	Transecto 4	1,664
	RHUA-05	2022-09-22	09:40	1,379 ^{(1) (2)}	SR	Transecto 1	1,356
RHUA-06	2022-09-24	08:35	1,994 ^{(1) (2)}	SR	Transecto 5	1,220	
RHUA-07	2022-09-29	08:30	1,850 ^{(1) (2)}	SR	Transecto 1	1,770	

Transectos usados durante el levantamiento topográfico para determinar el caudal referencial en la simulación.

Registros de caudal asociados al tirante de agua observado para la simulación de hábitat.

SR: Sin Registro.

*: Los caudales calculados en abril de 2022 (Anexo 3: Ficha de estimación de caudal, RC-044-2022-STEC) fueron rectificadas como se muestra en la columna de caudales corregidos.

⁽¹⁾: Caudales usados para el cálculo del área útil ponderada en la simulación del hábitat, los cuales fueron redondeados a la décima más cercana.



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación
Ambiental

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

⁽²⁾: Caudales usados para el cálculo del tirante de agua en la simulación del hábitat, los cuales fueron redondeados a la décima más cercana.

6.2.2. Modelamiento hidráulico

A. Tramo RHUA-02 (TCE)

El levantamiento topográfico y fotogramétrico con inspección aérea con dron permitieron obtener los puntos y los 7 transectos que se muestran en la Figura 6.41.

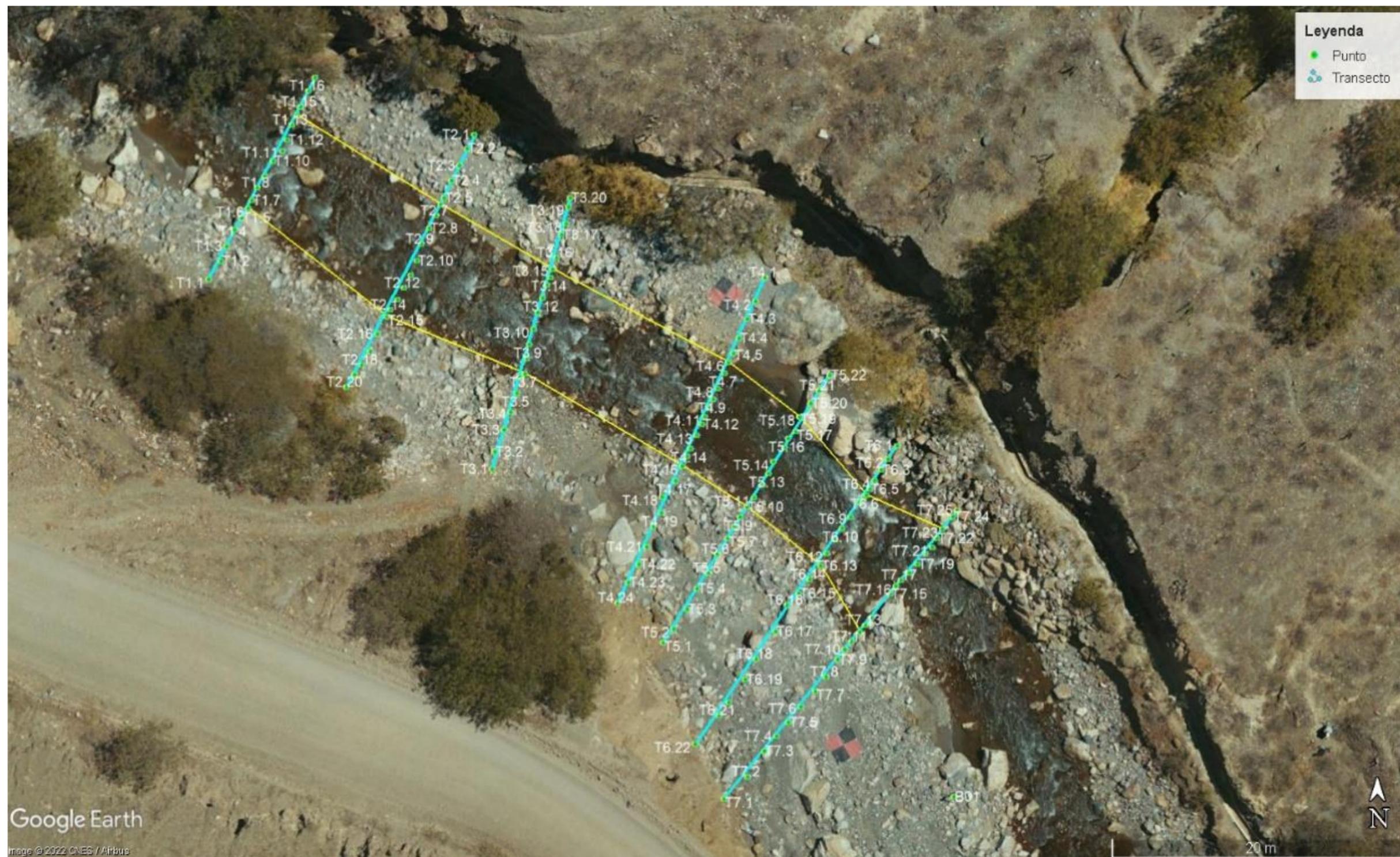


Figura 6.41. Inspección aérea con dron mostrando los puntos y transectos del tramo de río de RCHE-02 (TCE)

Nota: La línea amarilla permite ver la continuidad del tirante de agua indicada en cada transecto.



La Figura 6.42 muestra el perfil transversal de la vaguada de los 7 transectos junto con el tirante de agua observado en campo y los tirantes de agua simulados. Se observa como la vaguada aumenta en altitud desde el transecto 1 al transecto 3 caracterizando en estos límites al hábitat de tipo subrápido. Los transectos 4, 5 y 6 formaron una poza, donde el transecto 4 fue la cola de la poza, y los transectos 5 y 6 fueron la zona profunda de la poza. Esto coincide con el perfil transversal de la vaguada observado desde el transecto 4 hasta el 6 donde se registró una reducción de la altitud desde el transecto 5 y 6. El transecto 7 tuvo un incremento en la vaguada caracterizando un subrápido. El tirante de agua observado en campo fue para una caudal de 0,9 m³/s y se observa como el tirante disminuye conforme se reduce el caudal a 0,1 m³/s y 0,5 m³/s (valores simulados) y aumenta para los caudales simulados de 1,1 m³/s hasta 5,7 m³/s.

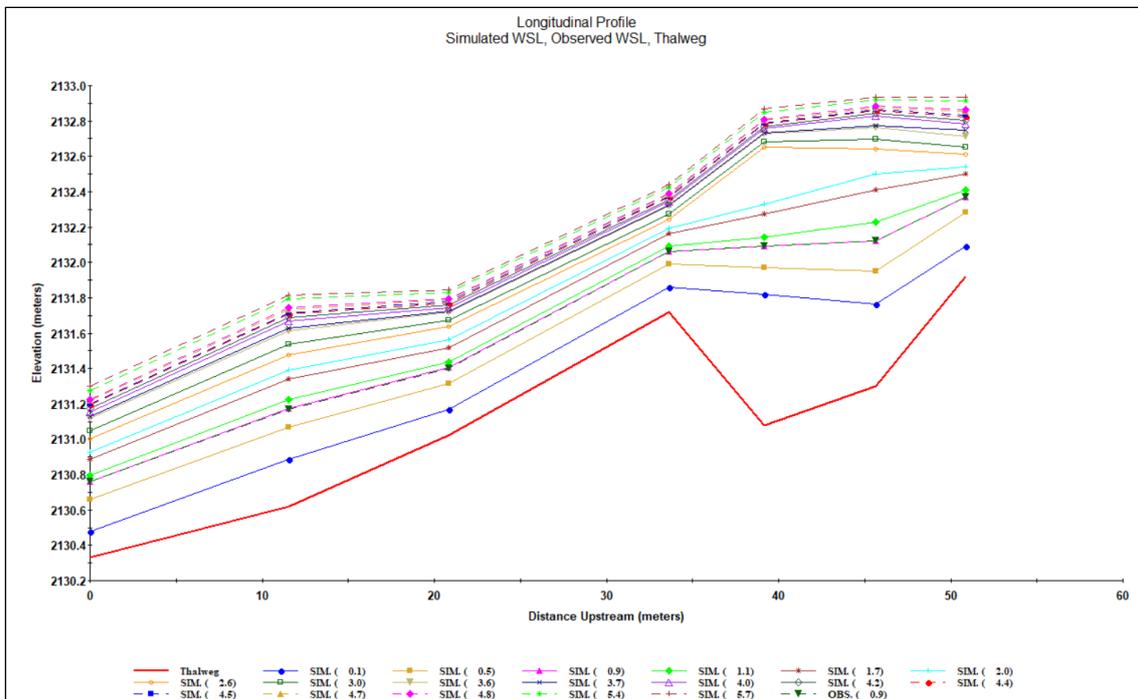


Figura 6.42. Perfil longitudinal de la vaguada y los tirantes de agua obtenidos a partir de los caudales simulados y observado del tramo de río de RCHE-02(TCE)
Thalweg: Vaguada; SIM: Caudal simulado (m³/s); OBS: Caudal observado (m³/s).

La Figura 6.43 muestra las secciones transversales de cada transecto mostrando el tirante de agua para el caudal observado de 0,9 m³/s y para algunos caudales simulados (0,1 m³/s, 3 m³/s y 5,7 m³/s). Tomando como referencia el tirante observado para el caudal de 0,9 m³/s, se puede observar como el tirante disminuye cuando el caudal toma un valor de 0,1 m³/s y como el tirante incrementa para los caudales de 3 m³/s y 5,7 m³/s.



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

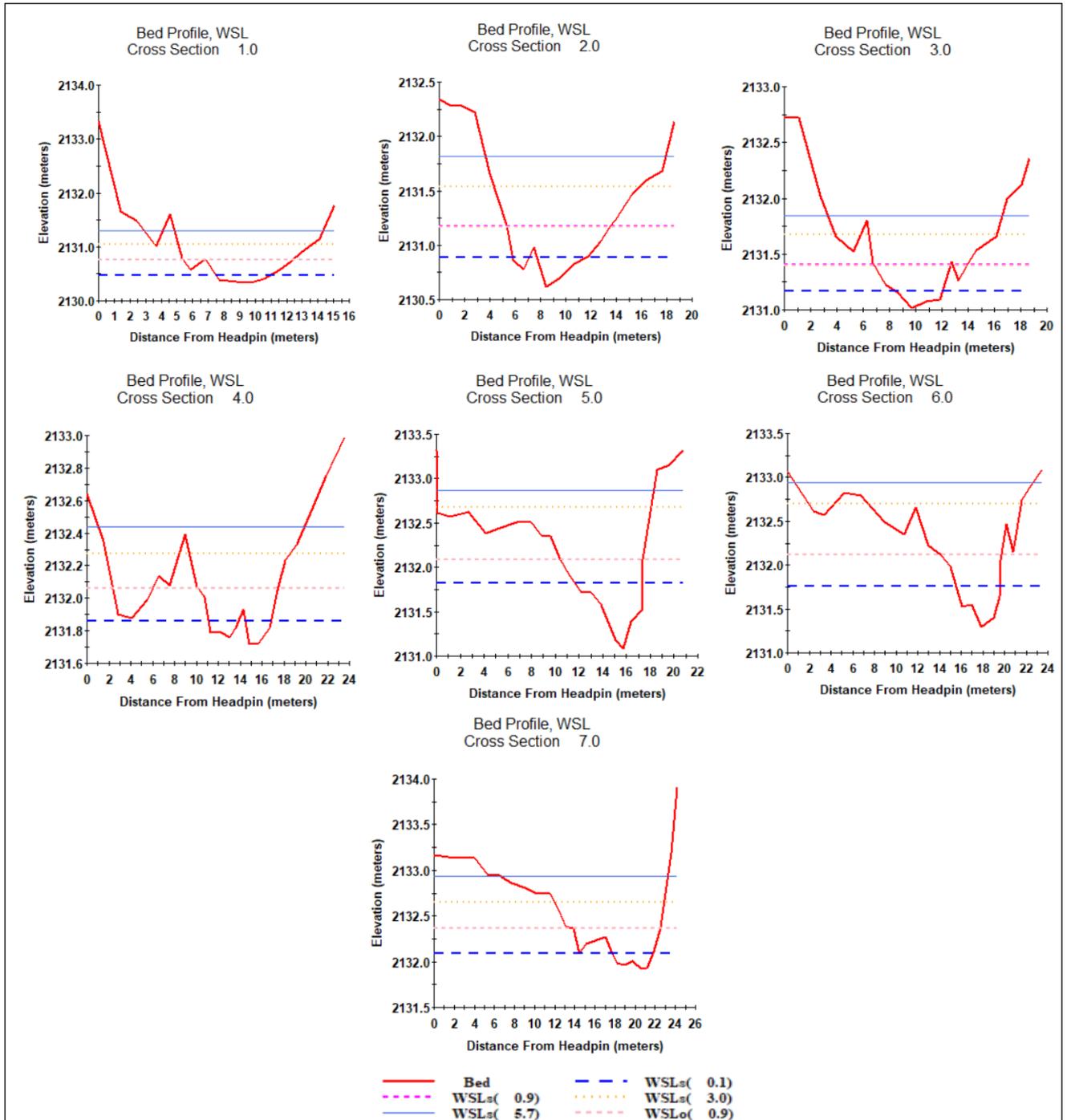


Figura 6.43. Secciones transversales de los transectos del tramo de río de RCHE-02(TCE)
Cross Section: Sección transversal; Bed: Lecho del río; WSLs: Tirante de agua simulado; WSLo: Tirante de agua observado.

B. Tramo RHUA-04

El levantamiento topográfico y fotogramétrico con inspección aérea con dron permitieron obtener los puntos y los 7 transectos que se muestran en la Figura 6.44.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

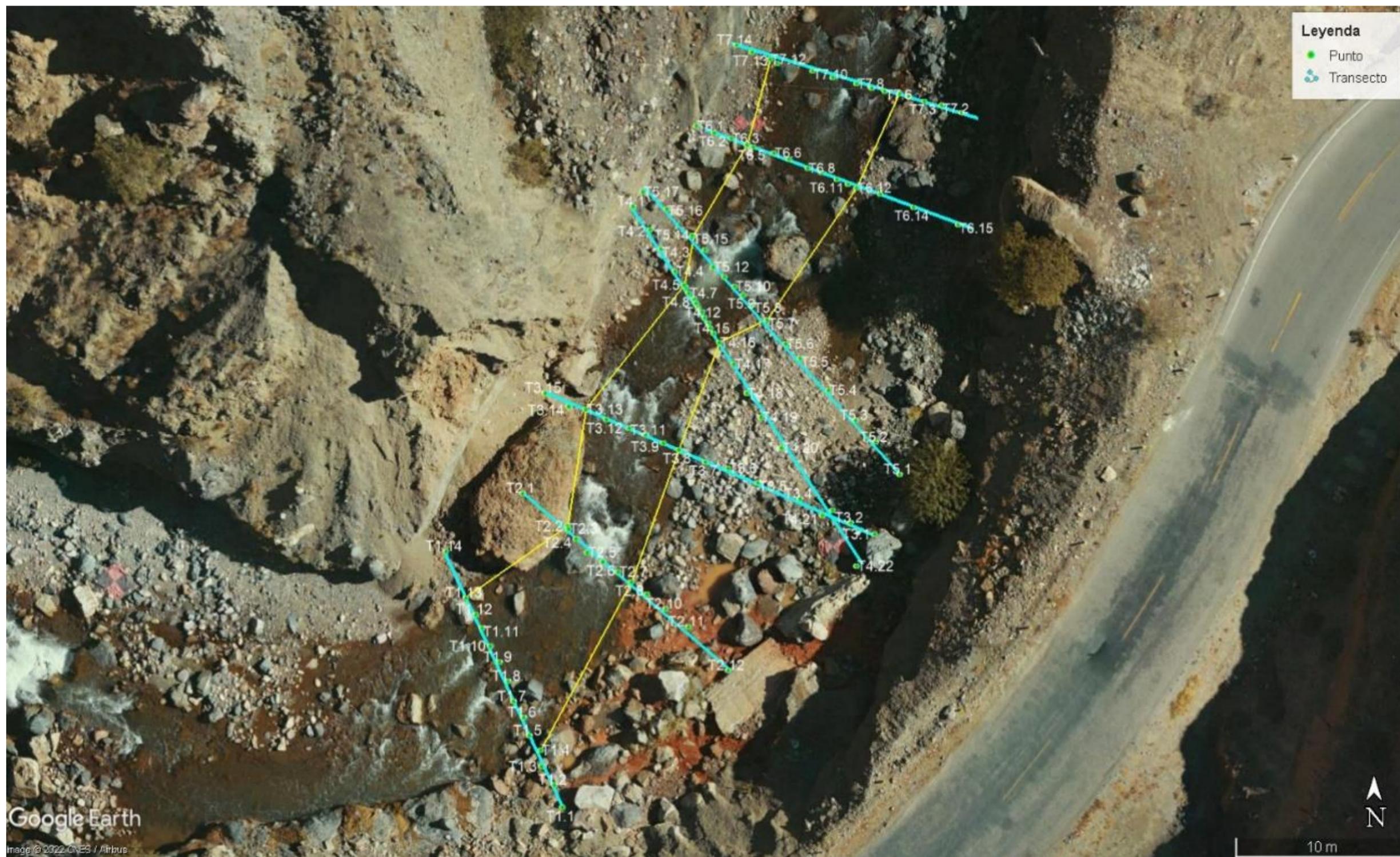


Figura 6.44. Inspección aérea con dron mostrando los puntos y transectos del tramo de río de RHUA-04
Nota: La línea amarilla permite ver la continuidad del tirante de agua indicada en cada transecto.



La Figura 6.45 muestra el perfil transversal de la vaguada de los 7 transectos junto con el tirante de agua observado en campo y los tirantes de agua simulados. Se observa como la vaguada disminuye en altitud desde el transecto 1 al transecto 2 caracterizando en estos límites al hábitat de tipo poza, donde el transecto 1 fue la cola la poza y el transecto 2 fue la zona profunda de la poza. La vaguada del transecto 3 aumenta de altitud conformando el subrapido. Los transectos 4, 5 y 6 formaron una poza, donde el transecto 4 fue la cola de la poza, y los transectos 5 y 6 fueron la zona profunda de la poza. Los transectos 4 y 5 forman una poza más pequeña reflejado en la disminución de la altitud de la vaguada desde el transecto 4 a 5. Finalmente, la altitud de la vaguada aumenta en el transecto 6 y 7, representando una tabla en el transecto 6 y un subrapido en el transecto 7. El tirante de agua observado en campo fue para un caudal de 1,8 m³/s y se observa como el tirante disminuye conforme se reduce el caudal en 0,5 m³/s a 1,7 m³/s (valores simulados) y aumenta para los caudales simulados de 1,9 m³/s hasta 10,5 m³/s.

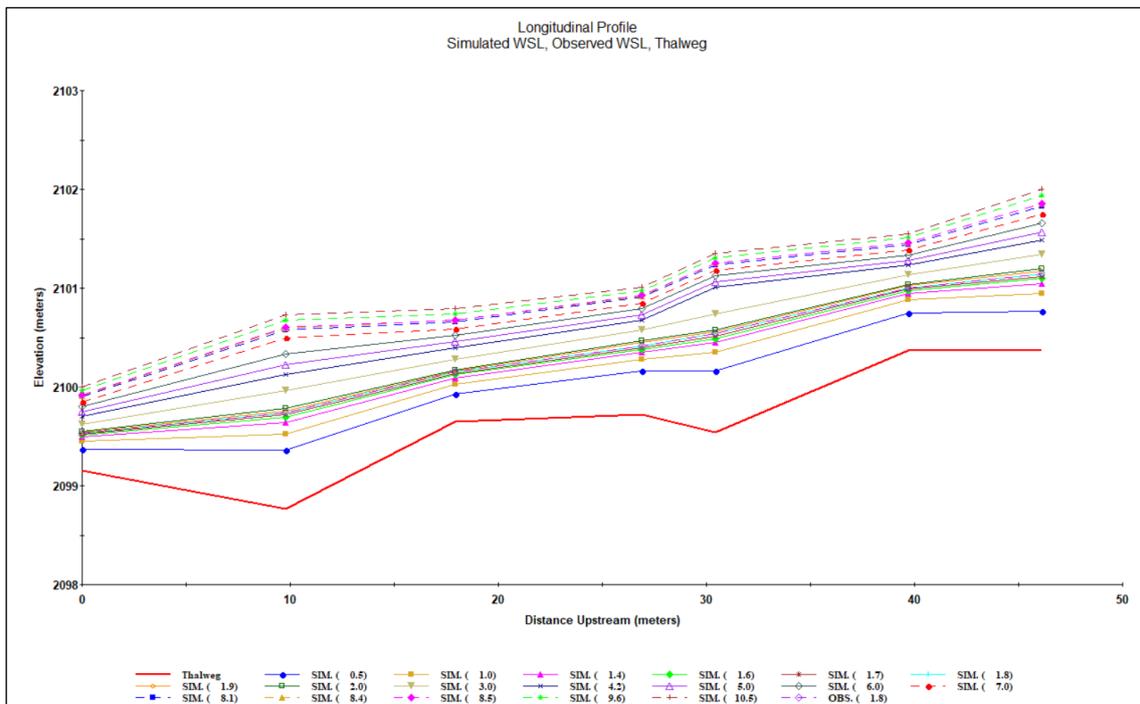


Figura 6.45. Perfil longitudinal de la vaguada y los tirantes de agua obtenidos a partir de los caudales simulados y observado del tramo de río de RHUA-04

Thalweg: Vaguada; SIM: Caudal simulado (m³/s); OBS: Caudal observado (m³/s).

La Figura 6.46 muestra las secciones transversales de cada transecto mostrando el tirante de agua para el caudal observado de 1,8 m³/s y para algunos caudales simulados (0,5 m³/s, 1,7 m³/s, 1,9 m³/s y 10,5 m³/s). En algunos casos se completó los extremos de los transectos con un punto adicional para representar el encausamiento que ya no se pudo acceder. Tomando como referencia el tirante observado para el caudal de 1,8 m³/s, se puede observar como el tirante disminuye cuando el caudal toma un valor de 0,5 m³/s y como el tirante incrementa para los caudales de 1,9 m³/s y 10,5 m³/s. Se puede observar cambios muy leves en los tirantes de 1,7 m³/s, 1,8 m³/s y 1,9 m³/s.



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

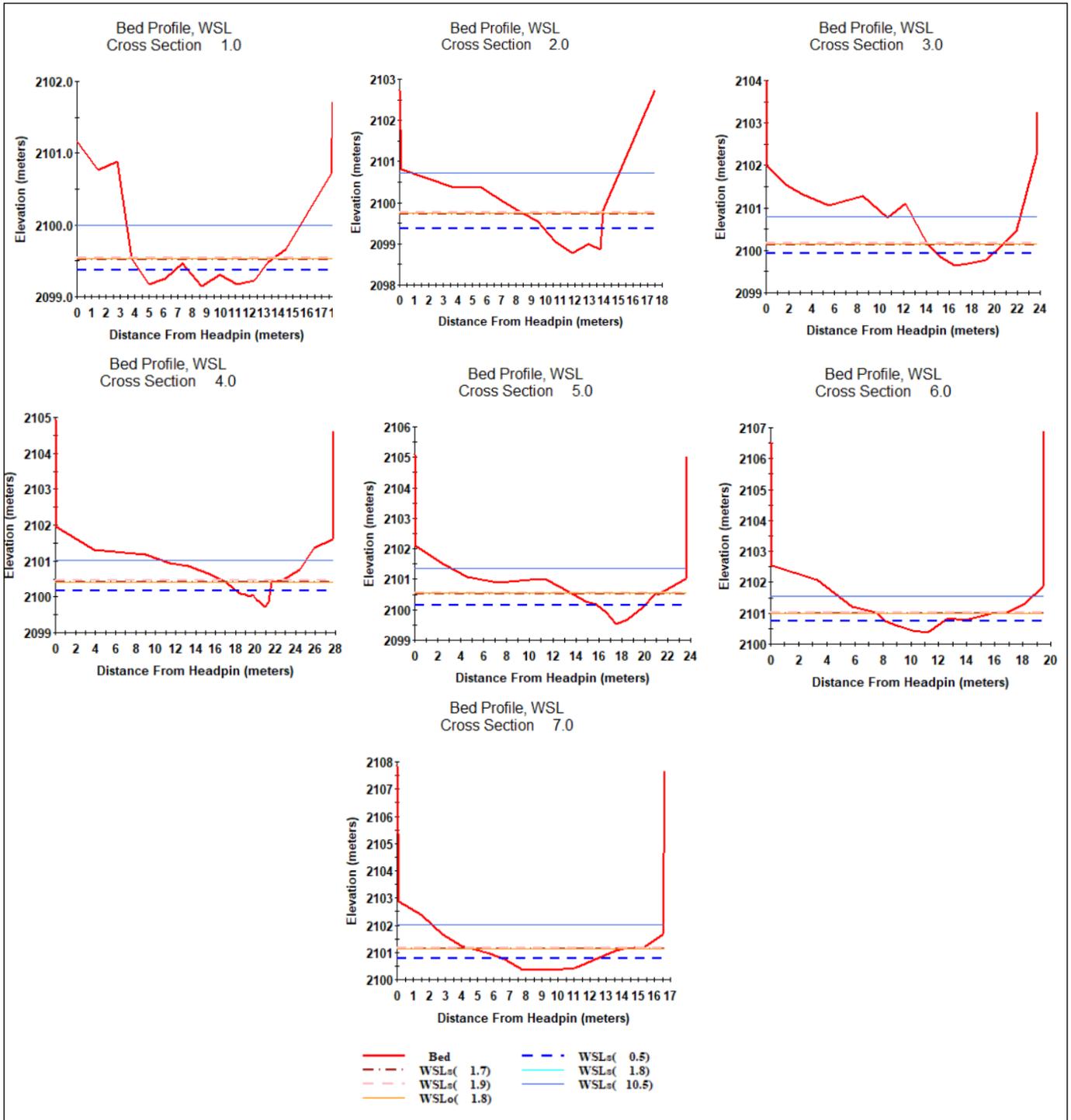


Figura 6.46. Secciones transversales de los transectos del tramo de río de RHUA-04
Cross Section: Sección transversal; Bed: Lecho del río; WSLs: Tirante de agua simulado; WSLo: Tirante de agua observado.

C. Tramo RHUA-05

El levantamiento topográfico y fotogramétrico con inspección aérea con dron permitieron obtener los puntos y los 9 transectos que se muestran en la Figura 6.47.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

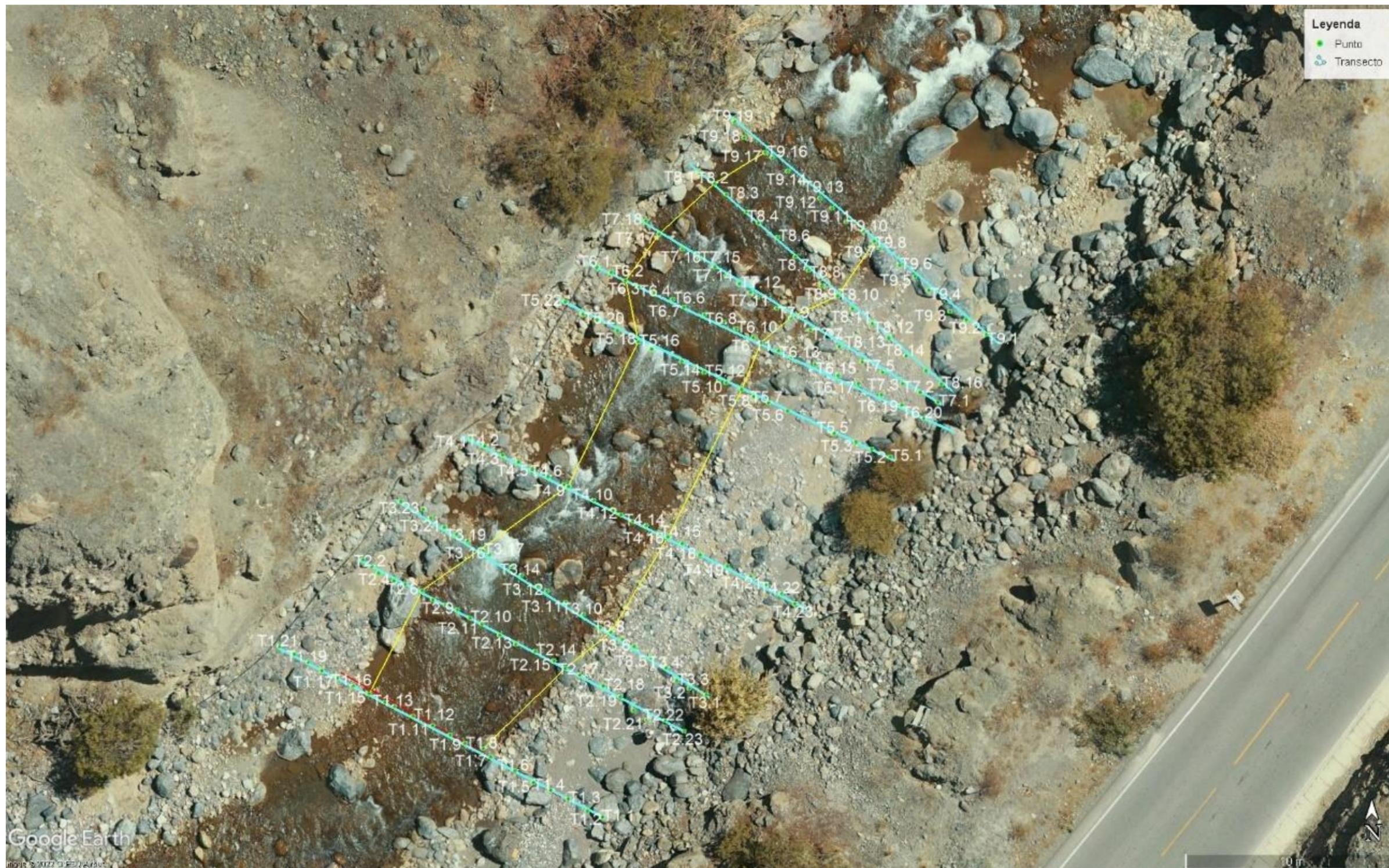


Figura 6.47. Inspección aérea con dron mostrando los puntos y transectos del tramo de río de RHUA-05
Nota: La línea amarilla permite ver la continuidad del tirante de agua indicada en cada transecto.



La Figura 6.41 muestra el perfil transversal de la vaguada de los 9 transectos junto con el tirante de agua observado en campo y los tirantes de agua simulados. Se observa como la vaguada disminuye en altitud desde el transecto 2 al transecto 3 caracterizando en estos límites a una poza pequeña, donde el transecto 2 fue la cola la poza y el transecto 3 fue la zona profunda de la poza. La vaguada de los transectos 4 y 5 aumentaron de altitud conformando el subrapido. Los transectos 6 y 7 formaron una poza pequeña, donde el transecto 6 fue la cola de la poza, y el transecto 7 fue la zona profunda de la poza. Finalmente, la altitud de la vaguada aumenta en el transecto 8 y 9, representando subrapidos. El tirante de agua observado en campo fue para una caudal de 1,4 m³/s y se observa como el tirante disminuye conforme se reduce el caudal en 0,2 m³/s a 1 m³/s (valores simulados) y aumenta para los caudales simulados de 1,6 m³/s hasta 10,5 m³/s.

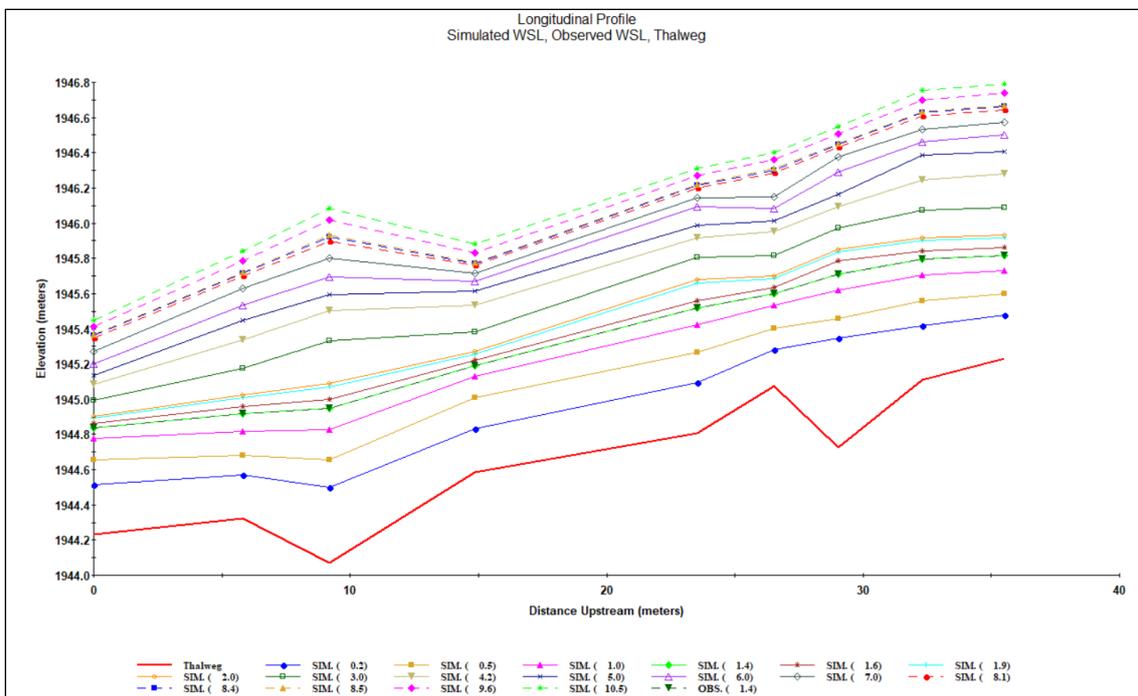


Figura 6.48. Perfil longitudinal de la vaguada y los tirantes de agua obtenidos a partir de los caudales simulados y observado del tramo de río de RHUA-05
Thalweg: Vaguada; SIM: Caudal simulado; OBS: Caudal observado.

La Figura 6.49 muestra las secciones transversales de cada transecto mostrando el tirante de agua para el caudal observado de 1,4 m³/s y para algunos caudales simulados (0,2 m³/s, 1 m³/s, 1,4 m³/s, 1,6 m³/s y 10,5 m³/s). En algunos casos se completó los extremos de los transectos con un punto adicional para representar las partes más extremas de las orillas. Tomando como referencia el tirante observado para el caudal de 1,4 m³/s, se puede observar como el tirante disminuye cuando el caudal toma un valor de 0,2 m³/s y 1 m³/s, y como el tirante incrementa para los caudales de 1,6 m³/s y 10,5 m³/s.



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

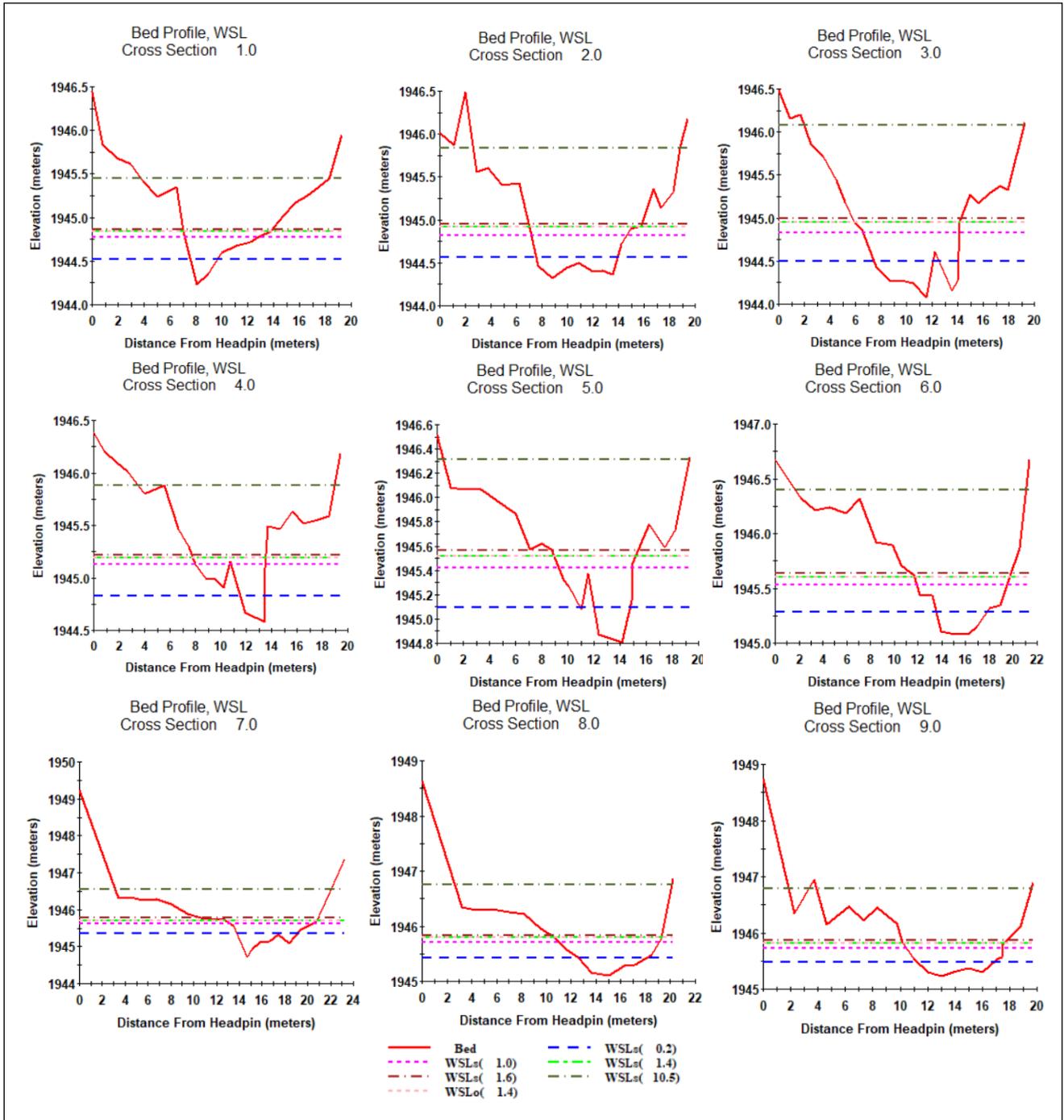


Figura 6.49. Secciones transversales de los transectos del tramo de río de RHUA-05
Cross Section: Sección transversal; Bed: Lecho del río; WSLs: Tirante de agua simulado; WSLo: Tirante de agua observado.

D. Tramo RHUA-06

El levantamiento topográfico y fotogramétrico con inspección aérea con dron permitieron obtener los puntos y los transectos que se muestran en la Figura 6.50. En este caso, solo se trabajó con 4 transectos (transectos 1, 3, 5 y 6) que pasaron a convertirse en transecto 1, 2, 3 y 4. La línea amarilla permite ver la continuidad del tirante de agua indicada en cada transecto.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú



Figura 6.50. Inspección aérea con dron mostrando los puntos y transectos del tramo de río de RHUA-06

Nota: La línea amarilla permite ver la continuidad del tirante de agua indicada en cada transecto.



La Figura 6.44 muestra el perfil transversal de la vaguada de los cuatro transectos junto con el tirante de agua observado en campo y los tirantes de agua simulados. Se observa como la vaguada aumenta en altitud desde el transecto 1 al transecto 3 caracterizando en estos límites al subrapido. El transecto 4 disminuye ligeramente de altitud respecto al transecto 3 representando a una tabla. El tirante de agua observado en campo fue para una caudal de 1,2 m³/s y se observa como el tirante disminuye conforme se reduce el caudal en 0,2 m³/s a 1 m³/s (valores simulados) y aumenta para los caudales simulados de 1,4 m³/s hasta 10,5 m³/s.

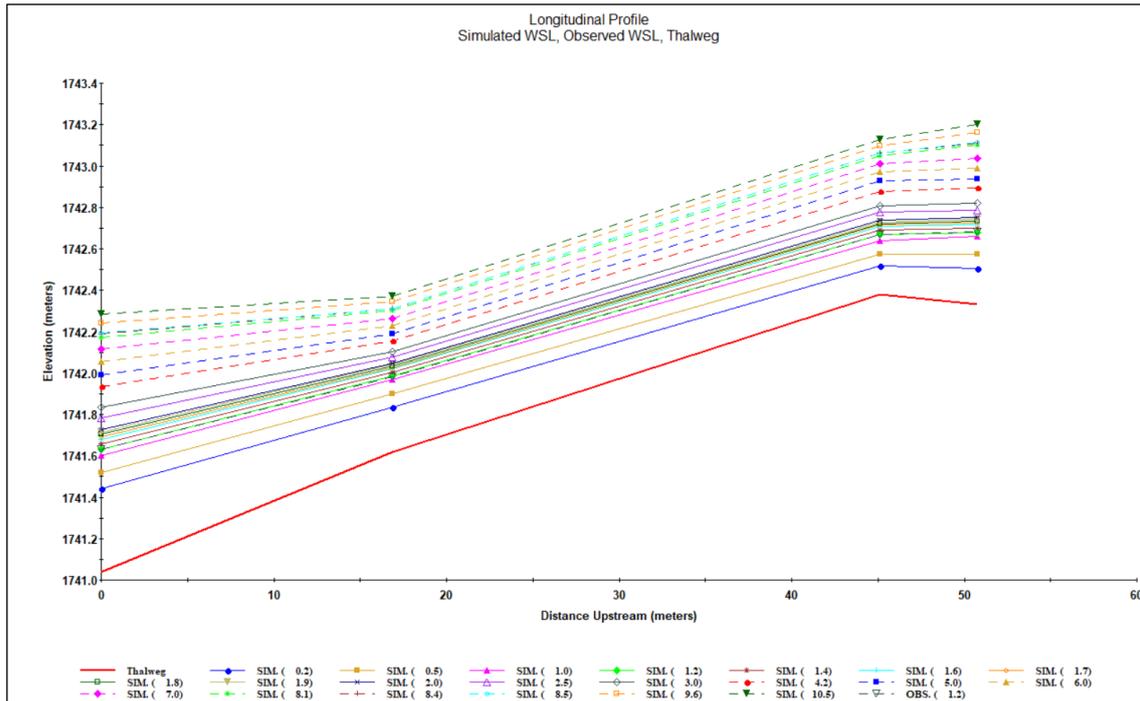


Figura 6.51. Perfil longitudinal de la vaguada y los tirantes de agua obtenidos a partir de los caudales simulados y observado del tramo de río de RHUA-06
Thalweg: Vaguada; SIM: Caudal simulado; OBS: Caudal observado.

La Figura 6.52 muestra las secciones transversales de cada transecto mostrando el tirante de agua para el caudal observado de 1,2 m³/s y para algunos caudales simulados (0,2 m³/s, 1 m³/s, 1,4 m³/s y 10,5 m³/s). En algunos casos se completó los extremos de los transectos con un punto adicional para representar las partes más extremas de las orillas. Tomando como referencia el tirante observado para el caudal de 1,2 m³/s, se puede observar como el tirante disminuye cuando el caudal toma un valor de 0,2 m³/s y 1 m³/s, y como el tirante incrementa para los caudales de 1,4 m³/s y 10,5 m³/s.



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

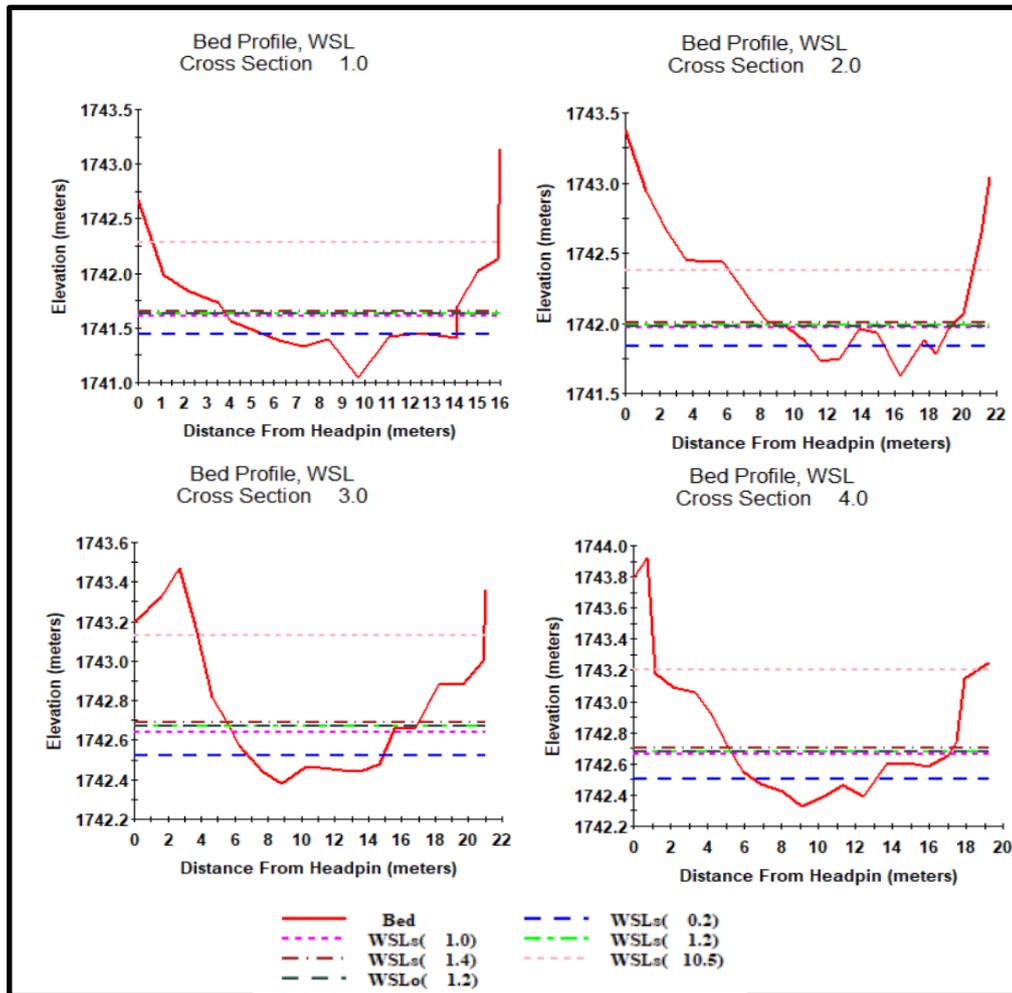


Figura 6.52. Secciones transversales de los transectos del tramo de río de RHUA-06
Cross Section: Sección transversal; Bed: Lecho del río; WSLs: Tirante de agua simulado; WSLo: Tirante de agua observado.

E. Tramo RHUA-07

El levantamiento topográfico y fotogramétrico con inspección aérea con dron permitieron obtener los puntos y los 8 transectos que se muestran en la Figura 6.53.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú



Figura 6.53. Inspección aérea con dron mostrando los puntos y transectos del tramo de río de RHUA-07

Nota: La línea amarilla permite ver la continuidad del tirante de agua indicada en cada transecto.



La Figura 6.54 muestra el perfil transversal de la vaguada de los 8 transectos junto con el tirante de agua observado en campo y los tirantes de agua simulados. Se observa como la vaguada del transecto 1 representa una tabla y disminuye en altitud desde el transecto 2 al transecto 3 caracterizando en estos límites a una poza, considerando el transecto 1 y 2 como la cola de la poza y al transecto 3 como la parte profunda de la poza. Los transectos 4 y 5 aumentan de altitud mostrando al subrapido, seguido de una pequeña poza reflejado en la caída de altitud del transecto 6 respecto al 5. Finalmente se incrementa ligeramente la altitud de la vaguada entre el transecto 7 y 8, representando una tabla. El tirante de agua observado en campo fue para una caudal de 1,8 m³/s y se observa como el tirante disminuye conforme se reduce el caudal en 0,2 m³/s a 1,4 m³/s (valor simulado) y aumenta notablemente para los caudales simulados de 2,5 m³/s hasta 10,5 m³/s. Valores de muy cercanos al registrado de 1,8 m³/s como 1,6 m³/s y 1,7 m³/s presentaron una reducción en el tirante, pero ligeramente. De la misma forma ocurre con los valores de 1,9 m³/s y 2 m³/s donde el aumento ocurre ligeramente.

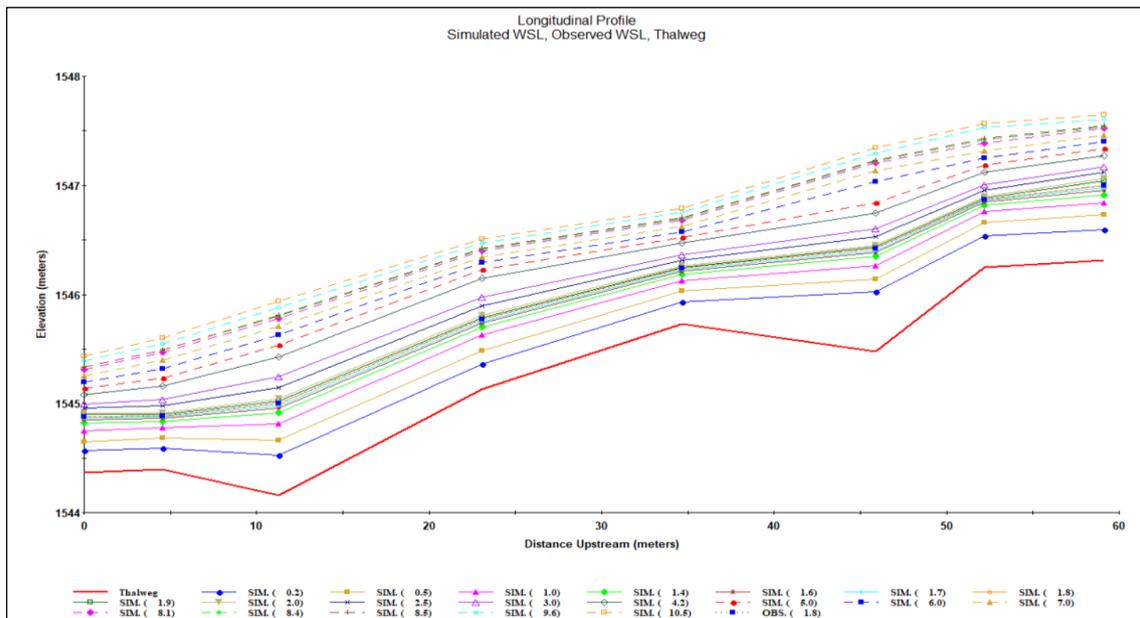


Figura 6.54. Perfil longitudinal de la vaguada y los tirantes de agua obtenidos a partir de los caudales simulados y observado del tramo de río de RHUA-07
Thalweg: Vaguada; SIM: Caudal simulado; OBS: Caudal observado.



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

La Figura 6.55 muestra las secciones transversales de cada transecto mostrando el tirante de agua para el caudal observado de 1,8 m³/s y para algunos caudales simulados (0,2 m³/s, 1,7 m³/s, 1,9 m³/s y 10,5 m³/s). En algunos transectos se agregó un punto adicional para representar las partes más extremas de las orillas. Tomando como referencia el tirante observado para el caudal de 1,8 m³/s, se puede observar como el tirante disminuye cuando el caudal toma un valor de 0,2 m³/s y 1,7 m³/s, y como el tirante incrementa para los caudales de 1,9 m³/s y 10,5 m³/s. La variación del caudal observado de 1,8 m³/s respecto a 1,7 m³/s y 10,5 m³/s fue ligera.

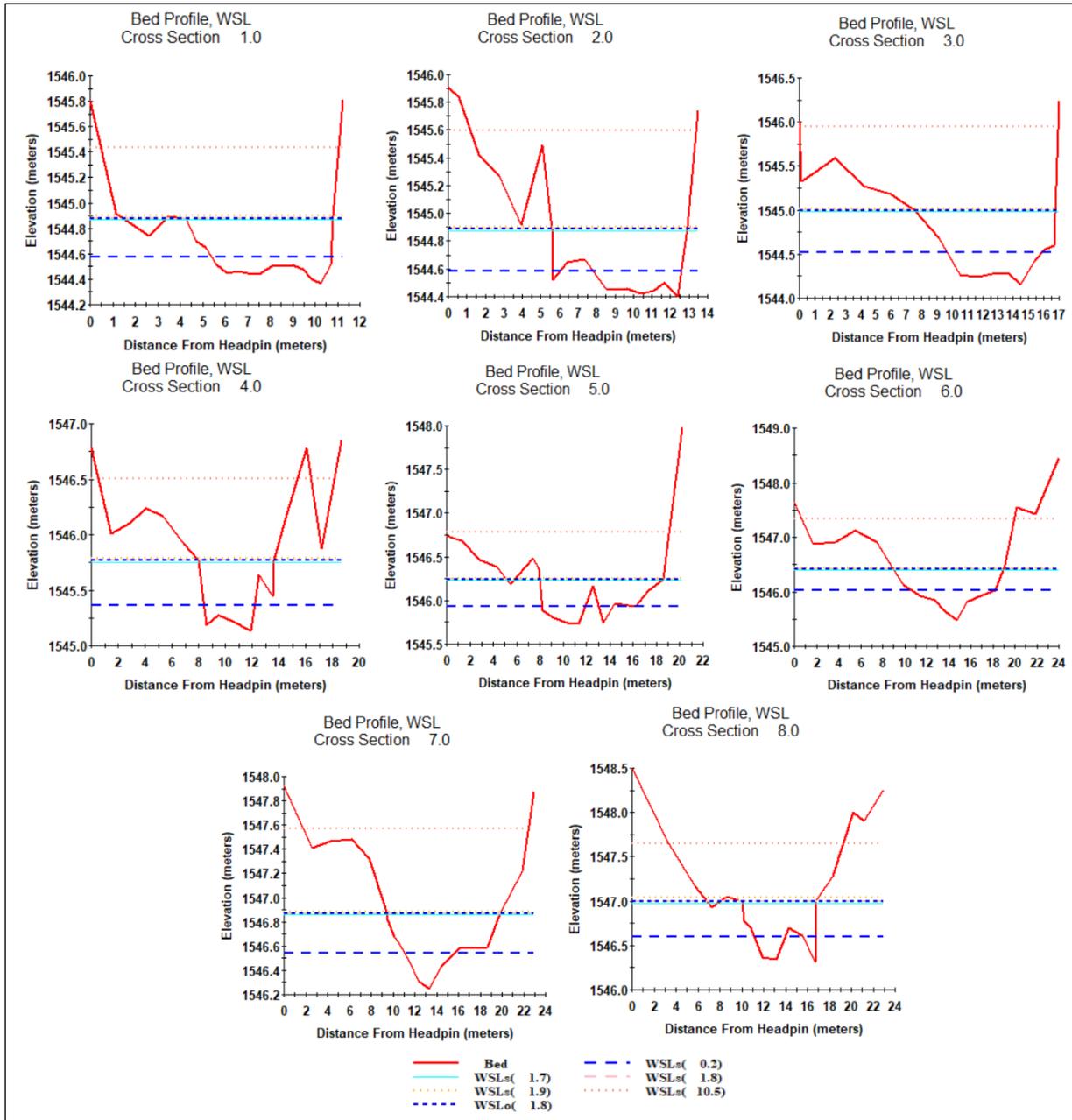


Figura 6.55. Secciones transversales de los transectos del tramo de río de RHUA-07
Cross Section: Sección transversal; Bed: Lecho del río; WSLs: Tirante de agua simulado; WSLo: Tirante de agua observado.



6.2.3. Curvas de idoneidad de hábitat

A. Velocidad

La distribución de las velocidades para *Basilichthys semotilus* (fases 1 y 2) tuvo un mejor ajuste (-LL de -75,73996) con la función Kappa, mientras que las velocidades para *Basilichthys semotilus* (fase 3) tuvo un mejor ajuste con la función Pareto (-LL = -4,746022). La distribución de velocidades para la fase 4 de *Basilichthys semotilus* tuvo un mejor ajuste con la función de Pareto, sin embargo, visualmente la función subestimaba muchos valores altos de velocidades por lo que se eligió Rayleigh como la siguiente función con el menor -LL (4,426764).

La distribución de velocidades para *Oncorhynchus mykiss* (juveniles 1 y 2) tuvo un mejor ajuste con la función Pareto con un -LL de -2.95224, mientras que las velocidades para adultos de *Oncorhynchus mykiss* tuvieron el mejor ajuste con la función Pearson 3 (-LL=-20,74277).

Finalmente, la distribución de velocidades para la fase 3 de *Trichomycterus aff. vittatus* tuvo un menor -LL (11,59108) con la función Pareto; sin embargo, la representación visual parecía alejarse de la distribución real de valores (Figura 7.49); por lo que se escogió la función con el menor -LL (Rayleigh = 13,81776).

Los parámetros de cada función de distribución de probabilidad para cada estadio por especie de pez se encuentran en la Tabla 6.27 y los histogramas de las velocidades junto con la función de distribución de probabilidad con mejor ajuste se encuentran en la Figura 6.56.

Tabla 6.27. Parámetros de las funciones de distribución de probabilidad del uso de velocidades para los estadios por especie de pez

Función de distribución de probabilidad	Parámetros	<i>Basilichthys semotilus</i> (Fase 1 y 2)	<i>Basilichthys semotilus</i> (Fase 3)	<i>Basilichthys semotilus</i> (Fase 4)	<i>Oncorhynchus mykiss</i> (Juvenil 1 y 2)	<i>Oncorhynchus mykiss</i> (Adulto)	<i>Trichomycterus aff. vittatus</i> (Fase 3)
Rayleigh	ξ (xi)	-0,2411865	-0,2581439	-0,1631778	-0,2006674	-0,2412182	-0,3279016
	α (Alpha)	0,3258558	0,4683322	0,4566044	0,4564665	0,3314896	0,8755555
	-LL	-5,598347	15,67438	4,426764	4,667323	-5,225941	13,81776
Gamma	α (Alpha)	0,3293135	0,8893098	1,6301062	1,2948004	0,361526	1,5576752
	β (beta)	0,5077628	0,3697514	0,2509597	0,2868616	0,4819637	0,4939698
	-LL	Inf	Inf	Inf	Inf	Inf	Inf
Rice	ν (nu)	0	0	0	0	0	0
	α (Alpha)	0,1334168	0,2623632	0,3264073	0,2963571	0,1390253	0,6139278
	-LL	Inf	Inf	Inf	Inf	Inf	Inf



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

Table with 8 columns: Función de distribución de probabilidad, Parámetros, Basilichthys semotilus (Fase 1 y 2), Basilichthys semotilus (Fase 3), Basilichthys semotilus (Fase 4), Oncorhynchus mykiss (Juvenil 1 y 2), Oncorhynchus mykiss (Adulto), Trichomycterus aff. vittatus (Fase 3). Rows include Weibull, Kappa, Pareto, and Pearson 3 distributions with their respective parameter values.



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

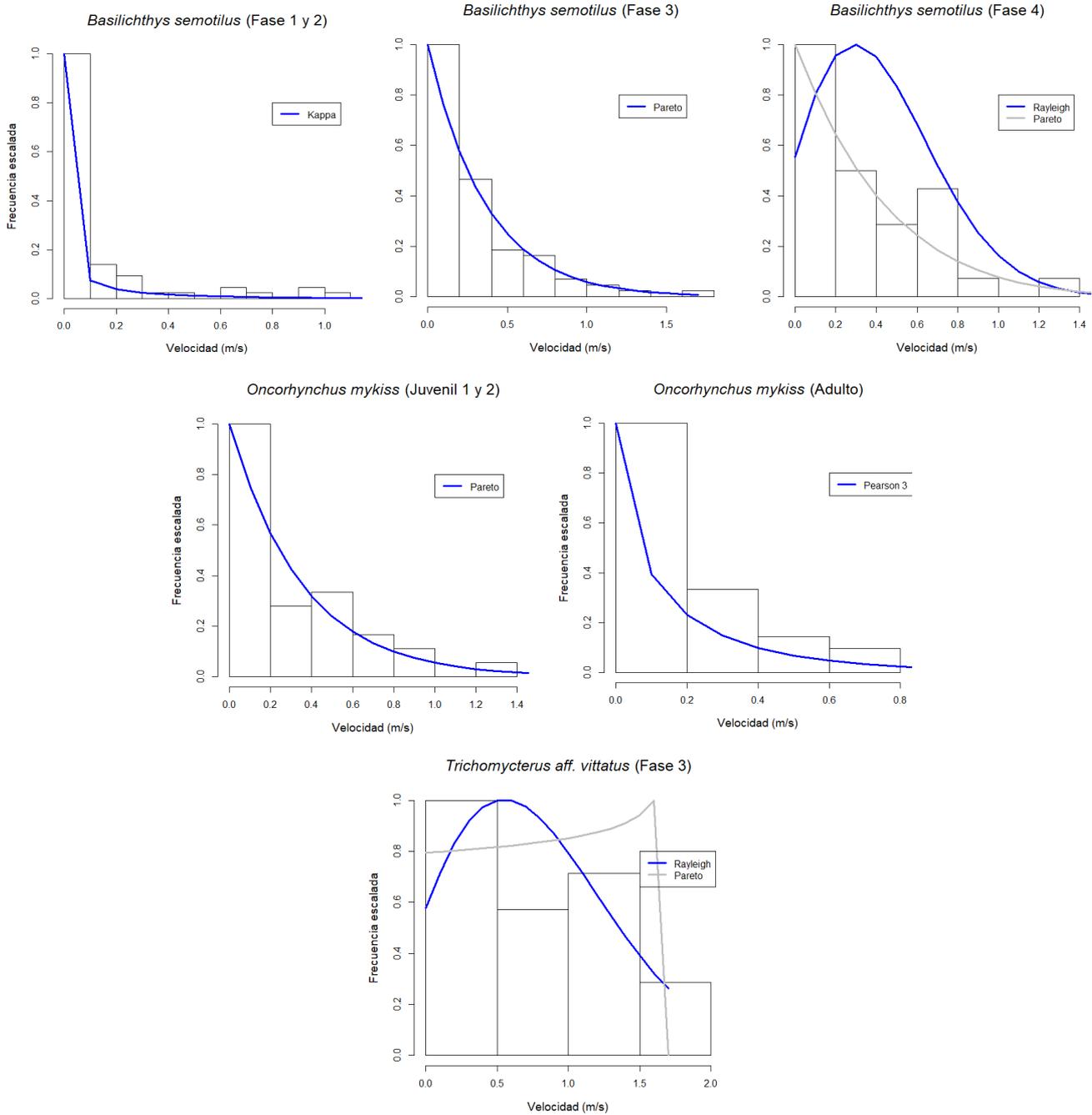


Figura 6.56. Curvas de las funciones de distribución de probabilidad del uso de velocidades para las especies: a) *Basilichthys semotilus* (fases 1 y 2), b) *Basilichthys semotilus* (fase 3), c) *Basilichthys semotilus* (fase 4), d) *Oncorhynchus mykiss* (juveniles 1 y 2), e) *Oncorhynchus mykiss* (adulto), f) *Trichomycterus aff. vittatus* (fase 3)



El valor de idoneidad más alto para la fase 1 y 2 de *Basilichthys semotilus* fue en una velocidad de 0, de la misma forma lo fue para la fase 3 de *Basilichthys semotilus*, sin embargo, la fase 3 mostró valores aún altos de idoneidad en velocidades de 0,1; 0,2 y 0,3 mientras que la fase 1 y 2 mostró una mayor disminución de los valores de idoneidad en estas velocidades. Este comportamiento se refleja en las curvas de la Figura 6.49. Por último, la fase 4 obtuvo el mayor valor de idoneidad a una velocidad de 0,3.

Respecto a *Oncorhynchus mykiss*, tanto los estadios de juvenil 1 y 2, y los adultos mostraron un mayor valor de idoneidad en una velocidad de 0. Conforme los valores de velocidad aumentaron los registros de idoneidad disminuyeron, sin embargo, los valores de idoneidad fueron más bajos para los adultos que para los juveniles 1 y 2.

El valor de idoneidad más alto para *Trichomycterus aff. vittatus* estuvo en una velocidad de 0,5 y 0,6. Registros más bajos y altos muestran una disminución, sin embargo, estos valores llegan a caer solo hasta 0,47.

Los valores más bajos de idoneidad (valores desde 0,10 hacia abajo) fueron ajustados a 0,10 como se observa en la Tabla 6.15. Solamente *Trichomycterus aff. vittatus* no presentó valores de idoneidad por debajo de 0,10 en el espectro de velocidades desde 0 m/s hasta 1,4 m/s, por lo que no tuvo valores ajustados. Los registros de idoneidad y sus valores ajustados para las velocidades de los estadios por especie de pez se encuentran en la Tabla 6.28.

Tabla 6.28. Valores de idoneidad y valores de idoneidad ajustadas del uso de velocidades para los estadios por especie de pez

Velocidad	<i>Basilichthys semotilus</i> (Fase 1 y 2)	<i>Basilichthys semotilus</i> (Fase 1 y 2) (Ajustado)	<i>Basilichthys semotilus</i> (Fase 3)	<i>Basilichthys semotilus</i> (Fase 3) (Ajustado)	<i>Basilichthys semotilus</i> (Fase 4)	<i>Basilichthys semotilus</i> (Fase 4) (Ajustado)	<i>Oncorhynchus mykiss</i> (Juvenil 1 y 2)	<i>Oncorhynchus mykiss</i> (Juvenil 1 y 2) (Ajustado)	<i>Oncorhynchus mykiss</i> (Adulto)	<i>Oncorhynchus mykiss</i> (Adulto) (Ajustado)	<i>Trichomycterus aff.</i> <i>Vittatus</i> (Fase 3)
0	1,00	1,00	1,00	1,00	0,55	0,55	1,00	1,00	1,00	1,00	0,58
0,1	0,07	0,10	0,80	0,80	0,81	0,81	0,75	0,75	0,39	0,39	0,72
0,2	0,04	0,10	0,61	0,61	0,96	0,96	0,57	0,57	0,23	0,23	0,83
0,3	0,02	0,10	0,46	0,46	1,00	1,00	0,43	0,43	0,15	0,15	0,92
0,4	0,02	0,10	0,35	0,35	0,95	0,95	0,32	0,32	0,10	0,10	0,97
0,5	0,01	0,10	0,26	0,26	0,83	0,83	0,24	0,24	0,07	0,10	1,00
0,6	0,01	0,10	0,20	0,20	0,68	0,68	0,18	0,18	0,05	0,10	1,00
0,7	0,01	0,10	0,15	0,15	0,52	0,52	0,13	0,13	0,03	0,10	0,97
0,8	0,00	0,10	0,11	0,11	0,38	0,38	0,10	0,10	0,02	0,10	0,93
0,9	0,00	0,10	0,08	0,10	0,26	0,26	0,07	0,10	0,02	0,10	0,87
1	0,00	0,10	0,06	0,10	0,16	0,16	0,05	0,10	0,01	0,10	0,79
1,1	0,00	0,10	0,05	0,10	0,10	0,10	0,04	0,10	0,01	0,10	0,71
1,2	0,00	0,10	0,03	0,10	0,06	0,10	0,03	0,10	0,01	0,10	0,63
1,3	0,00	0,10	0,02	0,10	0,03	0,10	0,02	0,10	0,00	0,10	0,55
1,4	0,00	0,10	0,02	0,10	0,02	0,10	0,02	0,10	0,00	0,10	0,47

Se resaltó en rojo los valores de idoneidad ajustados.

**B. Profundidad**

La distribución de las profundidades para las fases 1 y 2 de *Basilichthys semotilus* tuvo el menor -LL con la función Pareto (-43,00573); sin embargo, la función resalta mucho los valores bajos (Figura 7.50) por lo que se escogió la función Kappa por ser la siguiente con menor -LL (-38,36927). De la misma forma, las distribuciones de las profundidades para la fase 3 y fase 4 tuvieron el menor -LL con la función Pareto; sin embargo, los valores más bajos de profundidad fueron excesivamente resaltados por lo que se escogió la función Gamma para la fase 3 (-LL = -28,34508) y Rayleigh para la fase 4 (-LL = 138,479) como se observa en la Tabla 6.29.

La distribución de las profundidades para el estadio juvenil 1 y 2 de *Oncorhynchus mykiss* mostró un menor -LL con la función Pareto; sin embargo, la función resalta mucho los valores más bajos quitándole peso a los valores donde se observaron picos de abundancia como 0,3 m (Figura 6.57), Por esto, se escogió la función Gamma como la siguiente con menor -LL (-30,33981), La distribución de las profundidades para los adultos de *Oncorhynchus mykiss* tuvo un mejor ajuste con la función Kappa (-LL = -13,96843)

La fase 3 de *Trichomycterus aff. vittatus* obtuvo un menor valor de -LL para la función Pareto; sin embargo, se alejó del ajuste de los datos reales (Figura 6.57), por lo cual se escogió la función Kappa (-LL = 7,373886) como la siguiente función con el mejor ajuste.

Tabla 6.29. Parámetros de las funciones de distribución de probabilidad del uso de profundidades para los estadios por especie de pez

Función de distribución de probabilidad	Parámetros	<i>Basilichthys semotilus</i> (Fase 1 y 2)	<i>Basilichthys semotilus</i> (Fase 3)	<i>Basilichthys semotilus</i> (Fase 4)	<i>Oncorhynchus mykiss</i> (Juvenil 1 y 2)	<i>Oncorhynchus mykiss</i> (Adulto)	<i>Trichomycterus aff.</i> <i>Vittatus</i> (Fase 3)
Rayleigh	ξ (xi)	0,02129151	0,05942602	16,9527	0,1338997	0,4011587	0,193046
	α (Alpha)	0,22460082	0,29060634	26,9603	0,1615946	0,2403751	0,267964
	-LL	-34,80223	-26,54034	138,479	-29,71825	Inf	-7,027434
Gamma	α (Alpha)	4,03579424	4,76388833	8,113985	9,98566985	19,91972202	8,948796
	β (beta)	0,07502535	0,08892884	6,253699	0,03369114	0,03526275	0,059102
	-LL	-35,63997	-28,34508	139,1141	-30,33981	-11,33486	-7,016752
Rice	ν (nu)	0,2220846	0,3491312	46,94366	0,3170265	0,6837453	0,493976
	α (Alpha)	0,1783869	0,215677	18,40091	0,1088483	0,1586498	0,181626
	-LL	-33,34139	-21,82245	139,8947	-24,80857	-13,82654	-7,021857
Weibull	ζ (zeta)	-0,08908252	-0,1636594	-15,34246	-0,2002741	-0,1889155	-0,117790
	β (beta)	0,23503244	0,2820297	39,97019	0,1450963	0,5692145	0,463171



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

Table with 8 columns: Función de distribución de probabilidad, Parámetros, Basilichthys semotilus (Fase 1 y 2), Basilichthys semotilus (Fase 3), Basilichthys semotilus (Fase 4), Oncorhynchus mykiss (Juvenil 1 y 2), Oncorhynchus mykiss (Adulto), Trichomycterus aff. Vittatus (Fase 3). Rows include distributions like Delta, Kappa, Pareto, and Pearson 3 with their respective parameter values.



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

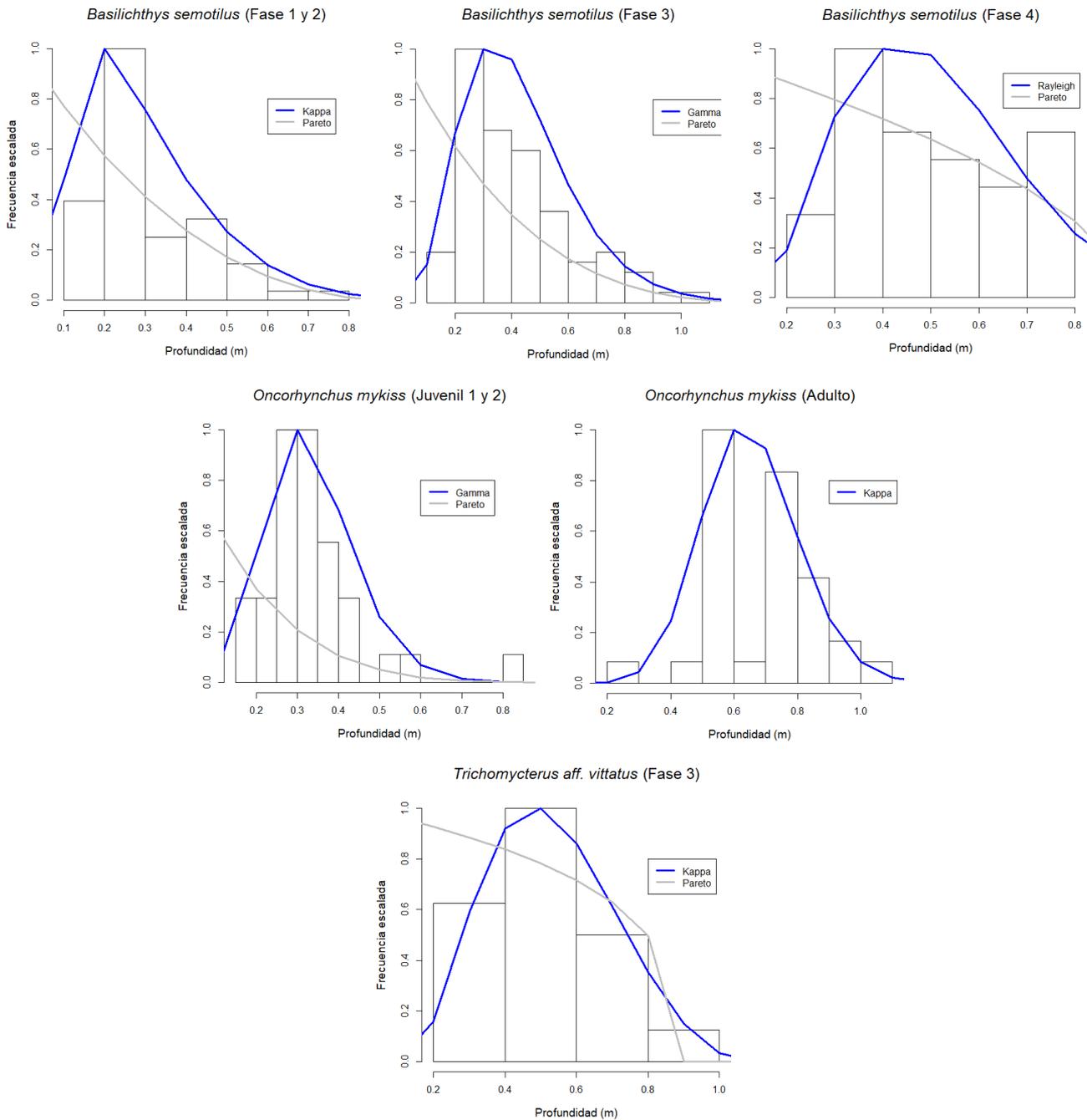


Figura 6.57. Curvas de las funciones de distribución de probabilidad del uso de profundidades para las especies: a) *Basilichthys semotilus* (fases 1 y 2), b) *Basilichthys semotilus* (fase 3), c) *Basilichthys semotilus* (fase 4), d) *Oncorhynchus mykiss* (Juvenil 1 y 2), e) *Oncorhynchus mykiss* (adulto), f) *Trichomycterus aff. vittatus* (fase 3)



El valor de idoneidad más alto para la fase 1 y 2 de *Basilichthys semotilus* fue en una profundidad de 0,2 m, mientras que para la fase 3 de *Basilichthys semotilus* fue en 0,3 metros. La fase 4 mostró valores más altos de idoneidad a una mayor profundidad, obteniendo así: 1 para una profundidad de 0,4 m y 0,97 para una profundidad de 0,5 m. Los valores de idoneidad más bajos registrados conforme la profundidad aumenta desde 0,2 m (<0,10) fueron ajustados a 0,10 en el caso de la fase 1 y 2 de *Basilichthys semotilus*. En el caso de la fase 3 los valores de idoneidad por debajo de 0,27 que aparecen a partir de una profundidad de 0,8 m fueron ajustados a 0,27. Finalmente, respecto a la fase 4, los valores de idoneidad por debajo de 0,75 que aparecen a una profundidad de 0,7 m fueron ajustados a un valor de 0,75.

Respecto a *Oncorhynchus mykiss*, los estadios de juvenil 1 y 2 mostraron un mayor valor de idoneidad en una profundidad de 0,3 m, seguido de un valor de idoneidad de 0,68 para una profundidad de 0,4 m, Los adultos mostraron un mayor uso a una profundidad de 0,7 m (idoneidad = 1), seguido por profundidades de 0,6 m y 0,8 m (idoneidad de 0,82 y 0,83 respectivamente). Los valores de idoneidad para los adultos de *Oncorhynchus mykiss* para profundidades de 0,8 m a 1,4 m fueron ajustadas con el valor de idoneidad registrado en la profundidad de 0,7 m. (1,00); mientras que para los juveniles 1 y 2, los ajustes se hicieron en los valores de idoneidad para profundidades entre 0,6 m a 1,4 m, ajustando estos valores a 0,10.

El valor de idoneidad más alto para *Trichomycterus aff. vittatus* estuvo en una profundidad de 0,5 m, El siguiente valor de profundidad más usado fue para 0,4 m (idoneidad = 0,92), Se observa como la idoneidad para valores más pequeños de profundidad (< 0,4 m) y superiores a 0,7 m empieza a decaer. Los valores de idoneidad para profundidades entre 1 m a 1,4 m fueron ajustados a 0,10.

Los registros de idoneidad para las velocidades de los estadios por especie de pez se encuentran en la Tabla 6.30.

Tabla 6.30. Valores de idoneidad y valores de idoneidad ajustadas del uso de profundidades para los estadios por especie de pez

Profundidad	<i>Basilichthys semotilus</i> (Fase 1 y 2)	<i>Basilichthys semotilus</i> (Fase 1 y 2) (Ajustado)	<i>Basilichthys semotilus</i> (Fase 3)	<i>Basilichthys semotilus</i> (Fase 3) (Ajustado)	<i>Basilichthys semotilus</i> (Fase 4)	<i>Basilichthys semotilus</i> (Fase 4) (Ajustado)	<i>Oncorhynchus mykiss</i> (Juvenil 1 y 2)	<i>Oncorhynchus mykiss</i> (Juvenil 1 y 2) (Ajustado)	<i>Oncorhynchus mykiss</i> (Adulto)	<i>Oncorhynchus mykiss</i> (Adulto) (Ajustado)	<i>Trichomycterus aff.</i> <i>Vittatus</i> (Fase 3)	<i>Trichomycterus aff.</i> <i>Vittatus</i> (Fase 3) (Ajustado)
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00
0,1	0,48	0,48	0,15	0,15	0,00	0,00	0,02	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00
0,2	1,00	1,00	0,67	0,67	0,19	0,19	0,51	0,51	0,01	0,01	0,16	0,16
0,3	0,76	0,76	1,00	1,00	0,73	0,73	1,00	1,00	0,04	0,04	0,59	0,59
0,4	0,48	0,48	0,96	0,96	1,00	1,00	0,68	0,68	0,16	0,16	0,92	0,92
0,5	0,27	0,27	0,72	0,72	0,97	0,97	0,26	0,26	0,45	0,45	1,00	1,00
0,6	0,14	0,14	0,47	0,47	0,75	0,75	0,07	0,10	0,82	0,82	0,86	0,86
0,7	0,06	0,10	0,27	0,27	0,48	0,75	0,01	0,10	1,00	1,00	0,61	0,61
0,8	0,02	0,10	0,15	0,27	0,26	0,75	0,00	0,10	0,83	1,00	0,35	0,35
0,9	0,01	0,10	0,07	0,27	0,12	0,75	0,00	0,10	0,48	1,00	0,15	0,15
1	0,00	0,10	0,04	0,27	0,05	0,75	0,00	0,10	0,18	1,00	0,03	0,10



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

Profundidad	<i>Basilichthys semotilus</i> (Fase 1 y 2)	<i>Basilichthys semotilus</i> (Fase 1 y 2) (Ajustado)	<i>Basilichthys semotilus</i> (Fase 3)	<i>Basilichthys semotilus</i> (Fase 3) (Ajustado)	<i>Basilichthys semotilus</i> (Fase 4)	<i>Basilichthys semotilus</i> (Fase 4) (Ajustado)	<i>Oncorhynchus mykiss</i> (Juvenil 1 y 2)	<i>Oncorhynchus mykiss</i> (Juvenil 1 y 2) (Ajustado)	<i>Oncorhynchus mykiss</i> (Adulto)	<i>Oncorhynchus mykiss</i> (Adulto) (Ajustado)	<i>Trichomycterus aff.</i> <i>Vittatus</i> (Fase 3)	<i>Trichomycterus aff.</i> <i>Vittatus</i> (Fase 3) (Ajustado)
1,1	0,00	0,10	0,02	0,27	0,02	0,75	0,00	0,10	0,03	1,00	0,00	0,10
1,2	0,00	0,10	0,01	0,27	0,00	0,75	0,00	0,10	0,00	1,00	0,00	0,10
1,3	0,00	0,10	0,00	0,27	0,00	0,75	0,00	0,10	0,00	1,00	0,00	0,10
1,4	0,00	0,10	0,00	0,27	0,00	0,75	0,00	0,10	0,00	1,00	0,00	0,10

Se resaltó en rojo los valores de idoneidad ajustados.

C. Índice de canal

La combinación del sustrato y cobertura produjeron códigos de índice de canal, los cuales se muestran en la Tabla 6.31 y la Figura 6.58 que muestran algunos de los sustratos encontrados en campo, Los sustratos encontrados fueron Roca madre, roca no removible, canto rodado, guijarro, grava, arena y fino, Como cobertura se consideró aquellos que pueden definir el refugio para los peces, es por eso por lo que solo se consideró socavada como cobertura, ya que esta característica puede servir como escondite a los peces en los sustratos roca madre, roca no removible y roca removible,

Tabla 6.31. 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 madre + Socavada
2	Roca no removible
3	Roca no removible + Socavada
4	Roca removible
5	Roca removible + Socavada
6	Canto rodado
7	Guijarro
8	Grava
9	Arena
10	Fino



Figura 6.58. Tipos de sustrato del punto RHUA-04

Los valores de idoneidad para el índice de canal se encuentran en la Tabla 6.32 y son representados en la Figura 6.59. Las fases de *Basilichthys semotilus* mostraron diferencias en el uso de índice del canal, la fase 1 y 2 mostraron un mayor uso en canto rodado, la fase 3 mostró un mayor uso en roca no removible, y la fase 4 mostró un mayor uso en roca no removible socavada.

Respecto a *Oncorhynchus mykiss*, los juveniles 1 y 2 tuvieron un mayor uso en el índice de canal 3 (roca no removible socavada), mientras que los adultos tuvieron un mayor uso en roca madre socavada (índice de canal 1), Los juveniles 1 y 2 tuvieron menor idoneidad en otros sustratos y cobertura (roca madre, roca no removible, roca removible, roca removible socavada, canto rodado, guijarro), mientras que los adultos solo aparecieron adicionalmente en roca madre y roca no removible socavada, en donde presentaron menor idoneidad.

La fase 3 de *Trichomycterus aff. vittatus* tuvo una mayor idoneidad en roca no removible, seguido por roca removible socavada y por canto rodado, Los valores más bajos de idoneidad ($<0,2$) aparecieron en roca madre socavada, roca removible y roca removible socavada.



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

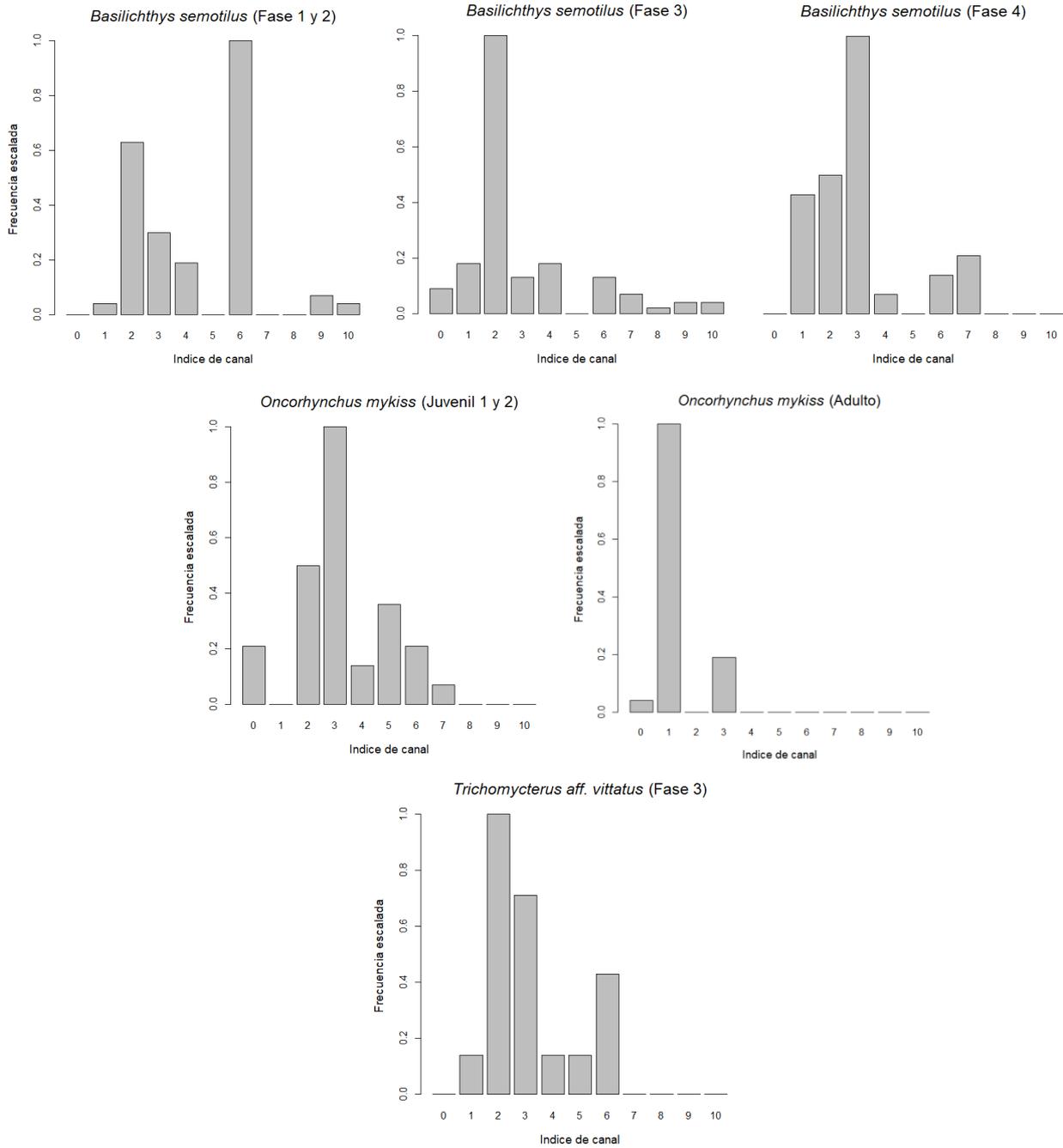


Figura 6.59. Frecuencia escalada del índice del canal para las especies: a) *Basilichthys semotilus* (fases 1 y 2), b) *Basilichthys semotilus* (fase 3), c) *Basilichthys semotilus* (fase 4), d) *Oncorhynchus mykiss* (Juvenil 1 y 2), e) *Oncorhynchus mykiss* (adulto), f) *Trichomycterus aff. vittatus* (fase 3)

**Tabla 6.32.** Valores de idoneidad del índice de canal para los estadios por especie de pez

Índice de canal	<i>Basilichthys semotilus</i> (Fase 1 y 2)	<i>Basilichthys semotilus</i> (Fase 3)	<i>Basilichthys semotilus</i> (Fase 4)	<i>Oncorhynchus mykiss</i> (Juvenil 1 y 2)	<i>Oncorhynchus mykiss</i> (Adulto)	<i>Trichomycterus aff.</i> <i>Vittatus</i> (Fase 3)
0	0,00	0,09	0,00	0,21	0,04	0,00
1	0,04	0,18	0,43	0,00	1,00	0,14
2	0,63	1,00	0,50	0,50	0,00	1,00
3	0,30	0,13	1,00	1,00	0,19	0,71
4	0,19	0,18	0,07	0,14	0,00	0,14
5	0,00	0,00	0,00	0,36	0,00	0,14
6	1,00	0,13	0,14	0,21	0,00	0,43
7	0,00	0,07	0,21	0,07	0,00	0,00
8	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
9	0,07	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00
10	0,04	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00

6.2.4. Modelamiento de hábitat

A. Tramo RHUA-02 (TCE)

Los valores de área ponderada útil ($m^2/1000\text{ m}$) para *Oncorhynchus mykiss* con su caudal (m^3/s) respectivo se encuentra en la Tabla 6.33. Se observó diferencias en las curvas de relación de caudal (m^3/s) y área ponderada útil ($m^2/1000m$) entre los juveniles y adultos de *Oncorhynchus mykiss* (Figura 6.60).

Los registros de área ponderada útil ponderada en los adultos aumentaron conforme se incrementaron los registros de caudal, encontrándose el valor más alto de área ponderada útil en un caudal de $5,7\text{ m}^3/s$, al cual se consideró como el 100%. Se observó como el área ponderada útil disminuyó a 28,97% para el caudal registrado en campo de $0,8\text{ m}^3/s$ en setiembre de 2022. El área ponderada útil disminuyó a 19,68 % para el caudal ecológico de $0,5\text{ m}^3/s$.

Los registros de área ponderada útil en los juveniles mostraron un incremento del área ponderada útil desde $0,1\text{ m}^3/s$ hasta $0,8\text{ m}^3/s$ (caudal registrado en abril de 2022), siendo este último donde alcanzó el mayor valor de área ponderada útil (100%). Incrementos de $0,8\text{ m}^3/s$ produjeron una disminución del área ponderada útil. Para el caudal ecológico de $0,5\text{ m}^3/s$, el área útil ponderada se encontró en 93,01 %.

Tabla 6.33. Valores de caudal (m^3/s) y área ponderada útil ($m^2/1000m$) para adulto y juvenil 1 y 2 de *Oncorhynchus mykiss* del tramo RHUA-02(TCE)

Caudal (m^3/s)	<i>Oncorhynchus mykiss</i> (Adulto)		<i>Oncorhynchus mykiss</i> (Juvenil 1 y 2)	
	Área ponderada útil ($m^2/1000m$)	Área ponderada útil (%)	Área ponderada útil ($m^2/1000m$)	Área ponderada útil (%)
0,1	6,24	12,44	168,93	37,96
0,5	9,87	19,68	413,96	93,01



Caudal (m ³ /s)	<i>Oncorhynchus mykiss</i> (Adulto)		<i>Oncorhynchus mykiss</i> (Juvenil 1 y 2)	
	Área ponderada útil (m ² /1000m)	Área ponderada útil (%)	Área ponderada útil (m ² /1000m)	Área ponderada útil (%)
0,8	13,91	27,74	452,69	100,00
1,1	15,28	30,47	426,67	95,87
1,7	16,56	33,02	373,75	83,98
2,0	17,92	35,73	346,05	77,75
2,6	24,60	49,05	380,02	85,38
3,0	26,26	52,36	357,96	80,43
3,6	30,89	61,60	336,17	75,53
3,7	32,46	64,73	330,76	74,32
4,0	38,07	75,91	333,07	74,84
4,2	39,61	78,98	329,66	74,07
4,4	41,42	82,59	326,49	73,36
4,5	42,32	84,39	324,53	72,92
4,7	43,95	87,64	322,84	72,54
4,8	44,77	89,27	322,64	72,49
5,4	48,57	96,85	316,88	71,20
5,7	50,15	100,00	318,91	71,65

Valores correspondientes al caudal ecológico de 0,5 m³/s.

Valores correspondientes al caudal registrado en setiembre de 2022.

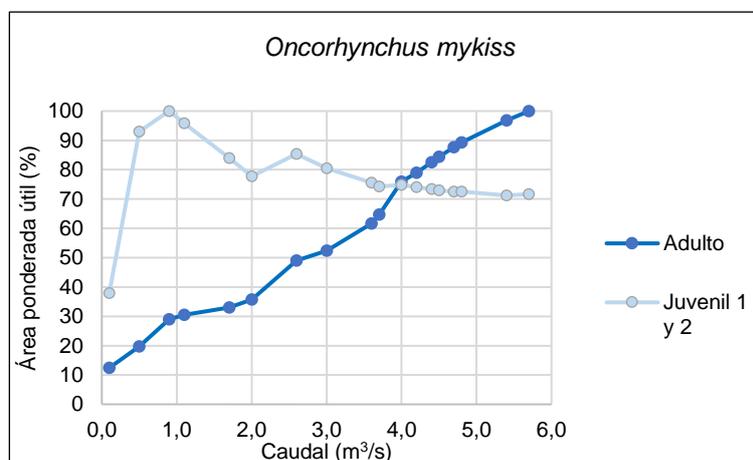


Figura 6.60. Relación entre el caudal (m³/s) y el área ponderada útil (%) para *Oncorhynchus mykiss* del tramo RHUA-02(TCE)

Los valores de área ponderada útil (m²/1000 m) para *Basilichthys semotilus* con su caudal (m³/s) respectivo se encuentra en la Tabla 6.34. Se observó diferencias en las curvas de relación de caudal (m³/s) y área ponderada útil (m²/1000m) entre las fases de *Basilichthys semotilus* (Figura 6.61).

Los registros de área ponderada útil ponderada en la fase 4 aumentaron conforme se incrementaron los registros de caudal, encontrándose el valor más alto de área ponderada útil en un caudal de 5,7 m³/s, al cual se consideró como el 100 %. Se observó como el área ponderada útil disminuyó a 58,91 % para el caudal registrado en campo de 0,8 m³/s en setiembre. El área ponderada útil disminuyó a 41,22 % para el caudal ecológico de 0,5 m³/s.



Los registros de área ponderada útil en la fase 3 mostraron un incremento del área ponderada útil desde 0,1 m³/s hasta 0,8 m³/s (caudal registrado en abril de 2022), siendo este último donde alcanzó el mayor valor de área ponderada útil (100 %). Incrementos de 0,8 m³/s produjeron una disminución del área ponderada útil, sin embargos la disminución no fue muy marcada. Para el caudal ecológico de 0,5 m³/s, el área útil ponderada se encontró en 93,60 %.

Los registros de área ponderada útil en la fase 1 y 2 mostraron un incremento del área ponderada útil desde 0,1 m³/s hasta 0,8 m³/s (caudal registrado en abril de 2022), siendo este último donde alcanzó el mayor valor de área ponderada útil (100%). Incrementos de 0,8 m³/s produjeron una disminución del área ponderada útil, sin embargo, a llegar a 2,0 m³/s vuelve a producirse un incremento del área útil ponderada manteniéndose con pocos cambios a partir de aquí hasta 5,7 m³/s. Para el caudal ecológico de 0,5 m³/s, el área útil ponderada se encontró en 93,01 %.

Tabla 6.34. Valores de caudal (m³/s) y área ponderada útil (m²/1000m) para fase 4, fase 3, fase 2 y 1 de *Basilichthys semotilus* del tramo RHUA-02(TCE)

Caudal (m ³ /s)	<i>Basilichthys semotilus</i> (Fase 4)		<i>Basilichthys semotilus</i> (Fase 3)		<i>Basilichthys semotilus</i> (Fase 1 y 2)	
	Área ponderada útil (m ² /1000m)	Área ponderada útil (%)	Área ponderada útil (m ² /1000m)	Área ponderada útil (%)	Área ponderada útil (m ² /1000m)	Área ponderada útil (%)
0,1	215,10	10,78	567,26	53,53	233,59	73,90
0,5	822,61	41,22	991,80	93,60	282,30	89,30
0,8	1110,46	55,64	1059,68	100,00	310,07	100,00
1,1	1284,72	64,37	1049,73	99,07	224,56	71,04
1,7	1471,21	73,71	930,30	87,80	208,03	65,81
2,0	1567,84	78,55	897,43	84,69	200,09	63,30
2,6	1795,85	89,98	999,14	94,29	226,51	71,66
3,0	1861,39	93,26	965,65	91,13	224,07	70,88
3,6	1909,50	95,67	963,45	90,92	220,79	69,85
3,7	1923,87	96,39	970,13	91,55	221,81	70,17
4,0	1962,58	98,33	1020,36	96,29	226,11	71,53
4,2	1957,46	98,07	1023,67	96,61	229,98	72,75
4,4	1951,92	97,80	1021,65	96,42	233,66	73,92
4,5	1949,79	97,69	1020,03	96,26	235,76	74,58
4,7	1952,17	97,81	1017,75	96,05	238,22	75,36
4,8	1957,23	98,06	1016,14	95,90	238,43	75,43
5,4	1986,28	99,52	989,17	93,35	238,77	75,53
5,7	1995,89	100,00	980,18	92,50	239,23	75,68

Valores correspondientes al caudal ecológico de 0,5 m³/s.

Valores correspondientes al caudal registrado en setiembre de 2022.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
 Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional
 Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

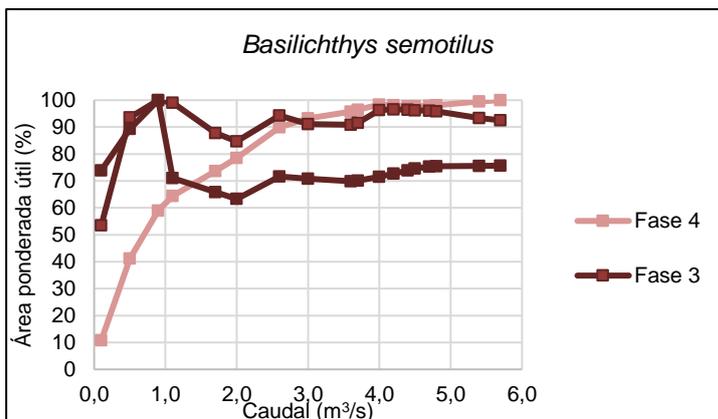


Figura 6.61. Relación entre el caudal (m³/s) y el área ponderada útil (%) para *Basilichthys semotilus* del tramo RHUA-02(TCE)

B. Tramo RHUA-04

Los valores de área ponderada útil (m²/1000 m) para *Oncorhynchus mykiss* con su caudal (m³/s) respectivo se encuentra en la Tabla 6.35. Se observó diferencias en las curvas de relación de caudal (m³/s) y área ponderada útil (m²/1000m) entre los juveniles y adultos de *Oncorhynchus mykiss* (Figura 6.62).

Los registros de área ponderada útil ponderada en los adultos aumentaron conforme se incrementaron los registros de caudal, encontrándose el valor más alto de área ponderada útil en un caudal de 10,5 m³/s, al cual se consideró como el 100 %. Se observó como el área ponderada útil disminuyó a 41,65 % y 42,68 % para los caudales registrados en abril y setiembre de 2022 de 1,6 y 1,7 m³/s respectivamente. El área ponderada útil disminuyó a 31,22 % para el caudal ecológico de 1,0 m³/s.

Los registros de área ponderada útil en los juveniles mostraron un incremento del área ponderada útil desde 0,5 m³/s hasta 1 m³/s, siendo este último donde alcanzó el mayor valor de área ponderada útil (100%). Incrementos de 1 m³/s produjeron una disminución del área ponderada útil. Esta disminuyó a 89,62 % y 86,44 % para los caudales registrados en abril y setiembre de 2022 de 1,6 m³/s y 1,7 m³/s. Para el caudal ecológico de 1 m³/s, el área útil ponderada se encontró en 100 %.

Tabla 6.35. Valores de caudal (m³/s) y área ponderada útil (m²/1000m) para adulto y juvenil 1 y 2 de *Oncorhynchus mykiss* del tramo RHUA-04

Caudal (m³/s)	<i>Oncorhynchus mykiss</i> (Adulto)		<i>Oncorhynchus mykiss</i> (Juvenil 1 y 2)	
	Área ponderada útil (m²/1000m)	Área ponderada útil (%)	Área ponderada útil (m²/1000m)	Área ponderada útil (%)
0,5	22,55	15,33	275,65	62,82
1,0	45,92	31,22	438,82	100,00
1,4	58,48	39,76	422,09	96,19
1,6	61,26	41,65	393,25	89,62
1,7	62,78	42,68	379,33	86,44
1,8	64,56	43,89	366,67	83,56
1,9	68,83	46,79	350,59	79,89
2,0	72,83	49,51	329,69	75,13
3,0	93,57	63,61	241,21	54,97



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

Table with 5 columns: Caudal (m³/s), Área ponderada útil (m²/1000m), Área ponderada útil (%), Área ponderada útil (m²/1000m), Área ponderada útil (%). Rows show data for various flow rates from 4.2 to 10.5 m³/s.

Valores correspondientes al caudal ecológico de 1 m³/s.
Valores correspondientes a los caudales registrados en abril y setiembre de 2022.

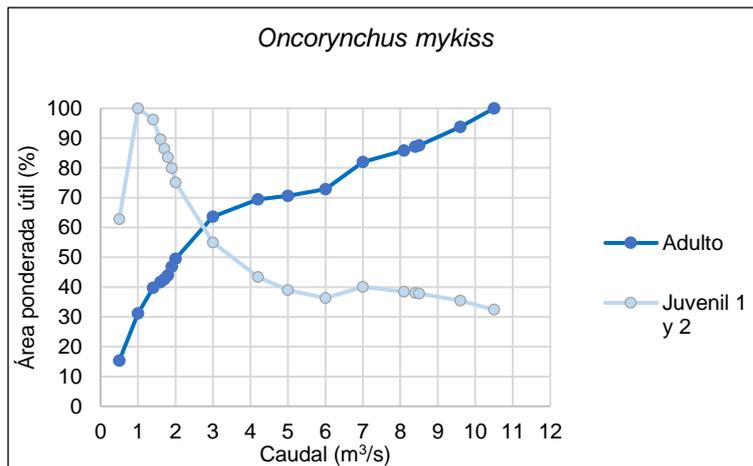


Figura 6.62. Relación entre el caudal (m³/s) y el área ponderada útil (%) para Oncorhynchus mykiss del tramo RHUA-04

Los valores de área ponderada útil (m²/1000 m) para Basilichthys semotilus con su caudal (m³/s) respectivo se encuentra en la Tabla 6.36. Se observó diferencias en las curvas de relación de caudal (m³/s) y área ponderada útil (m²/1000m) entre las fases de Basilichthys semotilus (Figura 6.63).

Los registros de área ponderada útil ponderada en la fase 4 aumentaron conforme se incrementaron los registros de caudal desde 0,5 m³/s hasta 3 m³/s, encontrándose el valor más alto de área ponderada útil en este último, al cual se consideró como el 100%. A partir de 3,0 m³/s en adelante, se produjo una ligera disminución del área útil ponderada. Se observó como el área ponderada útil disminuyó a 93,42 % y 94,62 % para los caudales registrados en abril y setiembre de 2022 de 1,6 m³/s y 1,7 m³/s respectivamente. El área ponderada útil disminuyó a 75,76 % para el caudal ecológico de 0,5 m³/s.

Los registros de área ponderada útil en la fase 3 mostraron un incremento del área ponderada útil desde 0,5 m³/s hasta 1,8 m³/s, siendo este último donde alcanzó el mayor valor de área ponderada útil (100%). Incrementos de 1,8 m³/s produjeron una disminución del área ponderada útil, con una caída más marcada hasta 4,2 m³/s y cambios muy leves desde 5 m³/ hasta 10,5 m³/s. El área útil ponderada disminuyó a 99,68 % y 99,86 % para los



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

caudales registrados en abril y setiembre de 2022 de 1,6 m³/s y 1,7 m³/s respectivamente. Para el caudal ecológico de 1 m³/s, el área útil ponderada se encontró en 96,27 %.

Los registros de área ponderada útil en la fase 1 y 2 mostraron un incremento del área ponderada útil desde 0,5 m³/s hasta 1,8 m³/s, seguido de una disminución del área útil ponderada hasta 3 m³/s para continuar con un aumento hasta 6 m³/s, siendo este último donde alcanzó el mayor valor de área ponderada útil (100%). La disminución del área ponderada útil fue 89,93 % y 90,85 para los caudales registrados en abril y setiembre de 1,6 m³/s y 1,7 m³/s respectivamente. Para el caudal ecológico de 1,0 m³/s, el área útil ponderada se encontró en 82,92 %.

Tabla 6.36. Valores de caudal (m³/s) y área ponderada útil (m²/1000m) para fase 4, fase 3, fase 2 y 1 de Basilichthys semotilus del tramo RHUA-04

Table with 7 columns: Caudal (m³/s), Basilichthys semotilus (Fase 4) - Área ponderada útil (m²/1000m) and Área ponderada útil (%), Basilichthys semotilus (Fase 3) - Área ponderada útil (m²/1000m) and Área ponderada útil (%), and Basilichthys semotilus (Fase 1 y 2) - Área ponderada útil (m²/1000m) and Área ponderada útil (%). Rows list various flow rates from 0.5 to 10.5 m³/s.

Legend for Table 6.36: Light orange box for 'Valores correspondientes al caudal ecológico de 0,5 m³/s.' Blue box for 'Valores correspondientes los caudales registrados en abril y setiembre de 2022.'

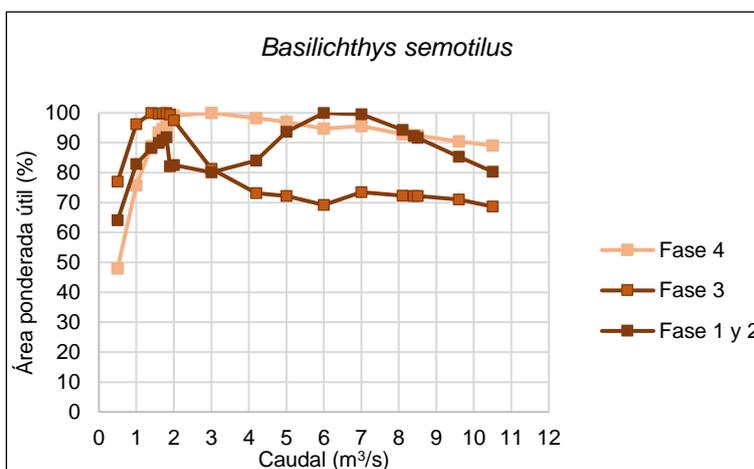


Figura 6.63. Relación entre el caudal (m³/s) y el área ponderada útil (%) para Basilichthys semotilus del tramo RHUA-02(TCE)

**C. Tramo RHUA-05**

Los valores de área ponderada útil ($m^2/1000 m$) para *Oncorhynchus mykiss* con su caudal (m^3/s) respectivo se encuentra en la Tabla 6.37. Solo fue posible hacer los cálculos para los adultos (Figura 6.64).

Los registros de área ponderada útil ponderada en los adultos aumentaron conforme se incrementaron los registros de caudal, encontrándose el valor más alto de área ponderada útil en un caudal de $10,5 m^3/s$, al cual se consideró como el 100 %. Se observó como el área ponderada útil disminuyó a 38,36 % para el caudal registrado en setiembre de 2022 de $1,4 m^3/s$. El área ponderada útil disminuyó a 27,78 % para el caudal ecológico de $1,0 m^3/s$.

Tabla 6.37. Valores de caudal (m^3/s) y área ponderada útil ($m^2/1000m$) para adulto de *Oncorhynchus mykiss* del tramo RHUA-05

Caudal (m^3/s)	<i>Oncorhynchus mykiss</i> (Adulto)	
	Área ponderada útil ($m^2/1000m$)	Área ponderada útil (%)
0,2	4,90	3,55
0,5	15,03	10,88
1,0	38,36	27,78
1,4	52,98	38,36
1,6	58,82	42,59
1,9	65,77	47,62
2,0	67,19	48,65
3,0	76,78	55,60
4,2	83,26	60,29
5,0	86,56	62,68
6,0	91,03	65,92
7,0	98,05	71,00
8,1	113,47	82,17
8,4	116,41	84,29
8,5	117,41	85,02
9,6	128,99	93,40
10,5	138,10	100,00

Valores correspondientes al caudal ecológico de $1 m^3/s$

Valores correspondientes al caudal registrado en setiembre de 2022.

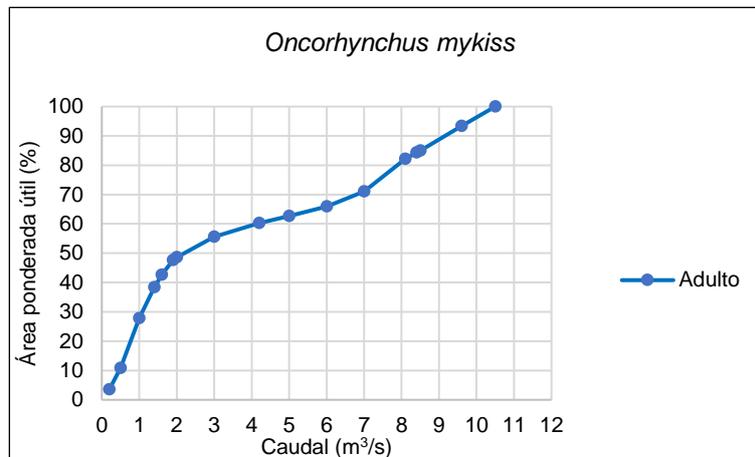


Figura 6.64. Relación entre el caudal (m³/s) y el área ponderada útil (%) para *Oncorhynchus mykiss* del tramo RHUA-05

Los valores de área ponderada útil (m²/1000 m) para *Basilichthys semotilus* con su caudal (m³/s) respectivo se encuentra en la Tabla 6.38. Se observó diferencias en las curvas de relación de caudal (m³/s) y área ponderada útil (m²/1000m) entre las fases de *Basilichthys semotilus* (Figura 6.65).

Los registros de área ponderada útil ponderada en la fase 4 aumentaron conforme se incrementaron los registros de caudal desde 0,2 m³/s hasta 8,1 m³/s, encontrándose el valor más alto de área ponderada útil en este último, al cual se consideró como el 100 %. A partir de 8,1 m³/s en adelante, se produjo una ligera disminución del área útil ponderada. Se observó como el área ponderada útil disminuyó a 62,79 m³/s para el caudal registrado en setiembre de 2022 de 1,4 m³/s. El área ponderada útil disminuyó a 64,32 % para el caudal ecológico de 0,5 m³/s.

Los registros de área ponderada útil en la fase 3 mostraron un incremento desde 0,2 m³/s hasta 1 m³/s, seguido por un descenso del área útil ponderada desde 1,4 m³/s hasta 2 m³/s, posteriormente se produjo un incremento hasta 6 m³/s, donde se alcanzó el valor más alto de área útil ponderada (100 %), a partir de ahí se registró una leve disminución del área útil ponderada conforme aumentaban los caudales por encima de 6 m³/s. El área útil ponderada disminuyó a 67,30 % para el caudal registrados en setiembre de 1,4 m³/s. Para el caudal ecológico de 1 m³/s, el área útil ponderada se encontró en 75,79 %.

Los registros de área ponderada útil en la fase 1 y 2 mostraron una disminución desde 0,2 m³/s hasta 1,6 m³/s, seguido de un aumento del área útil ponderada desde 1,9 m³/s hasta 8,1 m³/s, donde en este último alcanzó el valor más alto (100 %). Finalmente se produjo leves aumentos desde 8,4 m³/s hasta 10,5 m³/s. El área ponderada útil fue 68,54 % para el caudal registrado en setiembre de 1,6 m³/s, mientras que para el caudal ecológico de 1,0 m³/s, el área útil ponderada se encontró en 75,39 %.



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

Tabla 6.38. Valores de caudal (m³/s) y área ponderada útil (m²/1000m) para fase 4, fase 3, fase 2 y 1 de Basilichthys semotilus del tramo RHUA-05

Table with 7 columns: Caudal (m³/s), Área ponderada útil (m²/1000m) for Fase 4, Área ponderada útil (%) for Fase 4, Área ponderada útil (m²/1000m) for Fase 3, Área ponderada útil (%) for Fase 3, Área ponderada útil (m²/1000m) for Fase 1 y 2, and Área ponderada útil (%) for Fase 1 y 2. Rows list caudal values from 0.2 to 10.5.

Legend for Table 6.38: Orange box = Valores correspondientes al caudal ecológico de 1 m³/s; Blue box = Valores correspondientes al caudal registrado en setiembre de 2022.

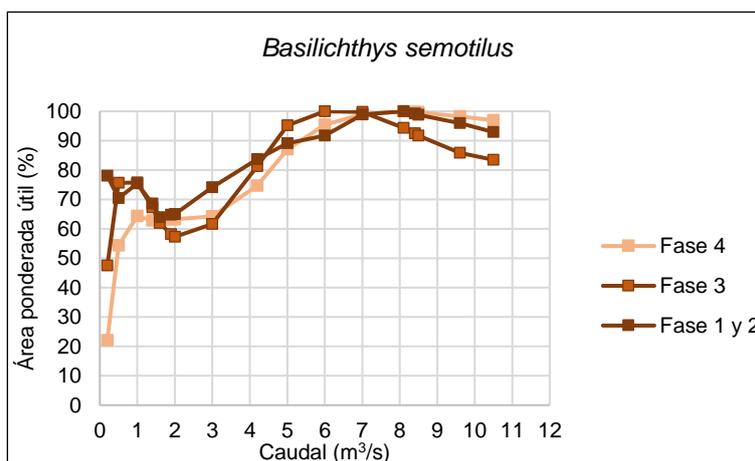


Figura 6.65. Relación entre el caudal (m³/s) y el área ponderada útil (%) para Basilichthys semotilus del tramo RHUA-05

D. Tramo RHUA-06

Los valores de área ponderada útil (m²/1000 m) para Basilichthys semotilus con su caudal (m³/s) respectivo se encuentra en la Tabla 6.39. Se observó diferencias en las curvas de relación de caudal (m³/s) y área ponderada útil (m²/1000m) entre las fases de Basilichthys semotilus (Figura 6.66).



Los registros de área ponderada útil ponderada en la fase 4 aumentaron conforme se incrementaron los registros de caudal desde 0,2 m³/s hasta 8,5 m³/s, encontrándose el valor más alto de área ponderada útil en este último, al cual se consideró como el 100 %. A partir de 8,5 m³/s en adelante, se produjo una ligera disminución del área útil ponderada. Se observó como el área ponderada útil disminuyó a 34,27 % y 59,89 % para el caudal registrado en setiembre de 2022 de 1,2 m³/s y 2 m³/s respectivamente. El área ponderada útil disminuyó a 26,75 % para el caudal ecológico de 1 m³/s.

Los registros de área ponderada útil en la fase 3 mostraron un incremento desde 0,2 m³/s hasta 8,1 m³/s, encontrándose el valor más alto de área ponderada útil en este último, al cual se consideró como el 100 %. Desde 8,4 m³/s hasta 10,5 m³/s, el área útil ponderada disminuyó levemente. El área útil ponderada fue 56,23 % y 72,54 % para los caudales registrados en setiembre de 2022 de 1,2 m³/s y 2,0 m³/s. Para el caudal ecológico de 1 m³/s, el área útil ponderada se encontró en 50,45 %.

Los registros de área ponderada útil en la fase 1 y 2 mostraron un incremento desde 0,2 m³/s hasta 1,2 m³/s, encontrándose el valor más alto de área ponderada útil en este último, al cual se consideró como el 100 %. El área útil ponderada fue 100 % y 90,26 % para los caudales registrados en setiembre de 1,2 m³/s y 2,0 m³/s. Para el caudal ecológico de 1 m³/s, el área útil ponderada se encontró en 93,70 %.

Tabla 6.39. Valores de caudal (m³/s) y área ponderada útil (m²/1000m) para fase 4, fase 3, fase 2 y 1 de *Basilichthys semotilus* del tramo RHUA-06

Caudal (m ³ /s)	<i>Basilichthys semotilus</i> (Fase 4)		<i>Basilichthys semotilus</i> (Fase 3)		<i>Basilichthys semotilus</i> (Fase 1 y 2)	
	Área ponderada útil (m ² /1000m)	Área ponderada útil (%)	Área ponderada útil (m ² /1000m)	Área ponderada útil (%)	Área ponderada útil (m ² /1000m)	Área ponderada útil (%)
0,2	22,47	2,45	74,80	13,59	232,24	36,75
0,5	93,99	10,25	161,82	29,41	411,96	65,19
1,0	245,15	26,75	277,59	50,45	592,15	93,70
1,2	314,11	34,27	309,40	56,23	631,98	100,00
1,4	391,67	42,73	342,99	62,33	609,29	96,41
1,6	453,63	49,49	366,97	66,69	589,27	93,24
1,7	480,07	52,38	375,38	68,22	582,58	92,18
1,8	504,22	55,01	382,93	69,59	578,37	91,52
1,9	528,41	57,65	391,69	71,18	574,56	90,91
2,0	548,98	59,89	399,13	72,54	570,43	90,26
2,5	631,00	68,84	429,29	78,02	546,71	86,51
3,0	703,85	76,79	444,56	80,79	519,33	82,18
4,2	765,41	83,51	470,06	85,43	454,68	71,95
5,0	801,01	87,39	535,38	97,30	410,51	64,96
6,0	825,07	90,02	549,40	99,85	373,95	59,17
7,0	872,52	95,19	549,18	99,81	337,10	53,34
8,1	915,41	99,87	550,25	100,00	308,93	48,88
8,4	916,39	99,98	548,06	99,60	303,38	48,00
8,5	916,59	100,00	547,01	99,41	301,97	47,78
9,6	900,95	98,29	523,98	95,23	287,13	45,43
10,5	898,30	98,00	504,08	91,61	278,31	44,04

Valores correspondientes al caudal ecológico de 1 m³/s

Valores correspondientes al caudal registrado en setiembre de 2022.

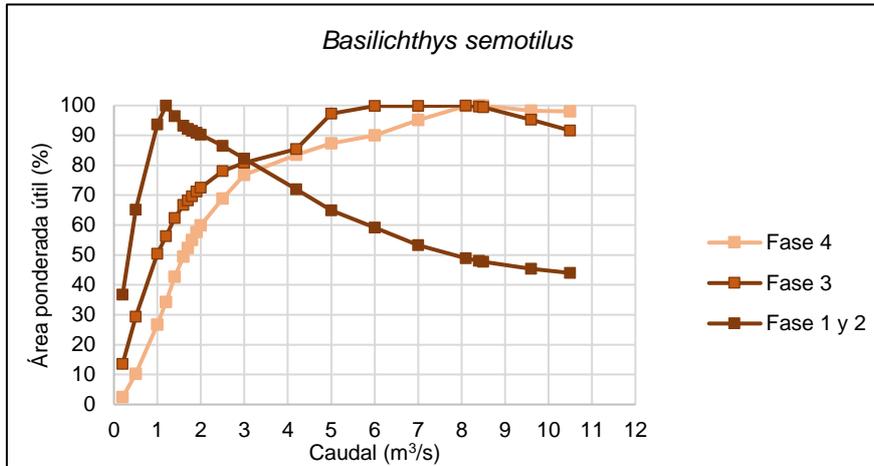


Figura 6.66. Relación entre el caudal (m³/s) y el área ponderada útil (%) para *Basilichthys semotilus* del tramo RHUA-06

Los valores de área ponderada útil (m²/1000 m) para *Trichomycterus aff. vittatus* con su caudal (m³/s) respectivo se encuentra en la Tabla 6.40 y Figura 6.67.

Los registros de área ponderada útil ponderada en los adultos aumentaron conforme se incrementaron los registros de caudal, encontrándose el valor más alto de área ponderada útil en un caudal de 8,4 m³/s y 8,5 m³/s, a los cuales se consideró como el 100 %. Se observó como el área ponderada útil fue de 26,30 % y 51,36 % para los caudales registrados en setiembre de 2022 de 1,2 m³/s y 2,0 m³/s respectivamente. El área ponderada útil fue 19,57 % para el caudal ecológico de 1,0 m³/s.

Tabla 6.40. Valores de caudal (m³/s) y área ponderada útil (m²/1000m) para fase 3 de *Trichomycterus aff. vittatus* del tramo RHUA-05

Caudal (m ³ /s)	<i>Trichomycterus aff. vittatus</i> (Fase 3)	
	Área ponderada útil (m ² /1000m)	Área ponderada útil (%)
0,2	48,95	1,36
0,5	247,29	6,89
1,0	702,91	19,57
1,2	944,24	26,30
1,4	1201,76	33,47
1,6	1432,35	39,89
1,7	1540,18	42,89
1,8	1644,15	45,79
1,9	1747,91	48,68
2,0	1844,19	51,36
2,5	2260,42	62,95
3,0	2612,95	72,77
4,2	3068,63	85,46
5,0	3297,96	91,84
6,0	3433,52	95,62
7,0	3523,46	98,12
8,1	3582,65	99,77
8,4	3590,92	100,00



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

Table with 3 columns: Caudal (m³/s), Área ponderada útil (m²/1000m), and Área ponderada útil (%). Rows show data for caudals 8.5, 9.6, and 10.5. Includes a legend for ecological and recorded caudal values.

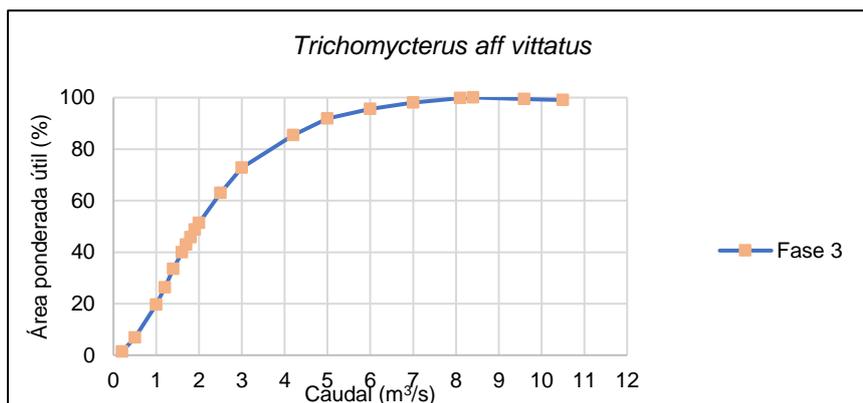


Figura 6.67. Relación entre el caudal (m³/s) y el área ponderada útil (%) para Trichomycterus aff, vittatis del tramo RHUA-06

E. Tramo RHUA-07

Los valores de área ponderada útil (m²/1000 m) para Basilichthys semotilus con su caudal (m³/s) respectivo se encuentra en la Tabla 6.41. Se observó diferencias en las curvas de relación de caudal (m³/s) y área ponderada útil (m²/1000m) entre las fases de Basilichthys semotilus (Figura 6.68).

Los registros de área ponderada útil ponderada en la fase 4 aumentaron conforme se incrementaron los registros de caudal desde 0,2 m³/s hasta 9,6 m³/s, encontrándose el valor más alto de área ponderada útil en este último, al cual se consideró como el 100 %. Se observó como el área ponderada útil fue 70,38 % para el caudal registrado en setiembre de 1,9 m³/s y 70,20 % para el caudal registrado en abril de 2022 de 4,2 m³/s. El área ponderada útil fue de 50,62 % para el caudal ecológico de 1 m³/s.

Los registros de área ponderada útil en la fase 3 mostraron un incremento desde 0,2 m³/s hasta 1,7 m³/s, encontrándose el valor más alto de área ponderada útil en este último, al cual se consideró como el 100 %. Desde 1,8 m³/s hasta 3 m³/s, el área útil ponderada disminuyó, seguido por un aumento desde 4,2 m³/s hasta 8,1 m³/s. El área útil ponderada fue 71,24 % para el caudal registrado en abril de 2022 de 1,9 m3/s % y, 59,26 % para el caudal registrado en setiembre de 2022 de 4,2 m³/s. Para el caudal ecológico de 1 m³/s, el área útil ponderada se encontró en 88,07 %.

Los registros de área ponderada útil en la fase 1 y 2 mostraron un incremento desde 0,2 m³/s hasta 1 m³/s, encontrándose el valor más alto de área ponderada útil en este último, al cual se consideró como el 100%. Desde 1 m³/s hasta 4,2 m³/s, el área útil ponderada disminuyó, seguido por un aumento desde 5,0 m³/s hasta 9,6 m³/s. El área útil ponderada fue 71,85 % para el caudal registrado en abril de 2022 de 1,9 m³/s % y, 90,93 % para el



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

caudal registrado en setiembre de 2022 de 4,2 m³/s. Para el caudal ecológico de 1 m³/s, el área útil ponderada se encontró en 100 %.

Tabla 6.41. Valores de caudal (m³/s) y área ponderada útil (m²/1000m) para fase 4, fase 3, fase 2 y 1 de Basilichthys semotilus del tramo RHUA-07

Table with 7 columns: Caudal (m³/s), Área ponderada útil (m²/1000m) for Fase 4, Área ponderada útil (%) for Fase 4, Área ponderada útil (m²/1000m) for Fase 3, Área ponderada útil (%) for Fase 3, Área ponderada útil (m²/1000m) for Fase 1 y 2, and Área ponderada útil (%) for Fase 1 y 2. Rows list various flow rates from 0.2 to 10.5 m³/s.

- Valores correspondientes al caudal ecológico de 1 m³/s
Valores correspondientes al caudal registrado en setiembre de 2022.
Valores correspondientes a los caudales registrados en abril de 2022.

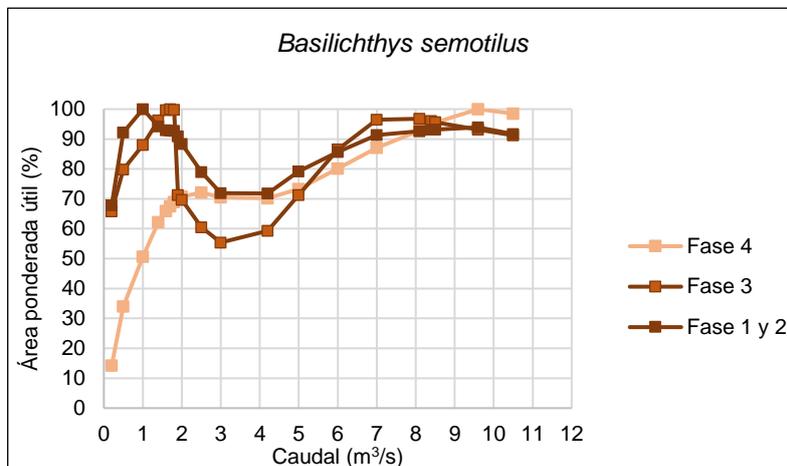


Figura 6.68. Relación entre el caudal (m³/s) y el área ponderada útil (%) para Basilichthys semotilus del tramo RHUA-07



Los valores de área ponderada útil ($m^2/1000 m$) para *Trichomycterus aff. vittatus* con su caudal (m^3/s) respectivo se encuentra en la Tabla 6.42 y Figura 6.69.

Los registros de área ponderada útil ponderada en los adultos aumentaron conforme se incrementaron los registros de caudal desde $0,2 m^3/s$ hasta $3 m^3/s$, seguidamente se presentó una pequeña disminución entre $4,2 m^3/s$ y $6 m^3/s$. Finalmente se produjo un incremento del área útil ponderada desde $7 m^3/s$ hasta $10,5 m^3/s$, siendo este último el de mayor registro de área útil ponderada (100 %). Se observó como el área ponderada útil fue de 83,68 % y 83,28 % para los caudales registrados en setiembre ($1,9 m^3/s$) y el caudal registrado en abril de 2022 ($83,28 \%$) respectivamente. En el caso del caudal ecológico de $1,0 m^3/s$, el área ponderada útil fue 54,35 %.

Tabla 6.42. Valores de caudal (m^3/s) y área ponderada útil ($m^2/1000m$) para fase 3 de *Trichomycterus aff. vittatus* del tramo RHUA-07

Caudal (m^3/s)	<i>Trichomycterus aff. vittatus</i>	
	Área ponderada útil ($m^2/1000m$)	Área ponderada útil (%)
0,2	414,93	11,00
0,5	1168,33	30,98
1,0	2050,14	54,35
1,4	2624,70	69,59
1,6	2857,80	75,77
1,7	2968,86	78,71
1,8	3071,20	81,43
1,9	3156,26	83,68
2,0	3212,05	85,16
2,5	3432,41	91,00
3,0	3471,15	92,03
4,2	3141,16	83,28
5,0	2947,56	78,15
6,0	2872,34	76,15
7,0	3009,80	79,80
8,1	3255,13	86,30
8,4	3337,24	88,48
8,5	3371,50	89,39
9,6	3644,60	96,63
10,5	3771,76	100,00

- Valores correspondientes al caudal ecológico de $1 m^3/s$
- Valores correspondientes al caudal registrado en setiembre de 2022.
- Valores correspondientes a los caudales registrados en abril de 2022.

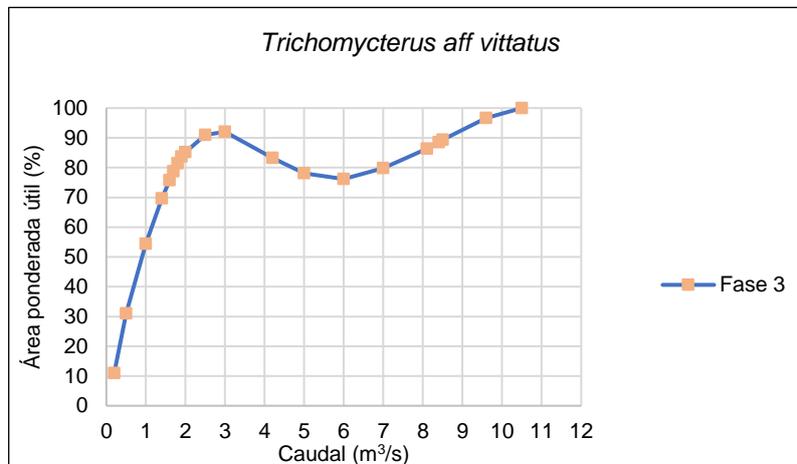


Figura 6.69. Relación entre el caudal (m³/s) y el área ponderada útil (%) para *Trichomycterus aff, vittatus* del tramo RHUA-07

6.3. Calidad de agua superficial del reservorio Huaura y calidad de agua superficial, sedimento, comunidades hidrobiológicas y estado trófico del reservorio Checras

6.3.1. Agua superficial

En setiembre de 2022 se evaluó un punto de muestreo en el reservorio Huaura (EHUA-01) y 3 puntos en el reservorio Checras con códigos ECHE-01, ECHE-02 y ECHE-03 (superficie y fondo). Los resultados obtenidos tanto de campo como los análisis de laboratorio se compararon con las normas de calidad de agua superficial.

Comparación con los valores de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, Categoría 3, Subcategoría D1: Riego de vegetales y Subcategoría D2: Bebida de animales; aprobado mediante Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM

Los valores y concentraciones físicas y químicas en los puntos evaluados en el agua de los reservorios Huaura y Checras cumplieron con los ECA para Agua-2017 de la Cat.3, a excepción del pH en los puntos ECHE-02 y ECHE-03 (Figura 6.70).

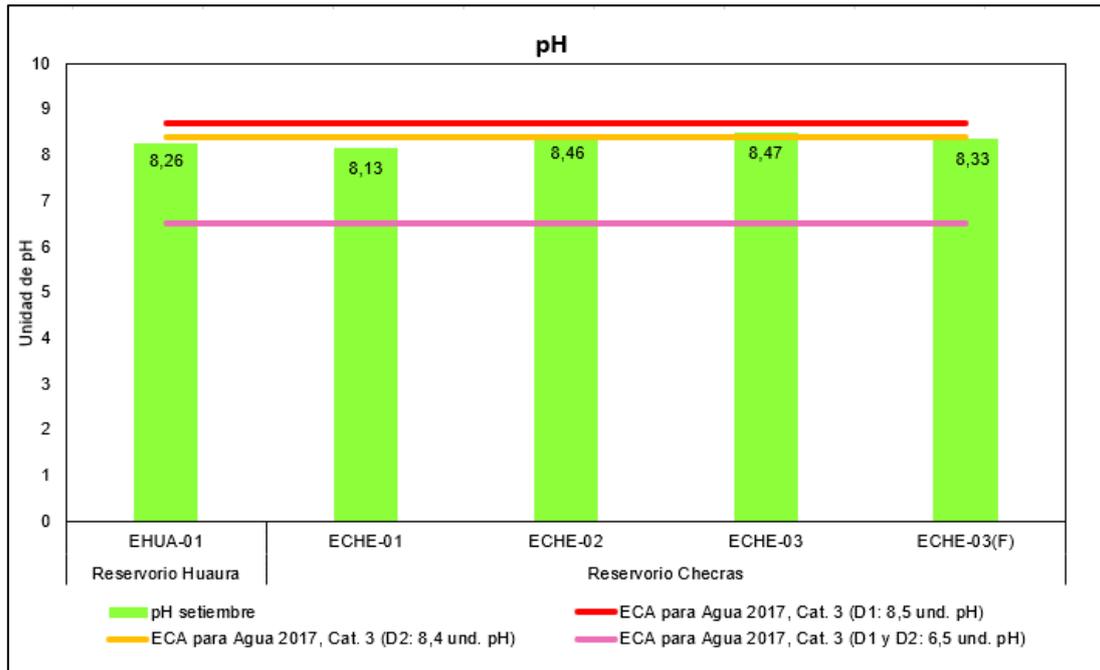


Figura 6.70. Valores de pH en el agua de los reservorios Huaura y Checras en setiembre de 2022

Respecto a los parámetros de campo y otros de interés en los puntos de muestreo de los reservorios Huaura y Checras, se mencionan sus principales rangos de variación.

- Los valores del potencial de hidrógeno estuvieron en un rango alcalino de 8,13 unidades de pH a 8,47 unidades de pH.
- Los valores conductividad eléctrica variaron entre 488 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 541 $\mu\text{S}/\text{cm}$.
- Las concentraciones de oxígeno disuelto estuvieron entre 7,26 mg/L y 8,24 mg/L.
- Los valores de turbidez estuvieron entre 3,24 NTU a 12,1 NTU.
- Los valores de sólidos totales en suspensión se encontraron por debajo del límite de cuantificación de laboratorio en la mayoría de los puntos evaluados y alcanzó su mayor concentración en 6,5 mg/L.
- En cuanto a, las concentraciones de sólidos totales disueltos se encontraron entre 320 mg/L a 328 mg/L.

6.3.2. Estado trófico del reservorio Checras

Para determinar el estado trófico, se evaluaron 2 puntos de muestreo de agua superficial en el reservorio Checras, ECHE-02 (superficie) y ECHE-03 (superficie y fondo). En la Tabla 6.43 se muestran los resultados obtenidos en campo y lo reportado por el laboratorio, donde el parámetro de clorofila A, fosfato y nitrato presentaron bajas concentraciones.

Tabla 6.43. Características físicas y químicas del agua del reservorio Checras

Puntos de muestreo	Profundidad	Parámetros								
		pH (Unidad de pH)	CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	OD (mg/L)	Turbidez (NTU)	Fósforo total (mg/L)	Clorofil a A (mg/L)	Fosfato (mg/L)	Nitrato (mg/L)	Transparencia (m)
EHE-02	Superficie (0 m)	8,46	488	8,01	6,46	0,011	<0,005	<0,010	1,29	-
ECHE-03	Superficie (0 m)	8,47	501	7,82	5,82	0,020	<0,005	<0,010	1,36	1,20
ECHE-03 (F)	Fondo (5 m)	8,33	503	8,24	8,36	-	<0,005	<0,010	1,38	-

Fuente: Anexo 5 (RR-064-2022-STEC).



Del cálculo del índice del estado trófico (TSI) a partir de las concentraciones de fósforo total y la transparencia del agua se determinó la clasificación del estado trófico que se detalla en la Tabla 6.44.

Tabla 6.44. Resultados del cálculo del índice de estado Trófico (TSI) y estado trófico del reservorio Checras

Índice del estado trófico (TSI)		EHE-02	Estado Trófico	ECHE-03	Estado Trófico
TSI calculado a partir del Fósforo	Carlson modificado (1977;1980)	-60,88	Oligotrófico	-52,26	Oligotrófico
	Aizaki et. Al (1981)	40,90	Mesotrófico	48,40	Mesotrófico
TSI calculado a partir de la Transparencia	Carlson modificado (1977;1980)	-	-	57,37	Mesotrófico
	Aizaki et. Al (1981)	-	-	68,76	Eutrófico

6.3.3. Sedimento

Análisis geoquímico

Los elementos químicos determinados en el sedimento de los puntos de muestreo en el reservorio Checras (RCHE-02 y RCHE-03) fueron divididos para su análisis en elementos mayores, menores y trazas.

El sedimento del reservorio Checras evaluado en setiembre de 2022 presentó altas concentraciones de aluminio, calcio, hierro, magnesio y zinc en todos los puntos de muestreo. Al respecto, el calcio presentó el mayor valor de concentración en el punto RCHE-02 (Figura 6.71).

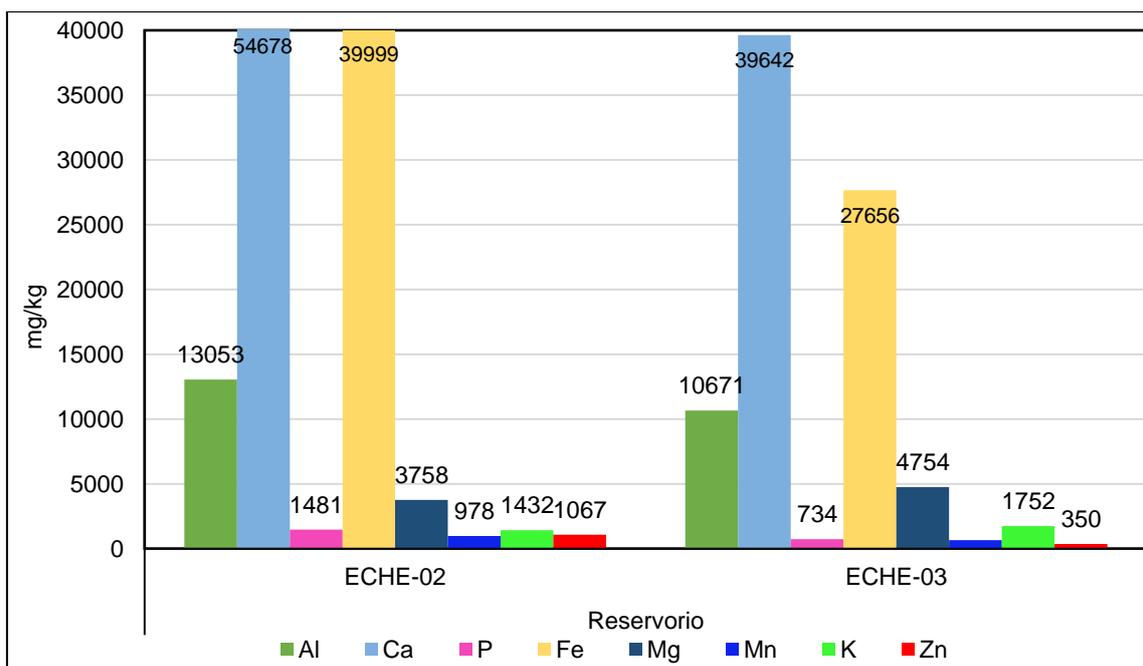


Figura 6.71. Concentraciones de elementos mayoritarios en sedimentos del reservorio Checras, en setiembre de 2022



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

En cuanto a los elementos menores, en el sedimento existió mayor predominancia de estroncio y bario respecto a los demás elementos, en ambos puntos de muestreo (Figura 6.72).

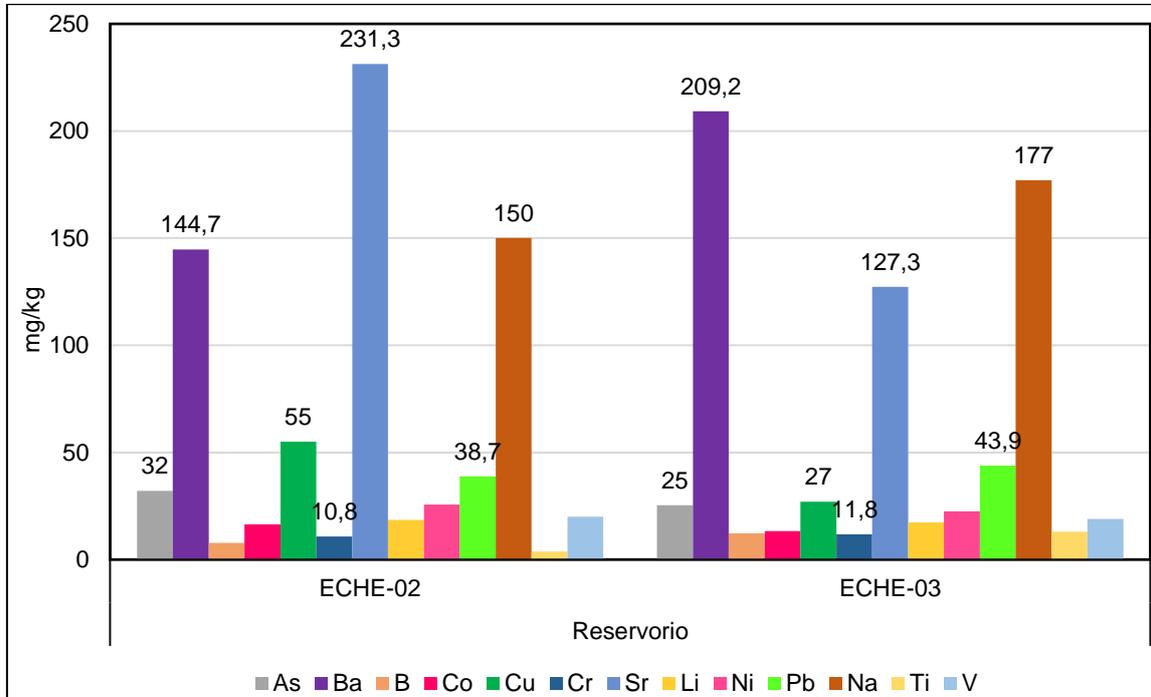


Figura 6.72. Concentraciones de elementos menores en sedimentos en el reservorio Checras, en setiembre de 2022

Respecto a los elementos trazas, estos se encontraron representados por el cadmio, berilio y molibdeno, donde las mayores concentraciones de estos elementos se encontraron en el punto ECHE-02 (Figura 6.73).

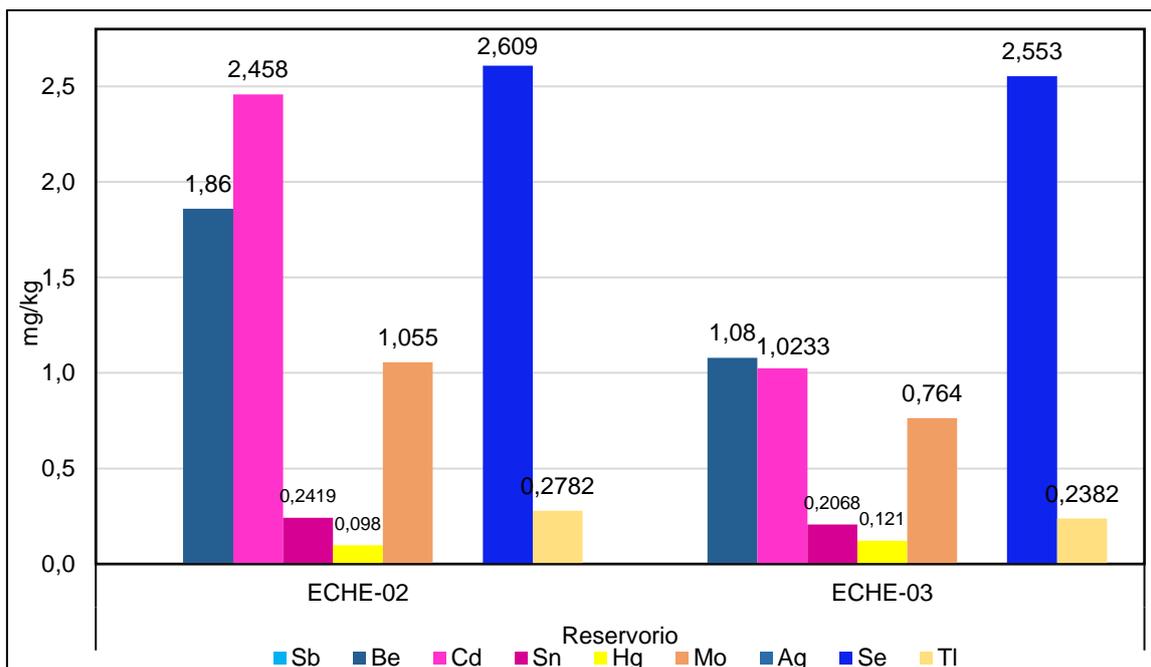


Figura 6.73. Concentraciones de elementos trazas en sedimentos del reservorio Checras, en setiembre de 2022

**Comparación de la concentración de metales en sedimento del reservorio Checras con los estándares de la guía de calidad ambiental canadiense para sedimento de aguas continentales**

En la Tabla 6.45 se presenta las concentraciones de arsénico, cadmio, cobre, mercurio, plomo y zinc en el reservorio Checras, comparados con los valores ISQG y PEL de la guía canadiense. Se observa que las concentraciones de arsénico y zinc se encontraron por encima de los valores ISQG y PEL de la guía canadiense; y las concentraciones de cadmio y plomo estuvieron por encima del valor ISQG de la guía canadiense en ambos puntos.

Tabla 6.45. Resultados de metales en el sedimento del reservorio Checras comparados con los valores ISQG y PEL de la guía canadiense, evaluados en setiembre del 2022

Época de muestreo	Punto de muestreo	Nombre	Parámetros						
			Arsénico	Cadmio	Cobre	Cromo	Mercurio	Plomo	Zinc
			mg/kg PS						
SEPTIEMBRE	ECHE-02	Reservorio	32,1	2,4580	55	10,8	0,098	38,7	1067
	ECHE-03		25,4	1,0233	27	11,8	0,121	43,9	350
Guía canadiense – CEQG-SQG ^(a)		ISQG ^(b)	5,9	0,6	35,7	37,3	0,17	35	123
		PEL ^(c)	17	3,5	197	90	0,486	91,3	315

(a) *Interim sediment quality guidelines* (ISQG): concentración debajo de la cual no se presentan efectos biológicos adversos.

(b) *Probable Effect Level* (PEL): concentración sobre la cual se encontrarían usualmente efectos biológicos adversos.

«---»: No cuenta con valor para ISQG o PEL.

<: Menor al límite de detección del laboratorio que realizó los análisis. laboratorio AGQ PERÚ S.A.C.

: Concentraciones que exceden los valores de ISQG.

: Concentraciones que exceden los valores de ISQG y PEL.



En la Figura 6.74 se observa la variación de la concentración de arsénico comparados con los valores de la guía canadiense. Los valores obtenidos de arsénico estuvieron en un rango de 25,4 mg/kg a 32,1 mg/kg, y se encontraron por encima de los valores ISQG y PEL en ambos puntos de muestreo.

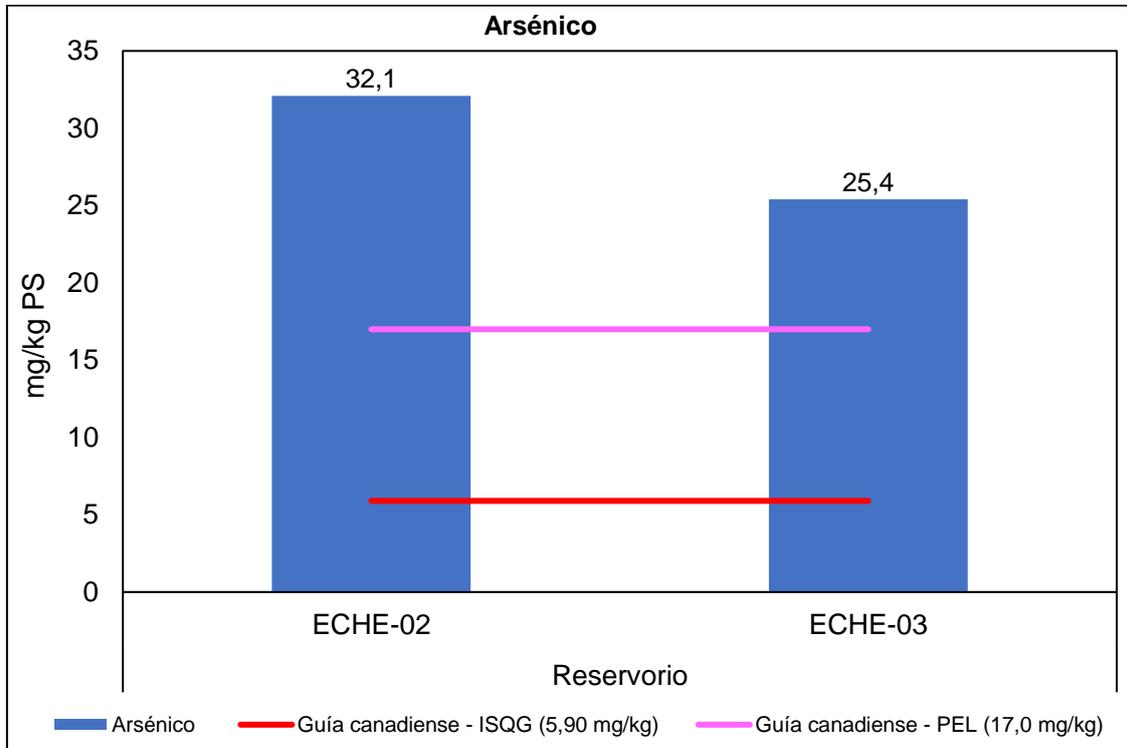


Figura 6.74. Variación de las concentraciones de arsénico en sedimentos del reservorio Checra, en setiembre de 2022

Las concentraciones de cadmio se encontraron entre 1,02 mg/kg y 2,46 mg/kg, su mayor concentración se encontró en el punto ECHE-02(2.46 mg/kg), concentración por encima del valor ISQG de la guía canadiense (Figura 6.75).

Las concentraciones de cobre se encontraron entre 27 mg/kg y 55 mg/kg, su mayor concentración se encontró en el punto ECHE-02 (55 mg/kg), concentración por encima del valor ISQG y PEL de la guía canadiense en ambos puntos (Figura 6.76).

Las concentraciones de plomo se encontraron entre 38,9 mg/kg y 43,9 mg/kg, su mayor concentración se encontró en el punto ECHE-03 (43,9 mg/kg) por encima del valor ISQG de la guía canadiense en ambos puntos (Figura 6.77).

Las concentraciones de zinc se encontraron entre 350 mg/kg y 1067 mg/kg, su mayor concentración se encontró en el punto ECHE-02(1067 mg/kg), la cual estuvo por encima del valor ISQG y PEL de la guía canadiense (Figura 6.78).

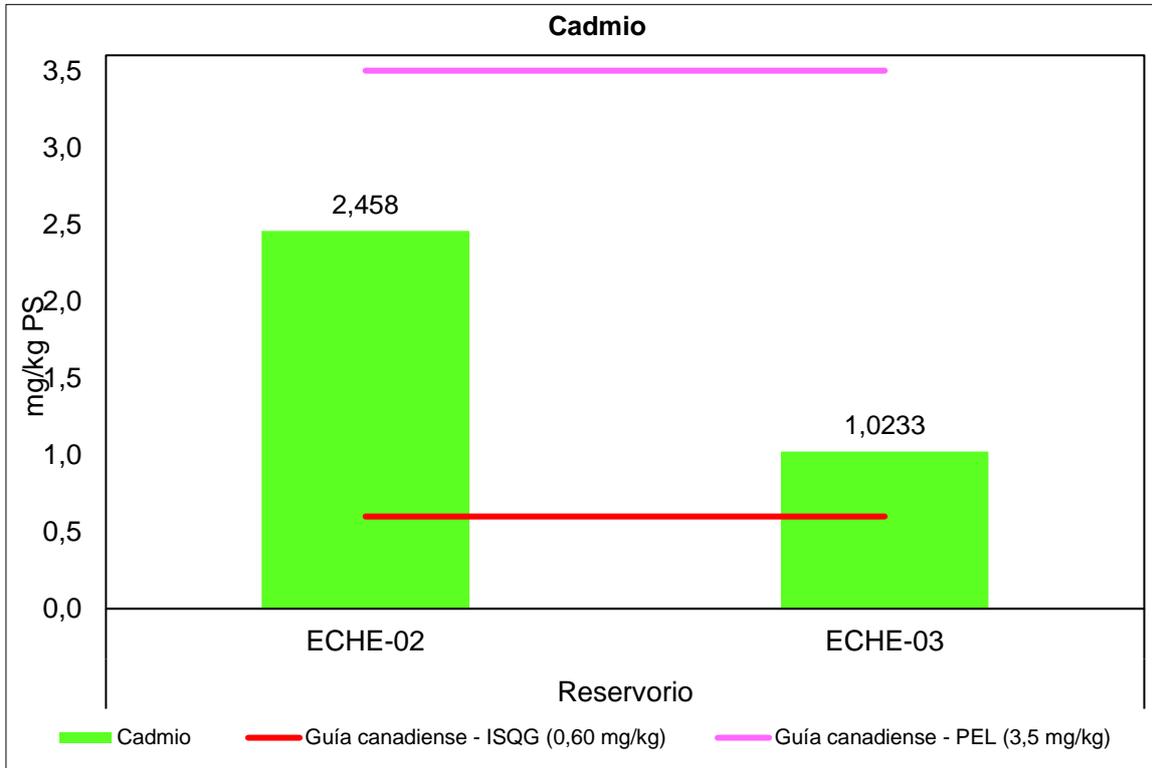


Figura 6.75. Variación de las concentraciones de cadmio en sedimentos del reservorio Checras, en setiembre de 2022

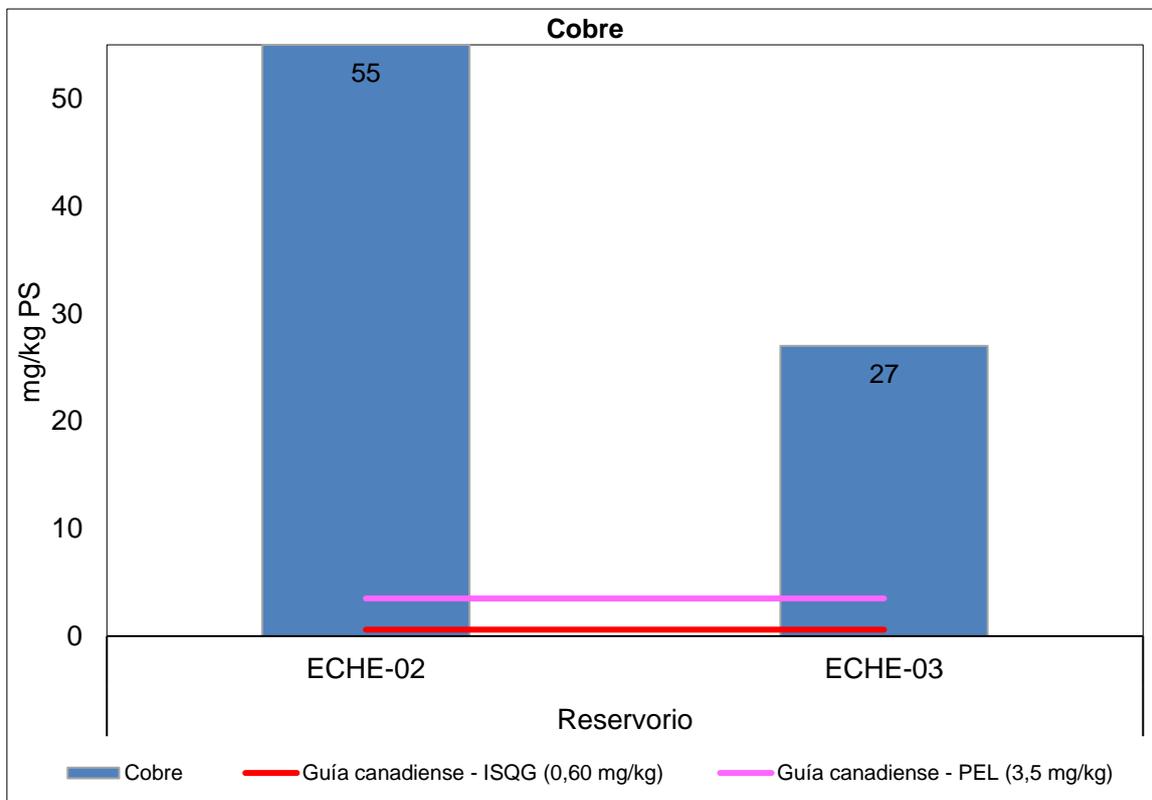


Figura 6.76. Variación de las concentraciones de cobre en sedimentos del reservorio Checras, en setiembre de 2022



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

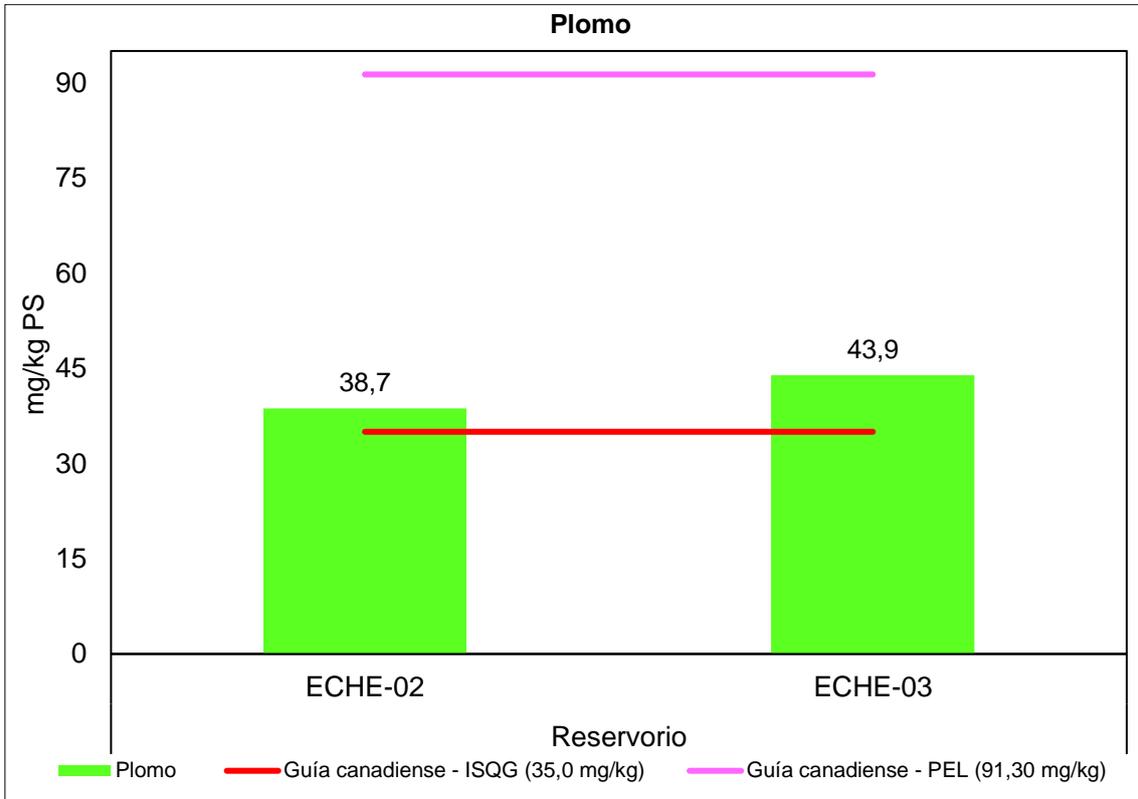


Figura 6.77. Variación de las concentraciones de plomo en sedimentos del reservorio Checras, en setiembre de 2022

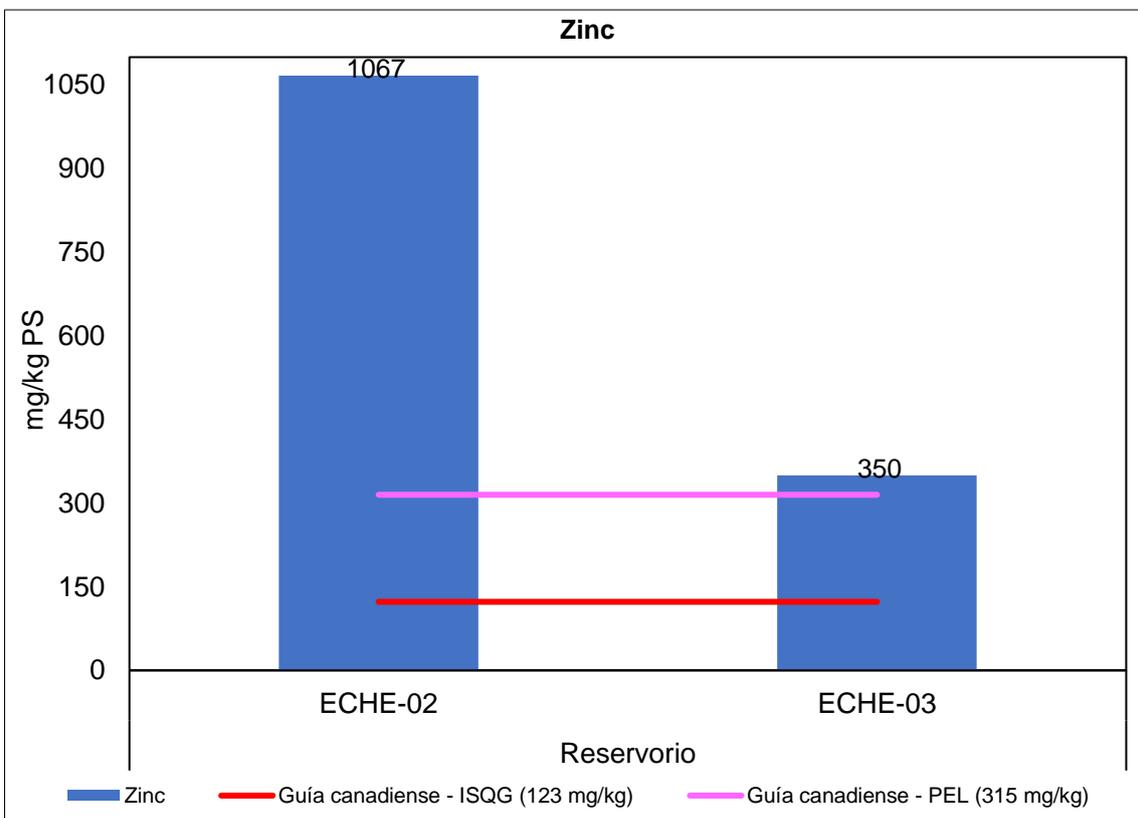


Figura 6.78. Variación de las concentraciones de zinc en sedimentos del reservorio Checras, en setiembre de 2022



A. Materia orgánica

El porcentaje de materia orgánica en el sedimento del reservorio Checras presentó bajos valores, algunos inclusive menores al límite de cuantificación del laboratorio.

B. Análisis granulométrico

La granulometría del sedimento en el punto ECHE-03 del reservorio Checras presentó tamaños de partículas desde finos (limo y arcilla) hasta arena media, presentando predominancia en material fino al 50% limo

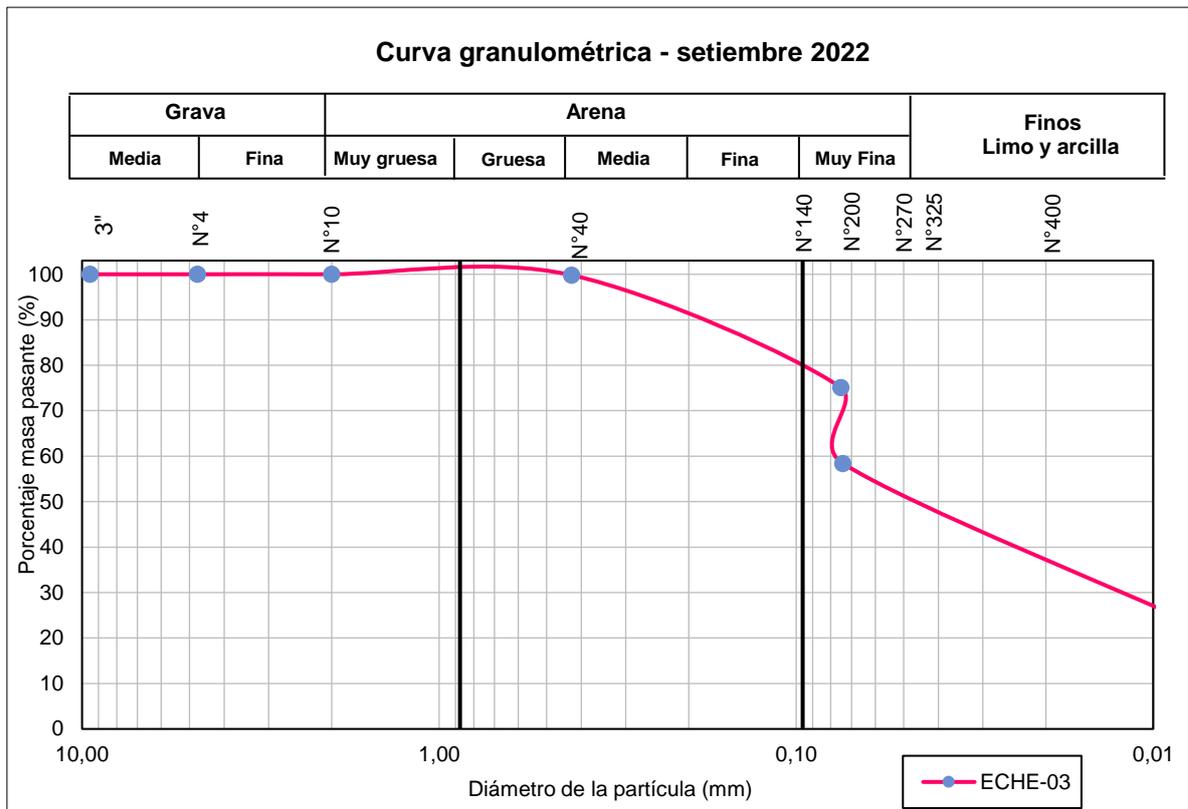


Figura 6.79. Curva granulométrica de sedimento en el reservorio Checras, en setiembre de 2022

6.3.4. Comunidades hidrobiológicas

Se evaluaron 3 puntos de muestreo en el Reservorio Checras: ECHE-03, ECHE-02 en superficie y el punto ECHE-03 (F) en el fondo durante setiembre de 2022. Se realizaron evaluaciones de plancton (fitoplancton y zooplancton) donde para el análisis de esta comunidad se consideró solo al fitoplancton debido a que no se registraron organismos del zooplancton. En el Anexo 4 (RR-064-2022-STE) se detalla el registro completo de las especies del plancton.

6.3.4.1. Plancton

Fitoplancton

A. Composición comunitaria del fitoplancton

La composición taxonómica de la comunidad de fitoplancton comprendió a 19 especies, de las cuales la mayor composición porcentual fue registrada por el phylum Bacillariophyta con



el 68,4 % y en menor proporción los phyla Cyanobacteria y Chlorophyta con el 15,8 % cada uno. La composición comunitaria total para el fitoplancton se encuentra en la Tabla 6.46 y Figura 6.80.

Tabla 6.46. Composición comunitaria total de microalgas del fitoplancton en el Reservorio Checra

Phylum	Setiembre 2022	
	Morfoespecie	%
Bacillariophyta	13	68,4
Cyanobacteria	3	15,8
Chlorophyta	3	15,8
Total	19	100

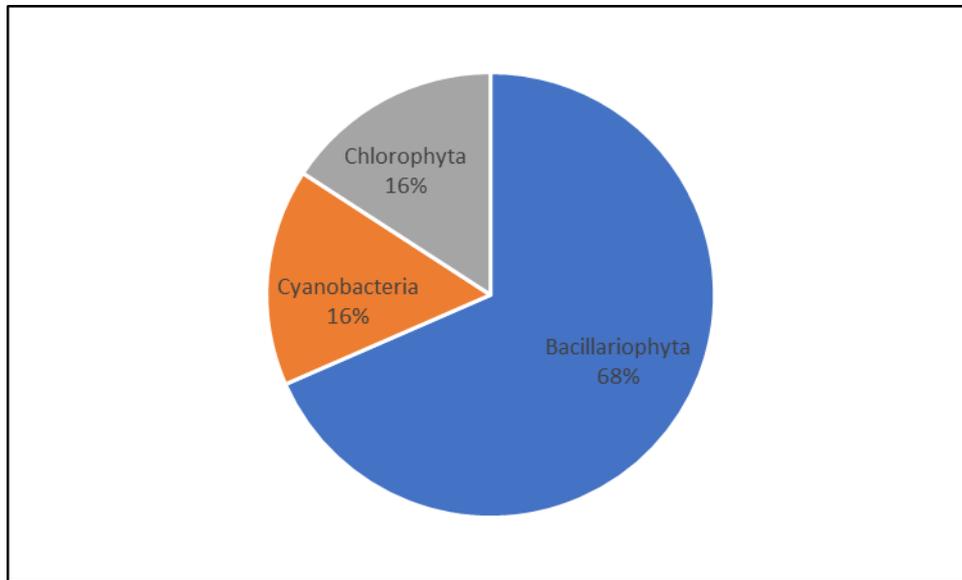


Figura 6.80. Distribución porcentual de la composición de especies por phylum del fitoplancton en el Reservorio Checra en setiembre de 2022

B. Riqueza del fitoplancton

Durante setiembre de 2022, la riqueza del fitoplancton fue mayor en el punto ECHE-03 (F) con 17 especies en tanto que los puntos ECHE-03 y ECHE-02 presentaron 7 especies fitoplanctónicas cada uno (Tabla 6.47). El phylum más frecuentes en los puntos de muestreo fue Bacillariophyta, desde 70,6 % en ECHE-03 (F) hasta 71,4 % en ECHE-03 y ECHE-02, en menor porcentaje estuvieron representadas las Cyanobacterias con 11,8 % en ECHE-03(F) y 14,3 % en ECHE-02; y el phylum Chlorophyta con 14,3 % en ECHE-02 y 28,6 % en ECHE-03. En la Tabla 6.47 y Figura 6.81 se muestra la riqueza del fitoplancton.

Tabla 6.47. Riqueza del fitoplancton en el Reservorio Checra

Puntos	ECHE-03	ECHE-03 (F)	ECHE-02
S-Bacillariophyta	5	12	5
S-Cyanobacteria	0	2	1
S-Chlorophyta	2	3	1
S-Total	7	17	7
%S-Bacillariophyta	71,4	70,6	71,4
%S-Cyanobacteria	0,0	11,8	14,3
%S-Chlorophyta	28,6	17,6	14,3



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

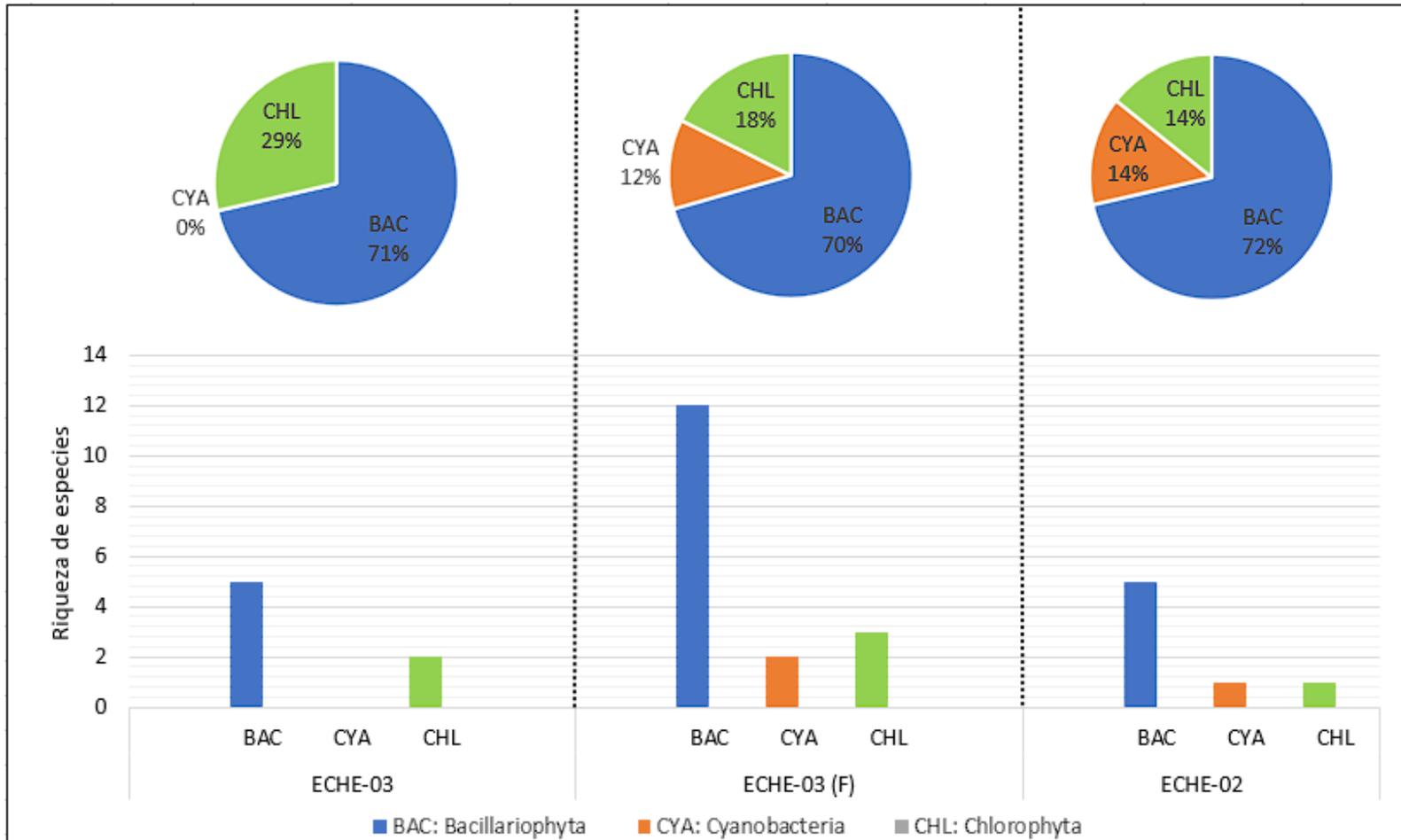


Figura 6.81. Distribución porcentual de la composición de especies por phylum del fitoplancton en el Reservorio Checras durante setiembre de 2022



C. Abundancia del fitoplancton

Durante setiembre de 2022, la abundancia fue mayor en el punto ECHE-03 (F) con 33500 organismos, en tanto que los puntos ECHE-03 y ECHE-02 presentaron abundancias de 20500 organismos y 18500 organismos respectivamente (Tabla 6.48).

El phylum más abundante en los puntos de muestreo ubicados en el Reservorio Checras fue Bacillariophyta con el 90,2 % en ECHE-03, 83,6 % en ECHE-03 (F) y 83,8 % en ECHE-02. La abundancia del phylum Cyanobacteria fue de 10,4 % en ECHE-03 (F) y de 2,7 % en ECHE-02. El phylum Chlorophyta fue más abundante en ECHE-02 con 13,5 % y en menor proporción en ECHE-03 (F) con 6,0 %. En la Tabla 6.48 y Figura 6.82 se muestra la abundancia del fitoplancton en el Reservorio Checras.

Tabla 6.48. Abundancia por phylum del fitoplancton en el Reservorio Checras, durante setiembre de 2022

Puntos	ECHE-03	ECHE-03 (F)	ECHE-02
N-Bacillariophyta	18500	28000	15500
N-Cyanobacteria	0	3500	500
N-Chlorophyta	2000	2000	2500
N-Total	20500	33500	18500
%N-Bacillariophyta	90.2	83.6	83.8
%N-Cyanobacteria	0.0	10.4	2.7
%N-Chlorophyta	9.8	6.0	13.5



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

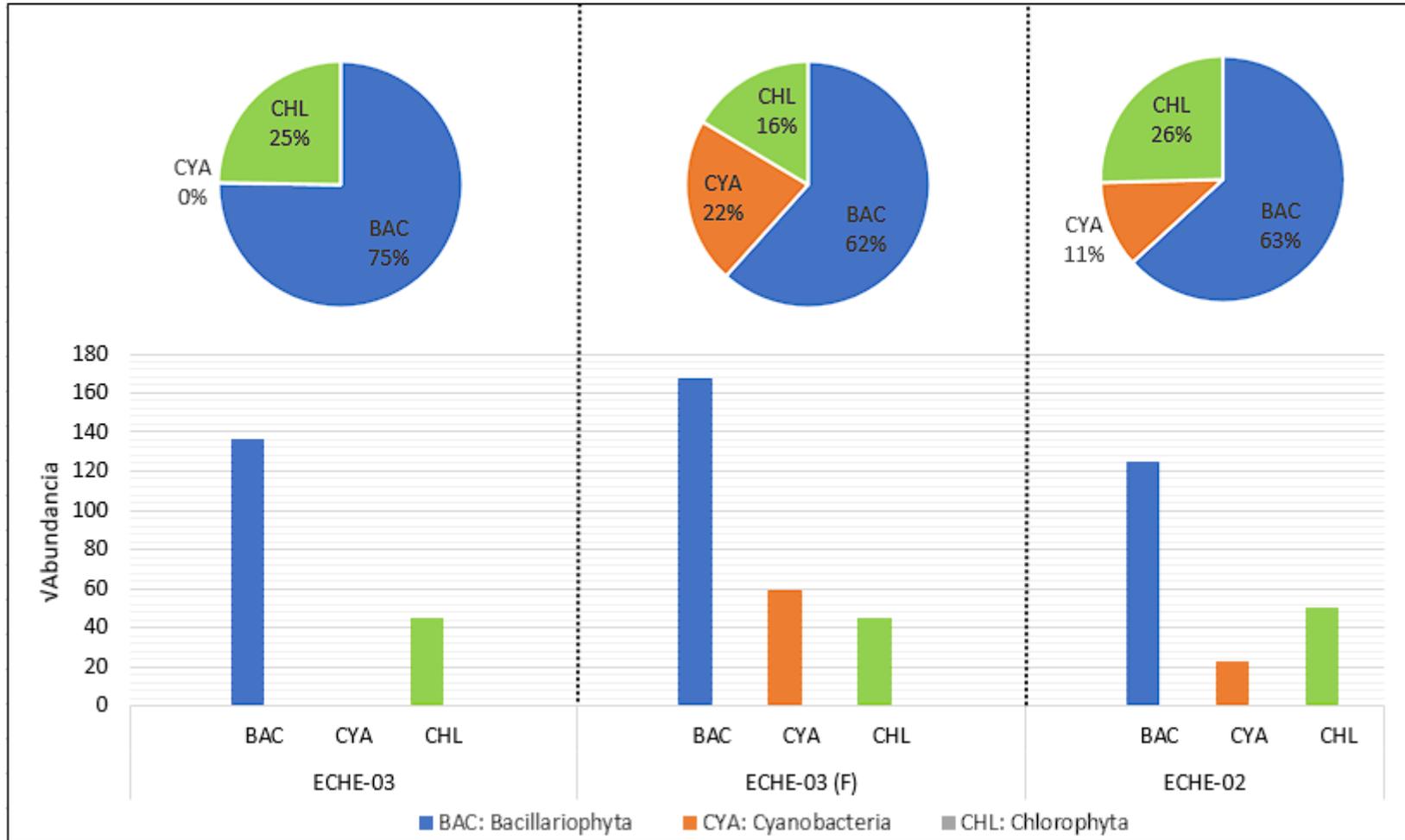


Figura 6.82. Abundancia por taxón del fitoplancton en el Reservorio Checras durante setiembre de 2022



D. Índice de diversidad

El índice Berger Parker (d) en el Reservorio Checras varió entre 0,2836 unidades en ECHE-03(F) y 0,7317 unidades en ECHE-03. En relación con el índice Shannon-Wiener, este fue mayor en el punto ECHE-03 (F) con 3,437 bits/individuo en tanto que los menores registros se obtuvieron en los puntos ECHE-03 con 1,486 bits/individuo y ECHE-02 con 1,96 bits/individuo (Tabla 6.49 y Figura 6.83).

Tabla 6.49. Índices de diversidad para el fitoplancton en el Reservorio Checras, durante setiembre de 2022

Puntos	Índice de Berger Parker (d)	Índice de Shannon-Wiener (H' (log2))
ECHE-03	0,7317	1,486
ECHE-03 (F)	0,2836	3,437
ECHE-02	0,5676	1,96



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

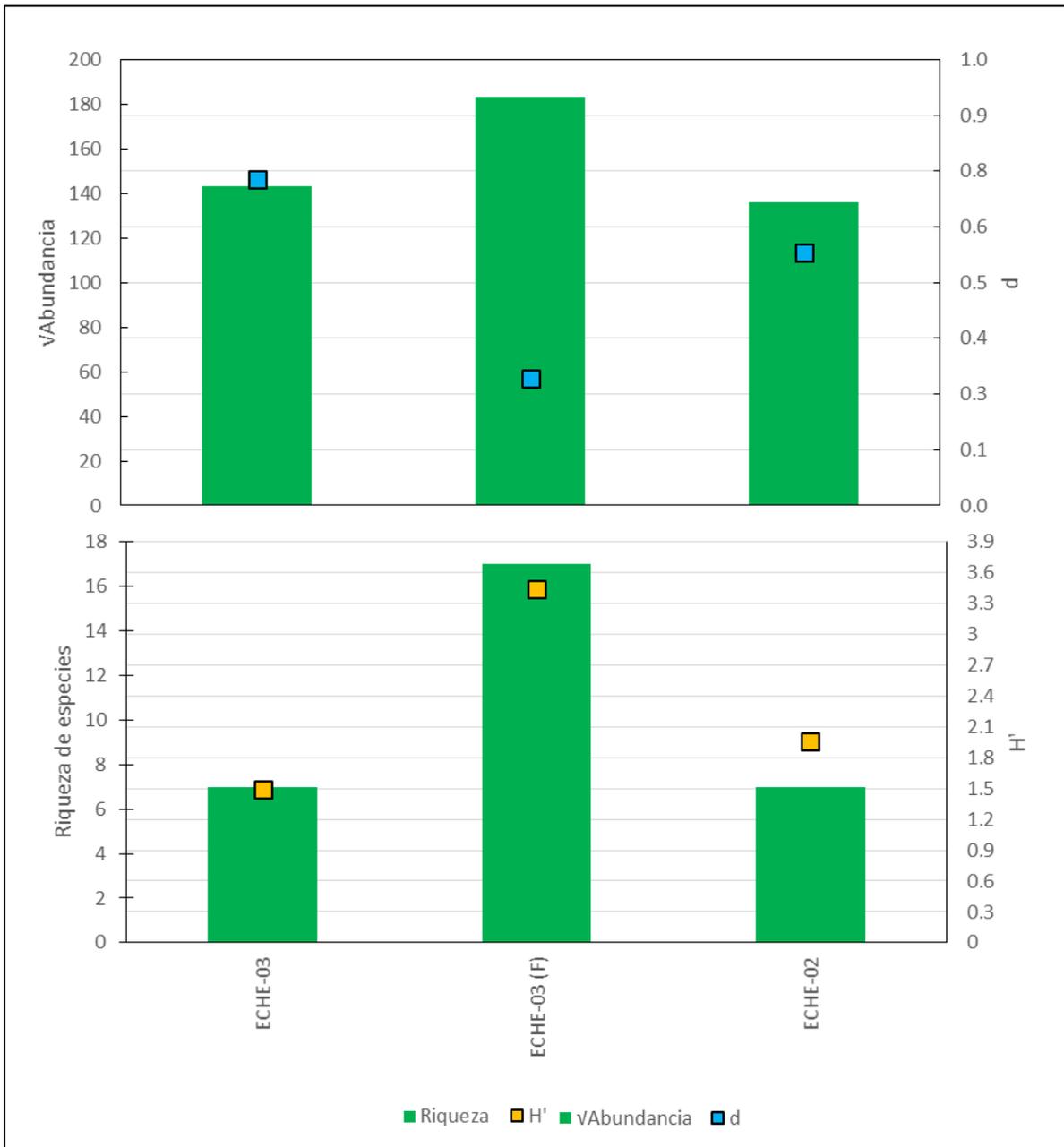


Figura 6.83. Índices de diversidad del fitoplancton en el Reservorio Checras

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



7. DISCUSIÓN

7.1. Calidad de agua superficial, agua turbinada, sedimento y comunidades hidrobiológicas en los ríos Huaura y Checras en el ámbito de la C.H. Cheves

Agua superficial

La calidad de agua superficial en los puntos RCHE-01, RHUA-01, RHUA-02, RHUA-05, RHUA-06, RHUA-07, RHUA-09, RHUA-10 y RHUA-11 de los ríos Huaura y Checras presentó potencial de hidrógeno (pH) fuera del rango establecido en los ECA para Agua-2017 de la Cat.3, en abril de 2022; así como en los puntos RCHE-01, RCHE-02 y RHUA-05, en setiembre de 2022 (Figura 7.1). Los valores que excedieron se encontraron en el rango de 8,41 unidad de pH a 8,65 unidad de pH, rango alcalino, al igual que en los demás puntos evaluados. El pH en los cuerpos de agua según Stumm y Morgan (1996) es controlado principalmente por el sistema carbonato-bicarbonato. Además, el agua tiene cierta capacidad de amortiguar los cambios de pH. En los ríos esta capacidad se debe sobre todo a la presencia de iones bicarbonato (HCO_3^-), aportados al sistema por la disolución de rocas y suelos (Drever 1988, Stumm y Morgan 1996). Según EIA 1999, la cuenca Huaura tiene rocas con alta filiación mineralógica a las calizas; por lo que las calizas estarían influencia en la alcalinidad del pH en el agua de los ríos Huaura y Checras.

Respecto a los metales totales en el agua del río Huaura las concentraciones de boro en los puntos RHUA-03 y RHUA-05, y manganeso en el punto RHUA-03 (abril de 2022); y las concentraciones de plomo en el punto RHUA-04 (setiembre de 2022) excedieron los valores establecidos en los ECA para Agua-2017 de la Cat.3 (Figura 7.1). Los puntos mencionados se encontraron en la zona de caudal reducido del río Huaura y los posibles factores que influirían en sus concentraciones pueden ser las actividades mineras desarrolladas en la parte alta al ser una zona mineralizada polimetálica, según indica el EIA⁹.

En relación con las aguas turbinadas, los valores de pH, conductividad, oxígeno disuelto, aceites y grasas, carbonatos, cloruro, fluoruro, sulfato, bifenilos policlorados y concentraciones de metales totales (As, Ba, Be, B, Cd, Cu, Co, Cr, Fe, Li, Mg, Mn, Hg, Ni, Pb, Se, Zn), no excedieron los valores de los ECA para Agua-2017 de la Cat.3. Los valores de pH obtenidos en abril y setiembre de 2022 resultaron ser alcalinos en los puntos evaluados de los ríos Huaura y Checras. Además, mostraron bajas concentraciones de sólidos totales suspendidos y turbidez. Esto se debe a que las aguas turbinadas provienen del proceso de embalse, en el cual se retiene los aportes de materiales en suspensión y los arrastres de sólidos transportados por los ríos según Flórez *et al.* 2018.

⁹ Resolución Directoral N.º 096-2001-EM/DGAAE. Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Hidroeléctrico de la Central Hidroeléctrica de Cheves.



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

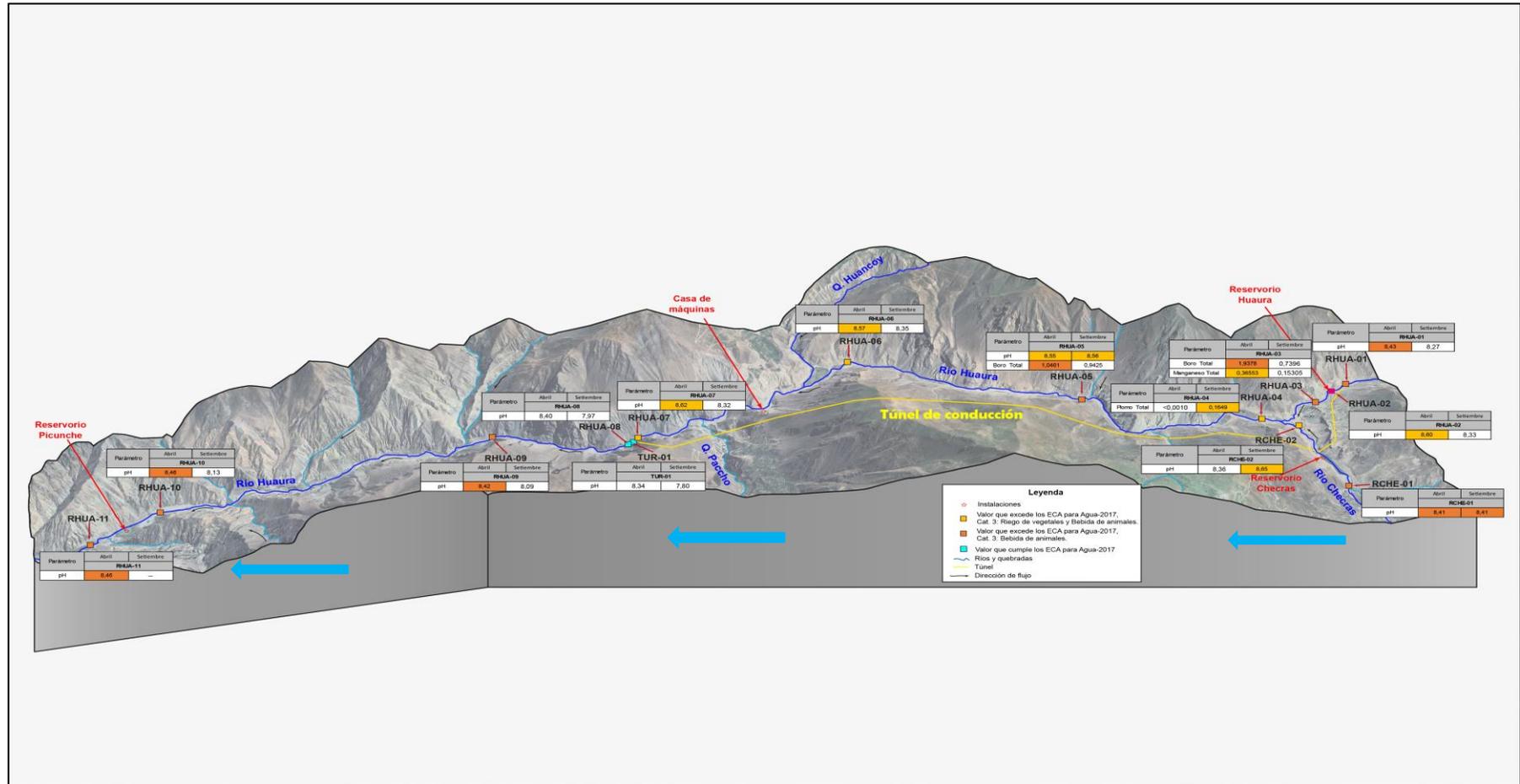


Figura 7.1. Valores de pH y concentraciones de boro, manganeso y plomo que excedieron los ECA para Agua-2017 de la Cat.3, en los ríos Huaura y Checras en abril y setiembre de 2022



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

Se evidenció concentraciones de metales como arsénico, cadmio, cobre, hierro, manganeso, plomo y zinc, similares con lo obtenido por el OEFA (2022) y lo reportado por el administrado en la línea base ambiental (1998) para el agua superficial de los puntos de muestreo RCHE-02, RHUA-03 y RHUA-04 de los ríos Checras y Huaura. Estas concentraciones no excedieron los valores establecidos en los ECA para agua 2017, categoría 3; a excepción de las concentraciones de manganeso en los puntos RCHE-02 y RHUA-03 que excedieron la norma de comparación para el muestreo realizado en abril de 2022, que estaría asociado a la temporada de evaluación (avenida); así como una mayor concentración de plomo registrada en el punto RHUA-04 en setiembre de 2022 que superó los ECA para agua 2017 categoría 3, en comparación tanto a lo obtenido en la temporada de avenida y a la concentración de la línea base ambiental (figuras 7.2, 7.3 y 7.4).

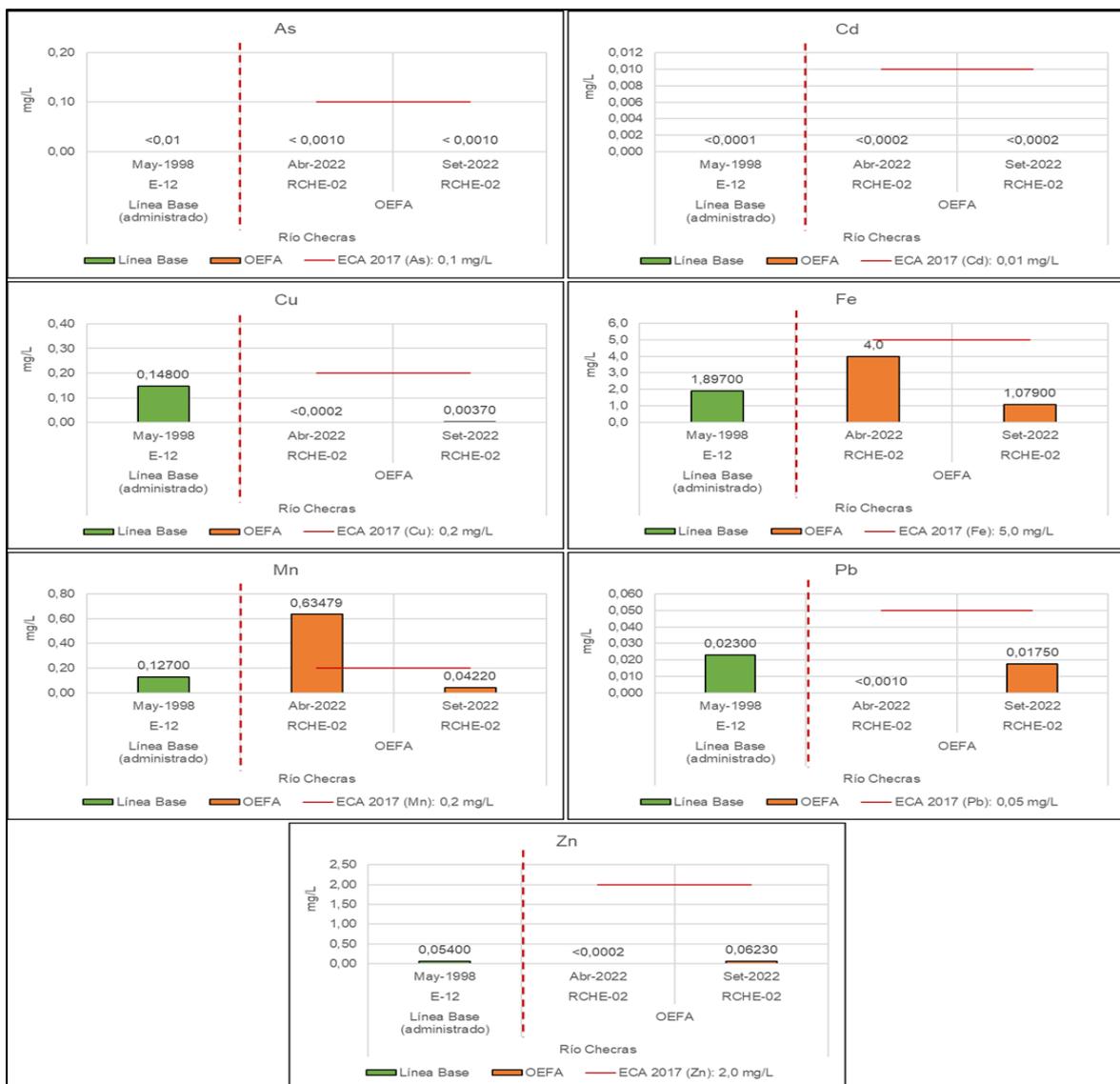


Figura 7.2. Comparación de las concentraciones de arsénico, cadmio, cobre, hierro, manganeso, plomo y zinc obtenidos por el OEFA (2022) y lo reportado por el administrado en la línea base (mayo de 1998) en el río Checras para el punto RCHE-02



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

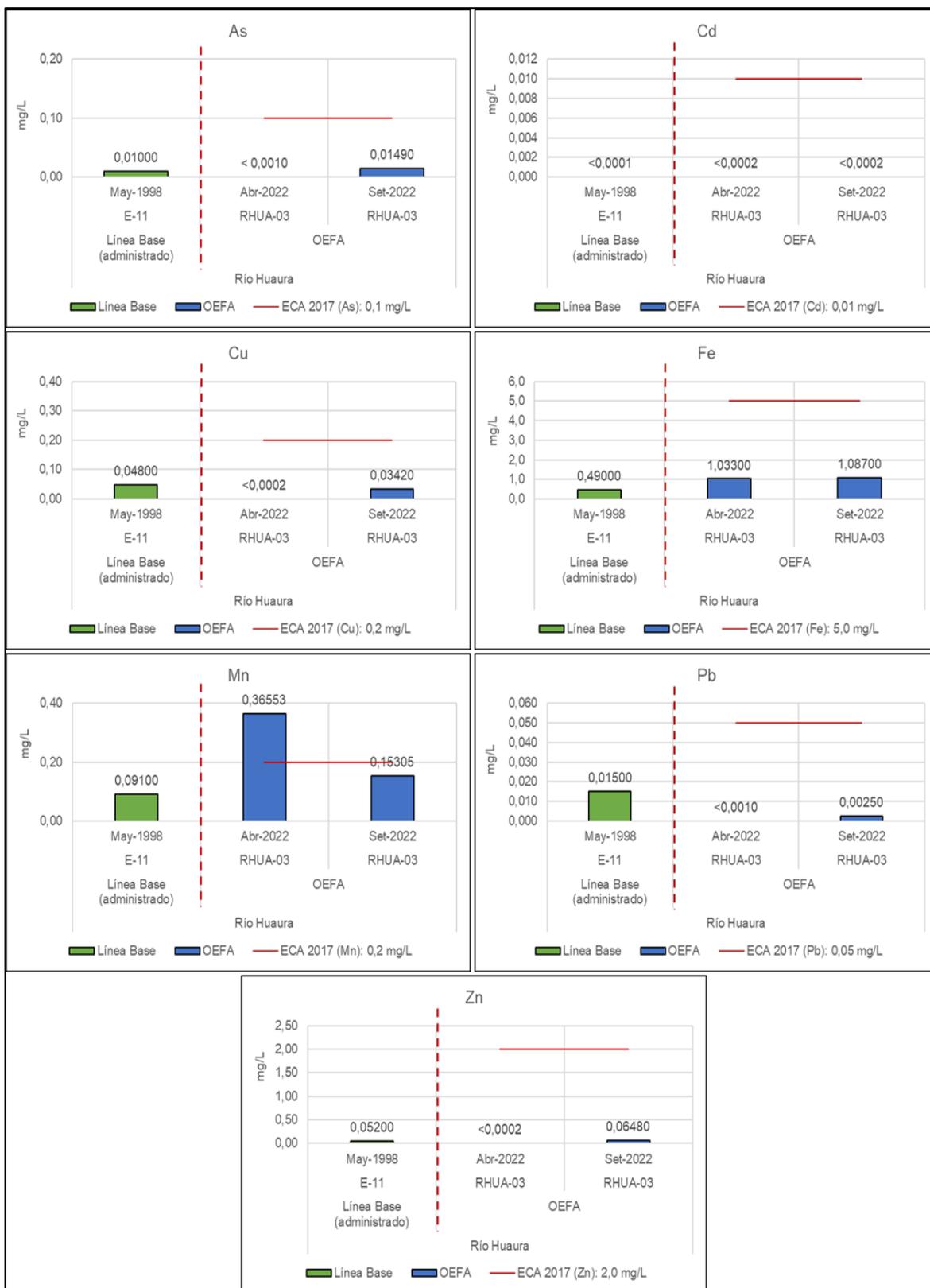


Figura 7.3. Comparación de las concentraciones de arsénico, cadmio, cobre, hierro, manganeso, plomo y zinc obtenidos por el OEFA (2022) y lo reportado por el administrado en la línea base (mayo de 1998) en el río Huaura para el punto RHUA-03



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

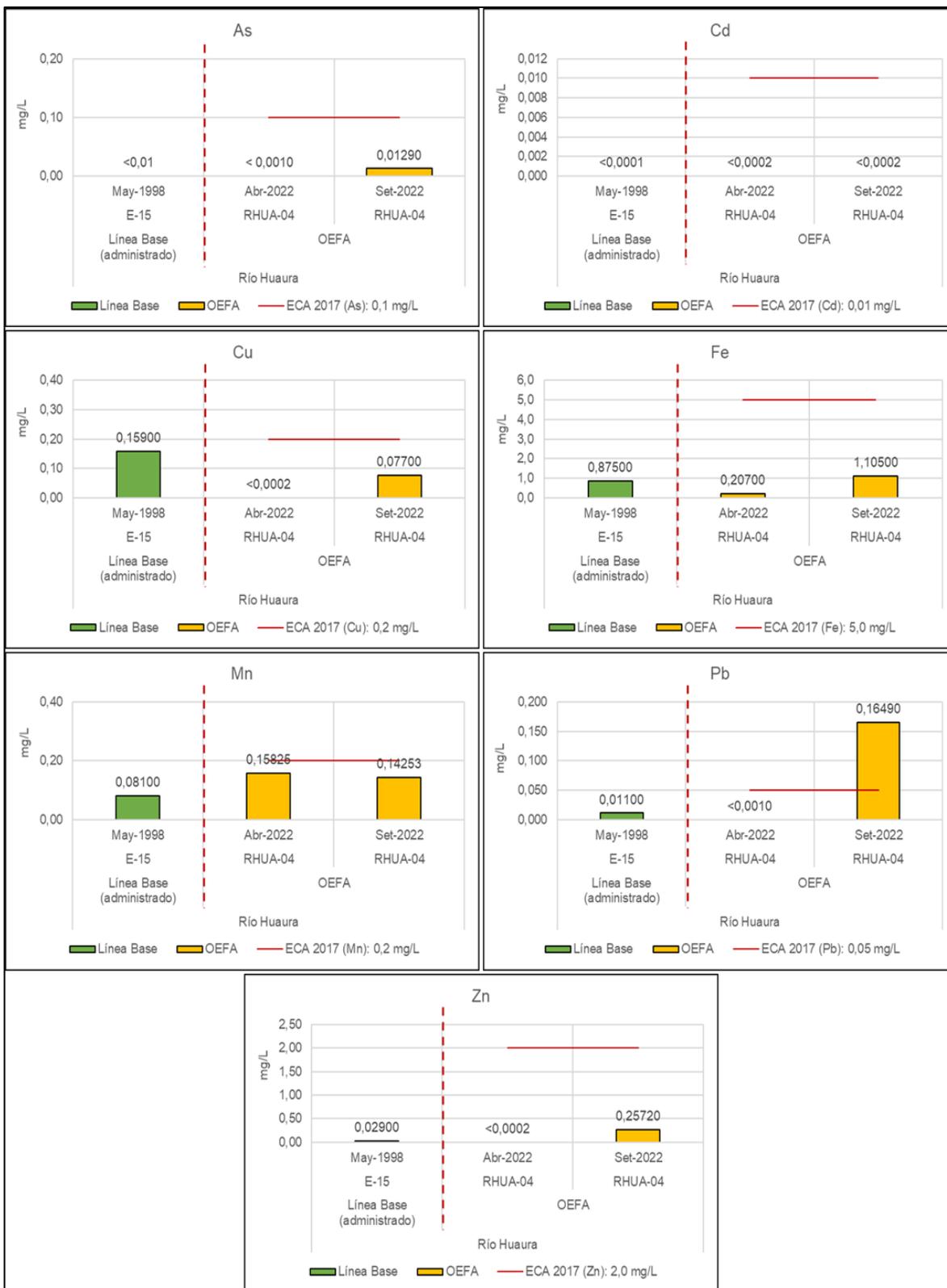


Figura 7.4. Comparación de las concentraciones de arsénico, cadmio, cobre, hierro, manganeso, plomo y zinc obtenidos por el OEFA (2022) y lo reportado por el administrado en la línea base (mayo de 1998) en el río Huaura para el punto RHUA-04



Sedimento

Las concentraciones de arsénico, cadmio, cobre, mercurio, plomo y zinc en los sedimentos de los ríos Checras y Huaura, obtenidos en los monitoreos, presentaron mayores concentraciones en setiembre respecto a abril de 2022. En aguas lóaticas los sedimentos constituyen uno de los principales reservorios de metales pesados según Herrera J. *et al.* (2013); y según el EIA¹⁰ la presencia de actividades económicas (minería, turismo, ganadería, etc), la composición geomorfológica, los procesos morfodinámicos y otros factores presentes a lo largo de cuenca, explican el transporte y arrastre cantidades significativas de sedimentos en suspensión en el río Huaura.

El estudio geoambiental en la cuenca del río Huaura de Villacorta *et al.*, 2010, afirmó que «... se han podido diferenciar tres etapas dentro del ciclo anual: avenidas, estiaje y transición entre avenidas y estiaje; identificados entre los meses de enero-mayo, junio-octubre y octubre-enero, respectivamente». Según el muestreo realizado en abril de 2022 (época de avenidas), la concentración de arsénico, cadmio, cobre, mercurio, plomo y zinc fueron inferiores respecto a la concentración obtenida en setiembre de 2022 (época de estiaje). Esto puede deberse a que en época de avenida existe un incremento de caudal ocasionando el arrastre en el lecho del río que impide la acumulación de sedimentos en suspensión, a diferencia de la época de estiaje donde el caudal disminuye generando la acumulación de los sedimentos (Figura 7.5).

¹⁰ Resolución Directoral N.º 096-2001-EM/DGAAE. Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Hidroeléctrico de la Central Hidroeléctrica de Cheves

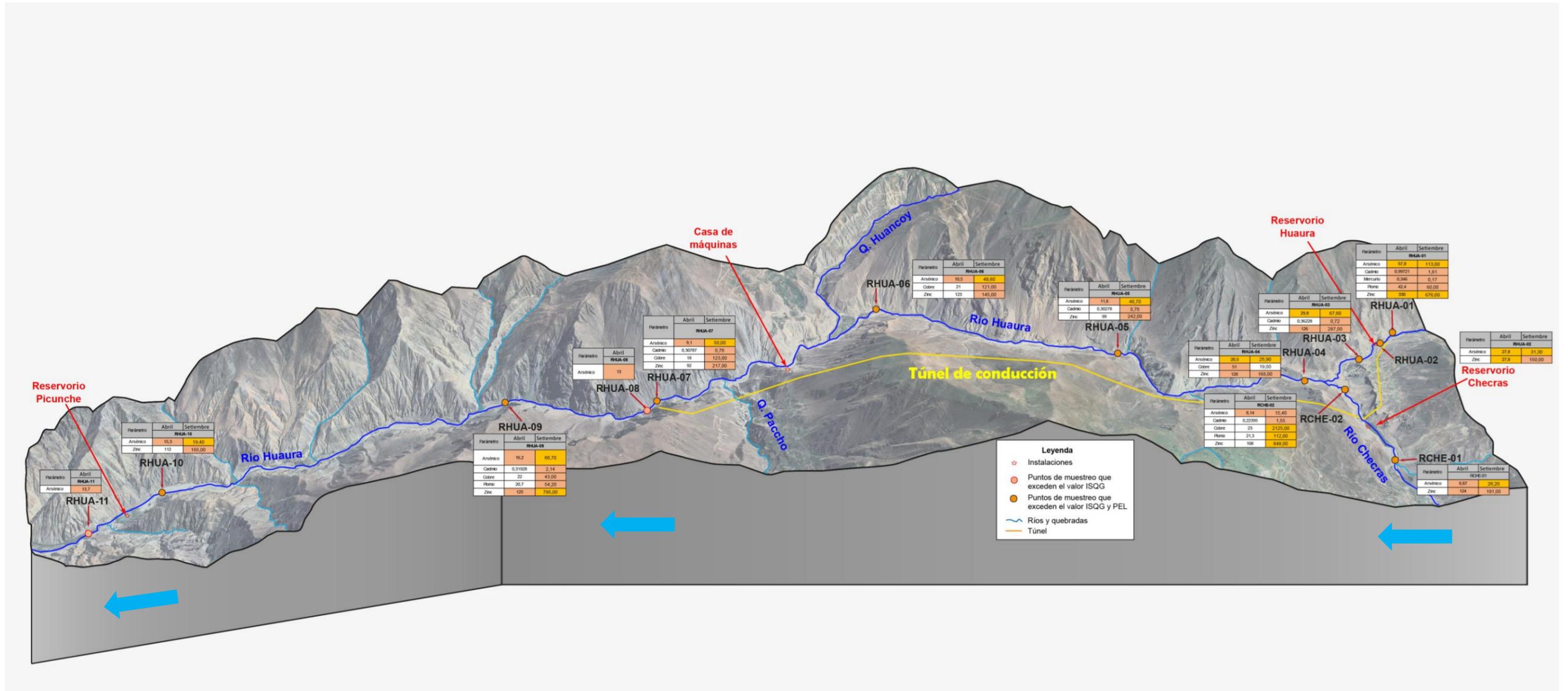


Figura 7.5. Concentraciones que excedieron los valores de guía canadiense en los ríos Huaura y Checras en abril y setiembre de 2022



Cabe precisar que, no existe información sobre sedimentos en la línea de base del EIA, y tampoco se considera en el Plan de Monitoreo Ambiental de la C.H. Cheves. En tal sentido, para el análisis se consideró los datos de la evaluación realizada en los ríos Checras y Huaura en abril de 2017¹¹, donde se evidenció que los sedimentos contenían concentraciones de arsénico (As) que superaban los valores ISQG y PEL de la CEQG (Guía Canadiense) en comparación a los demás elementos, en relación con los resultados de arsénico en esta EAC, especialmente en abril 2022.

Tabla 7.1. Concentración de materia orgánica, metales, metaloides en sedimentos del área de influencia de la Central Hidroeléctrica Cheves, durante el monitoreo de OEFA en abril de 2017

Época de muestreo	Punto de muestreo	Nombre	Parámetros						
			Arsénico	Cadmio	Cobre	Cromo	Mercurio	Plomo	Zinc
			mg/kg PS						
Abril-2017	SRC-01	Río Checras	37	0,2512	26,8	10	0,081	17,9	108
	SRC-02		10	0,3989	25,9	12	0,081	15	103
	SRH-01	Río Huaura	17	0,299	19,2	12	0,03	13,4	93,6
	SRH-02		45	0,5382	31,9	10	0,051	19,5	103
	SRH-04		28	0,4477	23,1	11	0,017	16,5	121
	SRH-06		18	0,2379	17,7	10	0,024	10,5	82,8
	SRH-09		26	0,2155	22,2	12	0,042	15,7	76,4
	SRH-10		30	0,3124	26,8	11	0,028	18,1	107
	SRH-11		60	0,7542	30,7	12	0,036	27,9	162
Guía canadiense – CEQG-SQG ^(a)	ISQG ^(b)	5,9	0,6	35,7	37,3	0,17	35	123	
	PEL ^(c)	17	3,5	197	90	0,486	91,3	315	

(a) *Interim sediment quality guidelines* (ISQG): concentración debajo de la cual no se presentan efectos biológicos adversos.

(b) *Probable Effect Level* (PEL): concentración sobre la cual se encontrarían usualmente efectos biológicos adversos.

«---»: No cuenta con valor para ISQG o PEL.

<: Menor al límite de detección del laboratorio que realizó los análisis. laboratorio AGQ PERÚ S.A.C.

 : Concentraciones que exceden los valores de ISQG

 : Concentraciones que exceden los valores de ISQG y PEL

Fuente: Informe N.º 0076-2017-OEFA-DE-SDLB-CEAME.

Comunidades hidrobiológicas

El análisis de correspondencia canónica (ACC) permitió relacionar las especies de microalgas del perifiton con las variables ambientales (Figura 7.6). Los 2 primeros ejes explicaron el 66,43 % de la variabilidad total, observándose que los puntos RHUA-04 y RHUA-07, durante setiembre de 2022, estuvieron asociados a las concentraciones de cadmio y plomo en sedimentos; además de la conductividad eléctrica, la temperatura y los sólidos disueltos con las especies *Achnanthydium minutissimum*, *Diatoma tenuis* y *Diatoma vulgare*. Asimismo, el punto RCHE-01 se asoció al caudal, pH y oxígeno disuelto con la especie *Surirella minuta*. Del gráfico también se observó asociaciones entre las especies *Encyonema minutum* y *Encyonema silesiacum* con la concentración de mercurio en sedimento. Las variaciones fisicoquímicas en el medio acuático pueden alterar la ecología de muchas especies perifíticas, aunque si bien existen muchas especies tolerantes a las condiciones adversas del medio acuático como *Achnanthydium minutissimum* (Ponader y

¹¹ Informe N.º 076-2017-OEFA/DE-SDBL-CEAME. Informe de evaluación ambiental en el área de influencia de la Central Hidroeléctrica Cheves, durante el año 2017. Pág. 66



Potapova, 2007), también se encuentran grupos sensibles a las perturbaciones del ecosistema como las especies del orden Desmidiáles (Coesel, 1977).

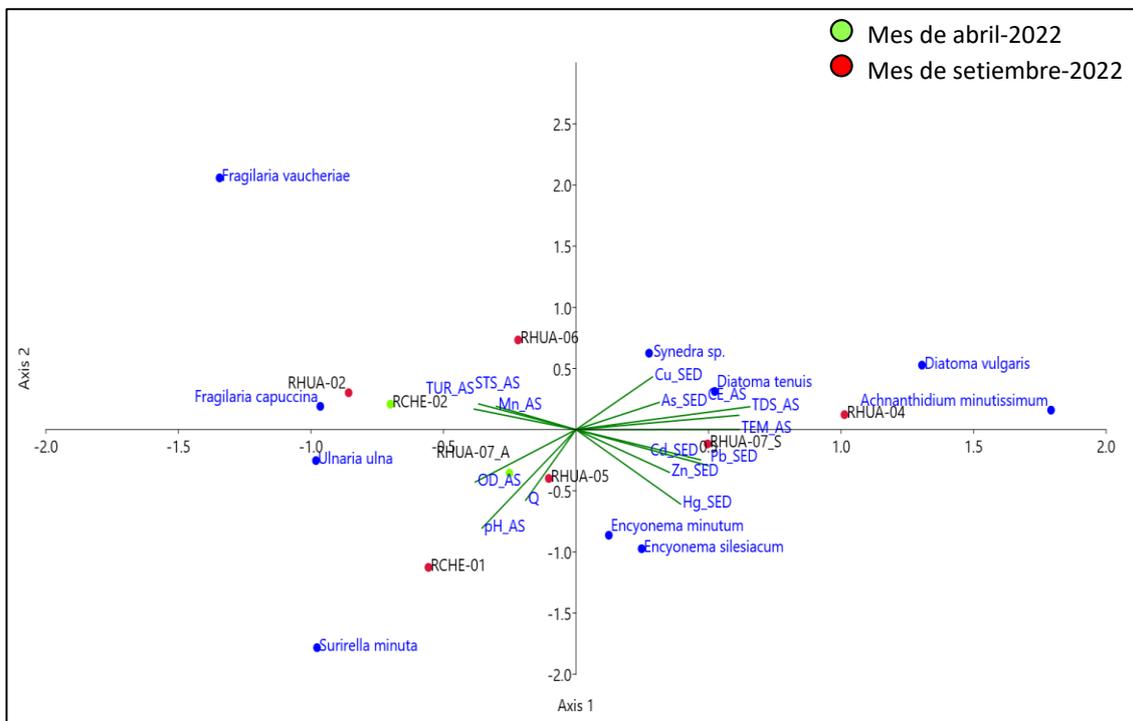


Figura 7.6. Análisis de correspondencia canónica (ACC) entre las variables ambientales y la comunidad de microalgas del perifiton de los ríos Checras y Huaura

La variación de especies de Desmidiáles en los ríos Checras y Huaura evidenciaron una mayor riqueza y abundancia en el punto RCHE-01 a diferencia de los demás puntos evaluados (Figura 7.7). Al respecto, la ecología de Desmidiáles señala que este grupo se encuentra particularmente en ambientes estables ricos en nichos ecológicos, su susceptibilidad a las perturbaciones ambientales hace que las Desmidiáles sean organismos muy adecuados para indicar oportunamente incluso cambios aparentemente insignificantes en su hábitat acuático (Coesel, 1977).

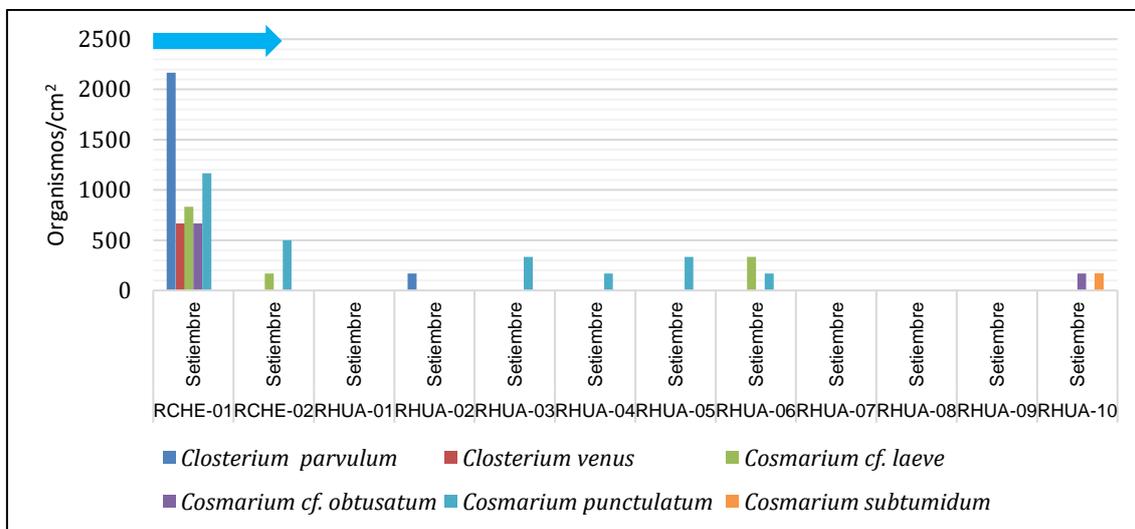


Figura 7.7. Composición del orden Desmidiáles en los ríos Checras y Huaura

Dentro de la comunidad perifítica predominó la especie *Encyonema silesiacum* del phylum Bacillariophyta. Esta especie se encontró agregada a tubos de mucílago en las muestras analizadas. Al respecto, las diatomeas son organismos microscópicos unicelulares que son predominantemente de vida libre, pero, a veces, son filamentosos y se reúnen en colonias, rodeados por una capa de mucílago (Joly 1979). La variación de esta especie en los puntos evaluados de los ríos Checras y Huaura, presentó una mayor densidad en los puntos RCHE-01, RCHE-02, RHUA-04, RHUA-05 y RHUA-07; y, una menor densidad en los puntos RHUA-01, RHUA-02, RHUA-03, RHUA-08 y RHUA-09 (Figura 7.8).

Los cambios en la estructura de *Encyonema silesiacum* muestran mayor estabilidad en setiembre de 2022, sin embargo, en los puntos RHUA-01, RHUA-02 y RHUA-03 se observó que no se recupera esta población de diatomeas sino hasta RHUA-04; por lo que los cambios en el régimen hidráulico estarían condicionando la permanencia de esta especie en el río Huaura. La hidrología y el régimen de caudales son variables críticas para la distribución de organismos acuáticos dentro de las redes fluviales (Power *et al.*, 1995; Poff *et al.*, 1997). La alteración en el régimen fluvial ya ha sido identificada como una de las principales causas de cambios en las condiciones y funcionamiento físico, químico y biológico de estos ecosistemas acuáticos (Pringle *et al.*, 2000).

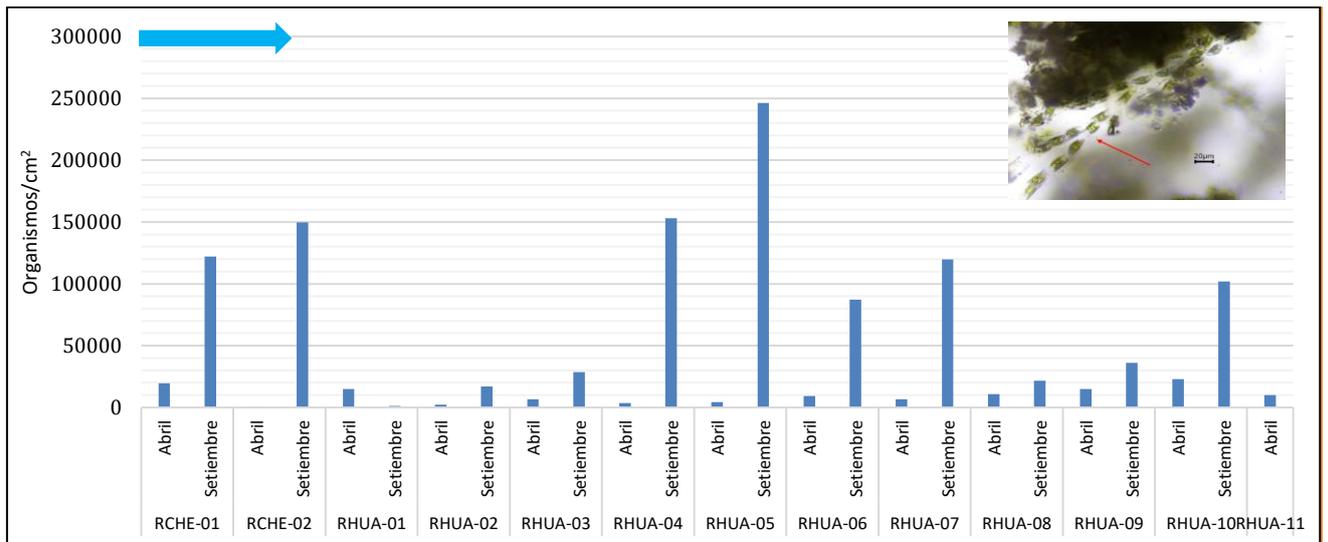


Figura 7.8. Variación de la especie *Encyonema silesiacum* en los ríos Checras y Huaura durante abril y setiembre de 2022

Nota: La flecha roja muestra el mucílago formado por esta especie.

En cuanto a la comunidad de macroinvertebrados bentónicos, el análisis de correspondencia canónica (ACC) permitió relacionar las especies de macroinvertebrados bentónicos con las variables ambientales (Figura 7.9). Los 2 primeros ejes explicaron el 67,11 % de la variabilidad total, observándose que en el punto RHUA-07, durante setiembre de 2022, se encontraron asociados las concentraciones de cobre, cadmio y arsénico en el sedimento y los taxones Elmidae, Leptohyphidae e Hydrophilidae; asimismo, los puntos RCHE-01, RCHE-02, RHUA-05 y RHUA-06 mostraron asociaciones entre el oxígeno disuelto, turbidez y manganeso en agua superficial y los taxones Annelida y Empididae; mientras que en el punto RHUA-07, durante abril de 2022, estuvo asociado al caudal y pH del agua.



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

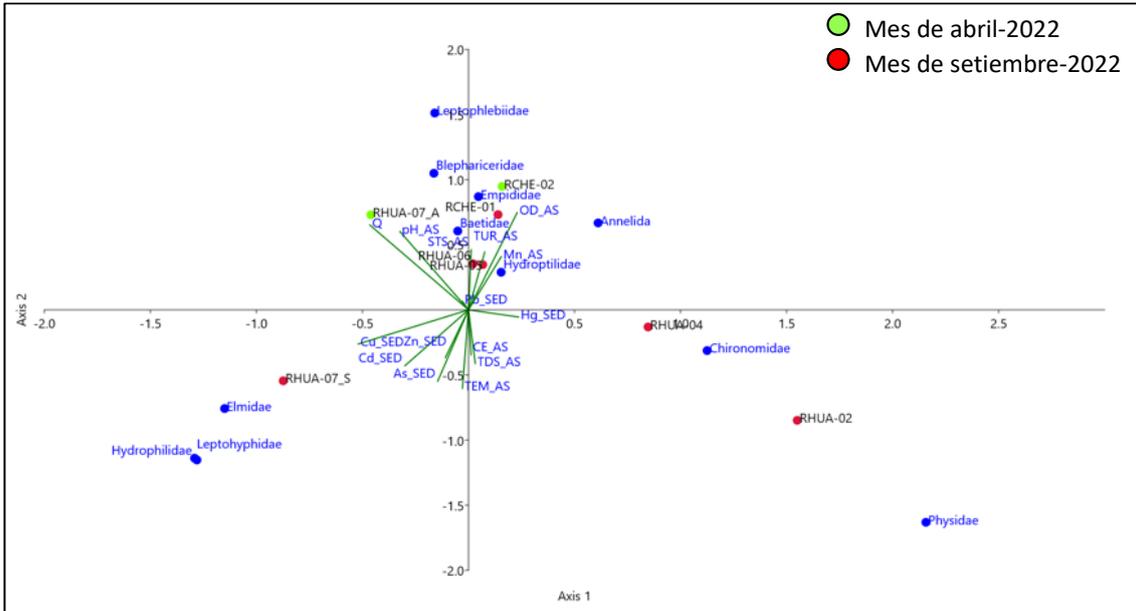


Figura 7.9. Análisis de correspondencia canónica (ACC) entre las variables ambientales y la comunidad de macroinvertebrados bentónicos de los ríos Checras y Huaura, durante abril y setiembre de 2022

El ACC además de los resultados obtenidos de la estructura comunitaria y del Escalamiento multidimensional no métrico para la comunidad de macroinvertebrados bentónicos mostró diferencias entre los meses evaluados. Al respecto, las especies *Austrelmis* sp., *Heterelmis* sp., *Macrelmis* sp. y *Microcylloepus* sp. mostraron un incremento de sus abundancias a partir de RHUA-05, donde la especie *Microcylloepus* sp. se encontró en mayor abundancia en los puntos RHUA-09, RHUA-10 y RHUA-11 durante abril de 2022; mientras que en setiembre de 2022 fue más abundante en RCHE-01, RHUA-01, RHUA-05, RHUA-06, RHUA-07 y RHUA-10 (Figura 7.10). Si bien los individuos de la familia Elmidae pueden estar presentes en una gama de hábitats acuáticos, también es conocido que pueden ser sensibles a la contaminación debido a su preferencia por el agua limpia y bien oxigenada (Passos *et al.*, 2003). Los géneros *Heterelmis*, *Macrelmis* y *Microcylloepus* presentan una amplia distribución y podrían tolerar una calidad de agua de regular a buena (Roldán-Pérez, 2016) sin embargo no se observó individuos en RHUA-02, RHUA-03 y RHUA-04 con abundancias similares o menores a las reportadas aguas abajo.



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

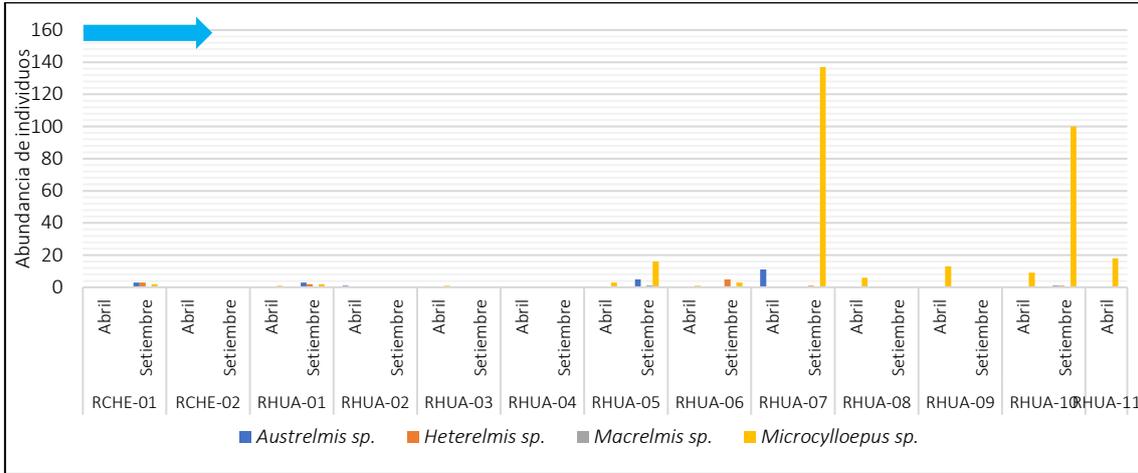


Figura 7.10. Variación de la especie Austrelmis sp., Heterelmis sp., Macrelmis sp. y Microcylloepus sp. en los ríos Checras y Huaura durante abril y setiembre de 2022

Otras especies del orden Ephemeroptera como Andesiops sp., Baetodes sp., Haplohyphes sp. y Leptoxyphes sp. también mostraron cambios en su estructura comunitaria, siendo más abundantes en setiembre de 2022 en los puntos RHUA-05, RHUA-06, RHUA-07 y RHUA-10 y con abundancias de 0 individuos en RHUA-03 y RHUA-04 (Figura 7.11). Asimismo, se observó que en los puntos del río Huaura RHUA-05, RHUA-06, RHUA-07, RHUA-08, RHUA-09 y RHUA-10 presentaron una recuperación de taxones sensibles a las perturbaciones ambientales como Baetidae, Leptoxyphidae, Leptophlebiidae, Hydrophilidae y Elmidae. El orden Ephemeroptera es considerado por muchos autores como sensibles a las perturbaciones ambientales; sin embargo, las familias Baetidae y Leptoxyphidae presentaron tolerancias amplias a la temperatura y cierto grado de polución, pero ninguno podría tolerar niveles altos de contaminación o perturbación de su hábitat (Domínguez y Fernández, 2009). En relación con la tolerancia y sensibilidad de los organismos, esta varía de acuerdo con las condiciones del medio donde se encuentran (Acosta et al., 2009; Domínguez y Fernández, 2009) registrándose en los puntos RHUA-01, RHUA-02, RHUA-03 y RHUA-04 mayor abundancia relativa de los taxones Annelida, Physidae y Chironomidae. Los taxones como Chironomidae y Annelida son tolerantes a las condiciones adversas del medio acuático donde se encuentran, siendo resistentes a las perturbaciones ambientales (Domínguez y Fernández, 2009).

Los resultados evidencian una alteración en la estructura comunitaria de los macroinvertebrados bentónicos probablemente debido a los cambios en su hábitat. Además, es preciso señalar que la presencia de diversos microhábitats en un ambiente lótico favorece la retención del alimento traído por la corriente generando estabilidad y refugio para los macroinvertebrados bentónicos (Velásquez y Mise-rendino, 2003). Los cambios en el régimen hidráulico del río Huaura estarían cambiando la disponibilidad de microhábitats siendo arrastrados constantemente por la corriente en los puntos RHUA-02, RHUA-03 y RHUA-04.

Respecto a lo encontrado, las comunidades hidrobiológicas responden al régimen hidráulico del medio acuático donde la velocidad de la corriente y el flujo de este provocan el desalojo de estas comunidades desde las partes altas hacia la parte baja del cauce (Fossati, et al., 2001; Allan, 2004; Vásquez, et al., 2014). Autores como Quevedo et al. (2018) han señalado que las comunidades biológicas muestran un gradiente de perturbación que va en relación con la distancia del impacto, provocando cambios en su estructura comunitaria.



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

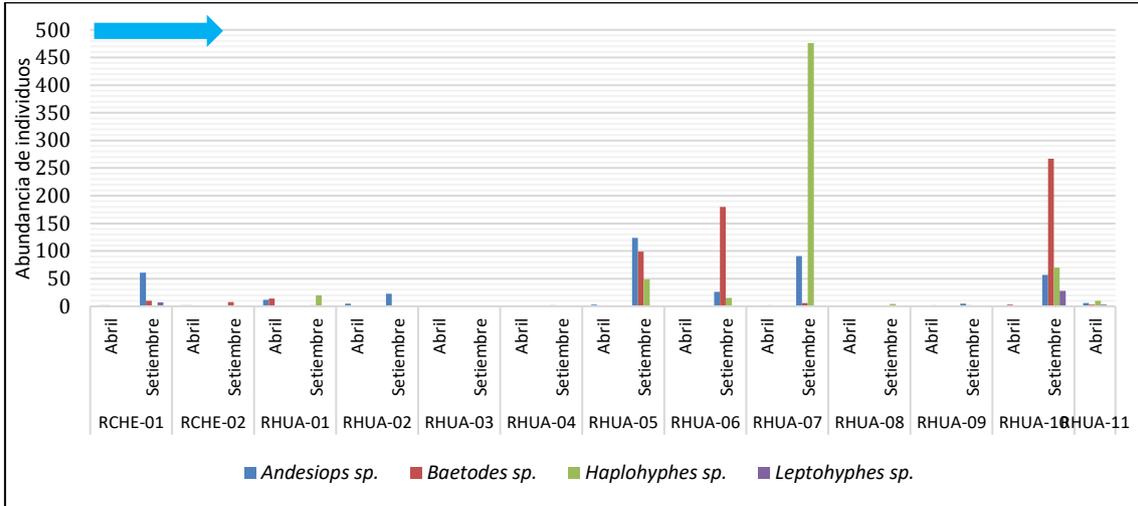


Figura 7.11. Variación de las especies Andesiops sp., Baetodes sp. Haplohyphes sp. y Leptohyphes sp. en los ríos Checras y Huaura, en abril y setiembre de 2022

Finalmente, tanto la comunidad del perifiton y de los macroinvertebrados bentónicos están estrechamente relacionados, puesto que los primeros constituyen la base alimenticia de muchas especies de insectos (Roldán y Ramírez, 2008) y un cambio en la estructura comunitaria del primer grupo trae como consecuencia un cambio en el segundo grupo y consecuentemente a grupos mayores como los peces debido a las relaciones de trofia y factores ambientales del ecosistema acuático.

Comunidad ictiológica

El EIA 1999 y MEIA 2006, menciona como único registro a la especie introducida Oncorhynchus mykiss «Trucha Arco Iris» en el río Huaura y Checras. Sin embargo, luego del muestreo de peces en campo, además de la especie mencionada se encontraron las especies Basilichthys semotilus «Pejerrey de río» y Trichomycterus aff. Vittatus «Bagre».

Se realizó la comparación del registro de comunidades ictiológicas realizado por el administrado en el «Programa de Monitoreo Biológico de la C.H. Cheves» del Informe Ambiental Anual del 202012, con lo obtenido esta evaluación para las estaciones de monitoreo evaluadas en el río Huaura, para el tramo de caudal reducido (luego de la confluencia de los ríos Huaura y Checras), luego de la descarga de aguas turbinadas y hasta aguas abajo del reservorio Picunche como se muestra en la Figura 7.12.

12 Informe Ambiental Anual 2020 de STATKRAFT PERÚ S.A. Remitido al OEFA por el administrado mediante carta N.º SKP/JGA-025-2021, en cumplimiento de lo establecido en el artículo 119º del Reglamento para la Protección Ambiental en las Actividades Eléctricas (D.S. N° 014-2019-EM).



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

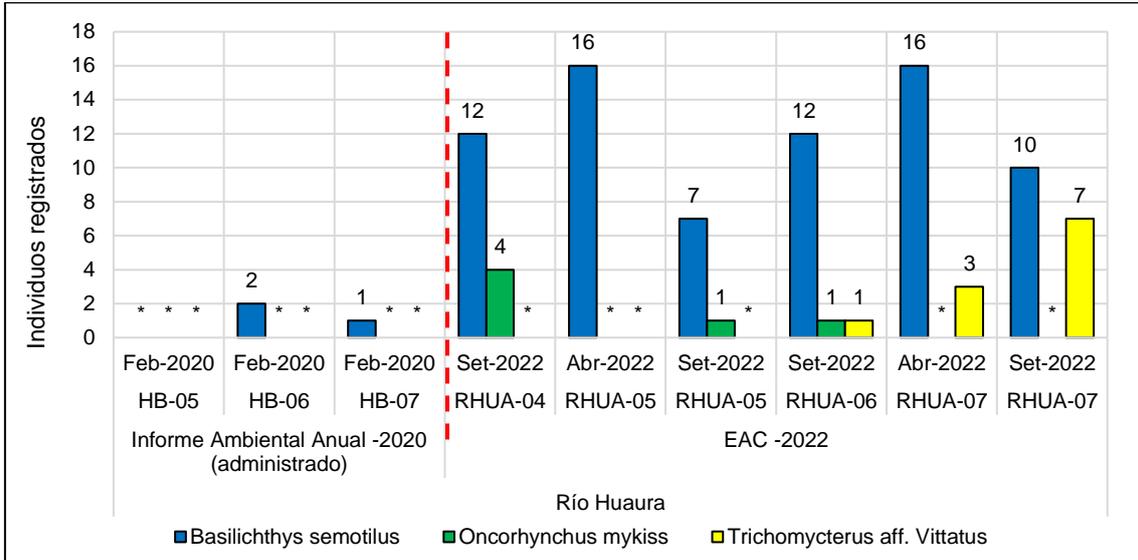


Figura 7.12. Comparación del registro de comunidades ictiológicas obtenido por el administrado (2020) y el OEFA (2022) en el río Huaura
*: Sin registro.

Se observa una diferencia marcada entre el registro de individuos de Basilichthys semotilus «pejerrey de río» obtenido por el administrado que fueron de 2 y 1 individuos para las estaciones HB-06 y HB-07 y ningún registro en la estación HB-05 (temporada húmeda), con los mayores registros desde 7 a 16 individuos obtenidos por el OEFA para estaciones correspondientes (RHUA-04, RHUA-05, RHUA-06 y RHUA-07) en el río Huaura (temporadas húmeda y seca). También se observa una diferencia en la cantidad de especies de peces registradas en el río Huaura, donde el administrado no registró otra especie diferente a Basilichthys semotilus (pejerrey de río), mientras que en esta EAC se registraron, además, Oncorhynchus mykiss «trucha» y Trichomycterus aff. Vittatus «bagre».

También se realizó la comparación del registro de peces obtenido por el administrado en el «Programa de Monitoreo Biológico de la C.H. Cheves» del Informe Ambiental Anual del 201813, con esta evaluación, para estaciones de monitoreo en el río Huaura, aguas arriba y abajo del reservorio Huaura; en el río Checras, aguas abajo del reservorio del mismo nombre; y en el tramo de caudal reducido del río Huaura, como se aprecia en la Figura 7.13.

13 Informe Ambiental Anual 2020 de STATKRAFT PERÚ S.A. Remitido al OEFA por el administrado mediante carta N.º SKP/GG-JGA-022-2019, en cumplimiento de lo establecido en el artículo 8º del Reglamento de Protección Ambiental en las Actividades Eléctricas, aprobado mediante D.S. N.º 029-94-EM.

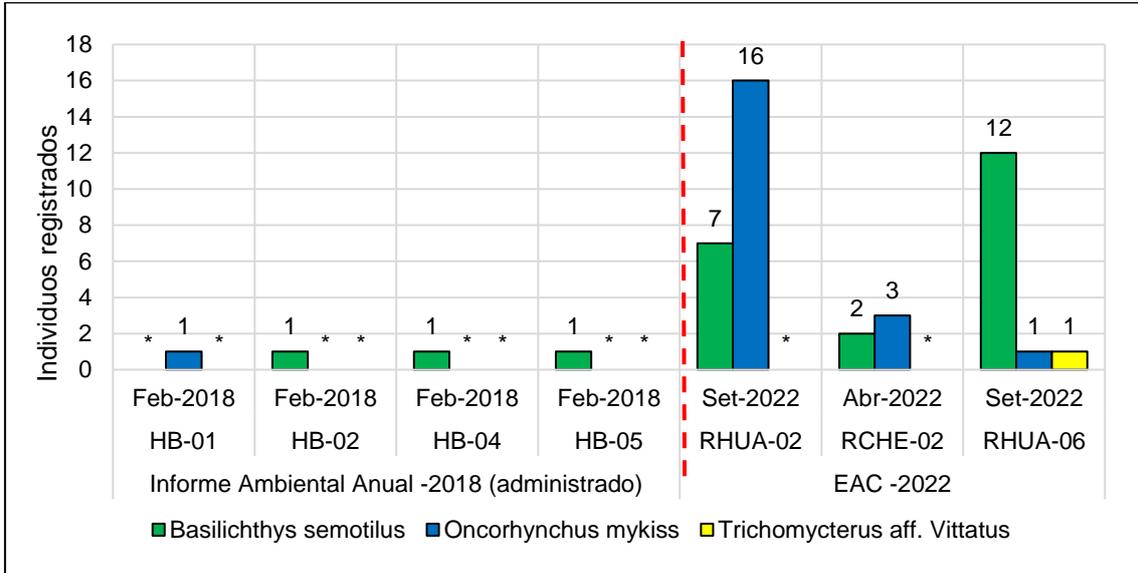


Figura 7.13. Comparación del registro de comunidades ictiológicas obtenido por el administrado (2018) y el OEFA (2022) en los ríos Huaura y Checras

*: Sin registro.

Se evidenció una diferencia notoria entre el registro de *Basilichthys semotilus* «pejerrey de río» y *Oncorhynchus mykiss* «trucha» obtenido por el administrado que fue sólo de 1 individuo de la primera especie para las estaciones HB-02, HB-04 y HB-05; y 1 individuo de la segunda especie en la estación HB-01 para los ríos Huaura y Checras (temporada húmeda), con los mayores registros desde 2 a 12 individuos de *Basilichthys semotilus* y de 1 a 16 individuos de *Oncorhynchus mykiss* obtenidos en esta evaluación para las estaciones de monitoreo correspondientes (temporadas húmeda y seca). Asimismo, el administrado no registró otra especie diferente a las mencionadas anteriormente, mientras que en esta evaluación se obtuvo, además, 1 individuo de *Trichomycterus aff. Vittatus* «bagre» en el tramo de caudal reducido del río Huaura.

De la revisión de los informes ambientales anuales desde el 2011 al 2020, sólo se cuenta con información de registro de peces en las evaluaciones del 2018 y 2020, mencionadas anteriormente, así como el registro de 1 individuo del orden «salmoniformes» en el informe ambiental del 2016.

Lo reportado por el administrado en la línea base ambiental (1999 y 2006) y los informes ambiental anuales sobre las comunidades ictiológicas, difiere de lo obtenido por el OEFA durante esta evaluación, y evidencia una evaluación inadecuada de las comunidades ictiológicas en el ámbito de la C.H. Cheves, que no permiten realizar el seguimiento del impacto que puede ocasionar las operaciones de la central hidroeléctrica sobre esta comunidad a nivel espacial y temporal.

En cuanto al registro de especies *Basilichthys semotilus*, *Trichomycterus aff. Vittatus* y *Oncorhynchus mykiss* y las capturas por unidad de esfuerzo en la zona de caudal reducido durante la EAC, se realizó el análisis de correspondencias canónicas y de correlación de Spearman (ítem 6.1.4.4, Figura 6.35), los cuales mostraron una asociación positiva de la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) de *Oncorhynchus mykiss* con la altitud, ocurriendo lo contrario para *Trichomycterus aff. Vittatus* y en menor medida con *Basilichthys semotilus*.



La especie *Oncorhynchus mykiss* se distribuye en ecosistemas continentales de cuerpos de agua lóticos y lénticos, ríos, lagunas y lagos de aguas frías a lo largo de los andes a más de 1500 m s. n. m., su distribución en los ríos se halla continuamente alterada por su gran movilidad, pues migran de una zona a otra, dependiendo de la estación del año, estadio biológico, horas del día, épocas de reproducción en otros (FONDEPES, 2004).

Las mayores capturas de individuos de *Oncorhynchus mykiss* se registraron en el punto RHUA-02, en setiembre de 2022 y el rango de tallas registrado se asemejó a una distribución normal (Figura 7.14). La captura de esta especie se dió en un hábitat de remanso formado al margen derecho del río Huaura con un caudal de 0,776 m³/s, ubicado aguas abajo del reservorio Huaura (Figura 7.15). Sin embargo, el hábitat formado podría reducirse y podría perderse en caso disminuya el caudal, tal como ocurrió el 27 y 28 de abril de 2022, donde los caudales registrados fueron de 0,204 m³/s y 0,142 m³/s. Las consecuencias en la reducción del caudal natural y la barrera artificial (represa) son considerados como obstáculos en la migración reproductiva río arriba de los individuos de tallas grandes, procedentes de tramos inferiores (Hvidsten,1985; Cowx y Gould 1989). Además, la interrupción del canal natural del río Huaura ha generado que especies migratorias como *Oncorhynchus mykiss* colonicen hábitats cercanos al reservorio Huaura al no poder pasar la barrera artificial (Figura 7.16). Según Santos *et al.* (2018) las represas ejercen un impacto negativo en las poblaciones de peces río abajo y la composición de las capturas. Lo mencionado también se vió reflejado aguas abajo del reservorio Checra en el punto RCHE-02(TCE) en setiembre de 2022, donde las capturas (CPUE) fueron bajas y se registraron peces de tallas grandes (adulto) (Figura 7.14), que coincide lo observado por Crisp *et al.*, (1983) y Cowx y Gould (1989) en estudios realizados en ríos ingleses regulados por embalse.

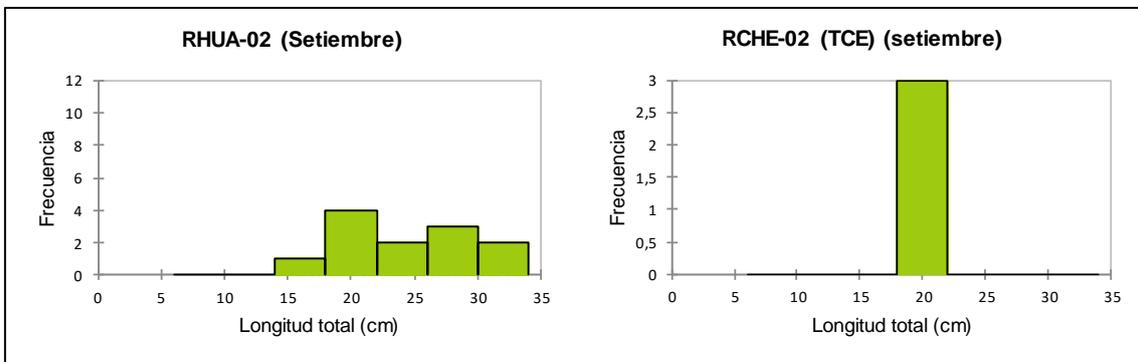


Figura 7.14. Estructura de tallas de los Individuos capturados de *Oncorhynchus mykiss* de los puntos RHUA-02 y RCHE-02(TCE), en setiembre 2022



Figura 7.15. Hábitat de remanso formado en el punto RHUA-02, en setiembre de 2022



Figura 7.16. Reservorio Huaura de la central Hidroeléctrica Cheves

La especie *Basilichthys semotilus*, se encuentra desde el río Reque en Lambayeque hasta el río Sama en Tacna, en la vertiente del Pacífico (Reis y Lima, 2009) y se localiza por debajo de los 2000 m s. n. m (Reis y Lima, 2009; Ortega *et al.*, 2012). La biología de esta especie fue recopilada por De la Hoz *et al.*, (1996) e indica la posibilidad que exista una migración río arriba con fines reproductivos en algunas poblaciones del Perú, condición que Dyer (2000) sugiere para el río Loa en Chile.

Las mayores capturas (CPUE) de *Basilichthys semotilus* se registraron en los puntos RHUA-05 y RHUA-06 en setiembre de 2022, donde los caudales fueron de 1,379 m³/s y 1,994 m³/s y los rangos de tallas registrados presentaron distribución normal (ítem 6.1.4.4 y Figura



6.36). Lo contrario se observó en los puntos cercanos a los reservorios Huaura (RHUA-02) y Checras (RCHE-02(TCE)), donde los caudales fueron 0,776 m³/s y 0,820 0,776 m³/s, las capturas fueron menores y predominaron los individuos de tallas grandes (adultos), indicativo de factores adversos (estrés) como regulación hídrica, los cuales limitan la población (Barnes *et al.*, 1984). Asimismo, estudios realizados por Crisp *et al.*, (1983) y Cowx y Gould (1989) en ríos ingleses de caudales regulados por embalse, observaron bajas capturas y ausencia de algunos estadios (alevines).

Por otro lado, el género *Trichomycterus*, ha sido registrado en ríos altoandinos sobre los 1000 m s. n. m (Ortega, 1992). La especie *Trichomycterus aff. Vittatus* registro las mayores capturas (CPUE) en el punto RHUA-07 donde los valores de los caudales fueron los mayores en el tramo de caudal reducido. Además, esta especie se registró en los puntos RHUA-06 y RHUA-07, donde las altitudes fueron los menores y concuerda lo obtenido en el análisis de correspondencia canónica y correlación.

Las variaciones observadas en las capturas (CPUE) en el tramo de caudal reducido, pueden estar relacionadas a la reducción del caudal junto con la interacción de otros factores como: la pérdida de hábitat producto de la reducción en las descargas anuales, el estrechamiento del canal y la homogenización del hábitat (Franssen *et al.*, 2014; Scott *et al.*, 2018).

Contenido estomacal

Los resultados obtenidos del análisis de contenido estomacal muestran una mayor oferta alimentaria durante setiembre de 2022. En cuanto a la dieta de la especie *Oncorhynchus mykiss*, esta es carnívora generalista oportunista (Gutiérrez y Urbina, 2012), encontrándose entre los principales componentes de su dieta a insectos como los de la familia Chironomidae, Physidae, Baetidae y Corydalidae.

Los resultados muestran que los individuos de *Oncorhynchus mykiss* solo fueron encontrados en la parte alta del río Huaura en RHUA-02 y RHUA-04; y, en los puntos RCHE-01, RCHE-02 y RCHE-02 (TCE) del río Checras mientras que la especie *Trichomycterus aff. vittatus* solo se registró en la parte baja del río Huaura. La distribución de especies nativas altoandinas como las del género *Trichomycterus* puede verse afectada ante la presencia de salmónidos como la trucha *Oncorhynchus mykiss* ya que esta es reconocida como una de las 100 especies exóticas invasoras más dañinas del mundo debido a su capacidad depredadora (Lowe *et al.*, 2000).

En cuanto a la especie *Basilichthys semotilus* mostró una mayor abundancia de macrovertebrados bentónicos en su dieta en abril de 2022. Sin embargo, para poder determinar si existe diferencias significativas en la dieta de peces durante los meses de evaluación (abril y setiembre de 2022) se utilizó los resultados de la especie *Basilichthys semotilus*, por estar presente en la mayoría de los puntos evaluados y ambos meses de estudio. Los resultados obtenidos muestran a través de la prueba de Kruskal-Wallis, que existen diferencias significativas por meses ($p=0,001$; $p<0,05$) en la dieta de *Basilichthys semotilus* (Figura 7.17).

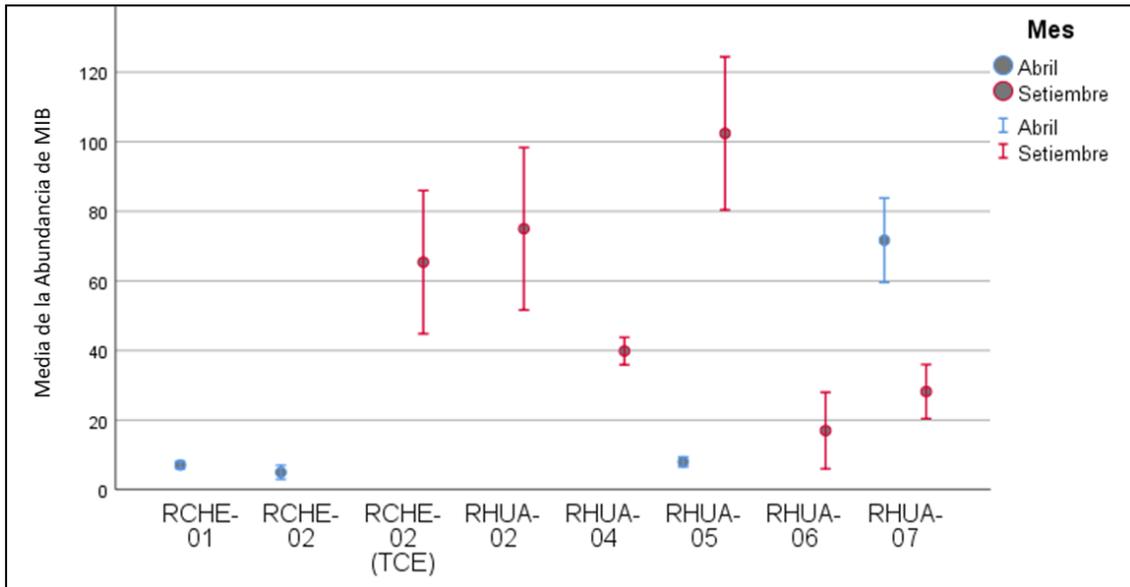


Figura 7.17. Barras de error de la abundancia de MIB de *Basilichthys semotilus* registrados en los ríos Checras y Huaura, durante abril y setiembre de 2022

Respecto a lo encontrado, el mes de menor caudal (setiembre de 2022) presentó una mayor estabilidad para la comunidad de macroinvertebrados bentónicos, presas de los peces, haciéndolos disponibles en mayor cantidad. Varios estudios han reportado la estabilidad del ecosistema en época seca que favorece el asentamiento de los macroinvertebrados bentónicos (Acosta, 2001; Ortíz, 2012; Custodio y Chamané, 2016). Asimismo, el consumo de macroinvertebrados bentónicos por los peces se debe a su disponibilidad en relación a la heterogeneidad del sustrato y el material alóctono arrastrado por la corriente (Vannote *et al.*, 1980; Merrit *et al.*, 2008).

Los principales organismos encontrados en la dieta de *Basilichthys semotilus* estuvo conformada por la familia Chironomidae en ambos meses evaluados, esto probablemente por la abundancia de esta familia de insectos en los ríos Checras y Huaura. La familia Chironomidae representa una masa considerable por su gran número, además de su cuerpo blando y poco esclerotizado (solo la cabeza) los hacen de fácil digestión y elección como parte de la dieta alimenticia de los peces (Vera *et al.*, 2013).

Los patrones de uso de las presas dependen de la disponibilidad del recurso en el ambiente, las habilidades del pez para capturar y consumir las presas y los efectos indirectos de la competencia con otras especies (Wainwrite y Barton, 1995).

7.2. Comparación del caudal ecológico establecido en los ríos Checras y Huaura con el modelo de simulación de hábitat PHABSIM para la comunidad ictiológica en el tramo de influencia de la CH Cheves

Los resultados de la simulación permitieron comparar el área útil ponderada (AUP) generado para escenarios modificados (escenarios con valores de caudal ecológico y caudales registrados en campo) con el hábitat generado para un escenario natural (escenarios con caudales naturales); siendo estos último, caudales de los meses con menor disponibilidad de agua (junio, julio, agosto, setiembre y octubre).



***Oncorhynchus mykiss* (trucha)**

Los resultados de AUP asociados a sus respectivos caudales para adultos y juveniles de trucha son mostrados en las Tablas 7.2 y 7.3 respectivamente. Las compilaciones de ambos resultados se presentan en la Figura 7.18.

Los cambios del caudal natural para los meses de menor disponibilidad hídrica (setiembre 2022) hacia el caudal ecológico de 0,47 m³/s en RCHE-02 (TCE) produjeron una pérdida del más del 65 % del hábitat para adultos de trucha. Para el caudal registrado el 26 de setiembre de 2022 de 0,8 m³/s se produjo una pérdida de 63,43 % respecto al hábitat para el caudal natural en setiembre. Los cambios del caudal natural para los meses de menor disponibilidad hídrica hacia el caudal ecológico de 1 m³/s en RHUA-04 produjeron una pérdida del más del 80 % del hábitat para los adultos de trucha; mientras que el cambio hacia los caudales registrados el 18 y 27 de setiembre de 2022 produjeron una pérdida de hábitat de 66,86 % y 67,66 % respectivamente. Los cambios del caudal natural para los meses de menor disponibilidad hídrica hacia el caudal ecológico de 1 m³/s en RHUA-05 produjeron una pérdida de 66,19 % a 72,22 % del hábitat para los adultos de trucha; mientras que el cambio hacia los caudales registrados el 22 de setiembre 2022 produjeron una pérdida de hábitat de 54,88 % (Figura 7.18).

El panorama fue diferente para los juveniles de trucha. Los cambios del caudal natural para los meses de menor disponibilidad hídrica hacia el caudal ecológico de 0,47 m³/s en RCHE-02 (TCE) produjeron un incremento del hábitat entre 25,15% a 28,30% para juveniles de trucha. Para el caudal registrado el 26 de setiembre de 2022 de 0,8 m³/s se produjo un incremento de 35,91% respecto al hábitat para el caudal natural en setiembre. Los cambios del caudal natural para los meses de menor disponibilidad hídrica hacia el caudal ecológico de 1 m³/s en RHUA-04 produjeron un incremento entre 159,69 % a 208,53 % del hábitat para los juveniles de trucha; mientras que el cambio hacia los caudales registrados el 18 y 27 de setiembre de 2022 produjeron un incremento de hábitat de 128,40 % y 136,78 % respectivamente.

**Tabla 7.2.** Área útil ponderada- AUP asociados a sus respectivos caudales para adultos de *Oncorhynchus mykiss*

Fecha	RCHE-02 (TCE)					RHUA-04					RHUA-05				
	Escenario modificado		Escenario natural		ΔAUP%	Escenario modificado		Escenario natural		ΔAUP%	Escenario modificado		Escenario natural		ΔAUP%
	Caudal (m ³ /s)	AUP (m ² /1000m)	Caudal (m ³ /s)	AUP (m ² /1000m)		Caudal (m ³ /s)	AUP (m ² /1000m)	Caudal (m ³ /s)	AUP (m ² /1000m)		Caudal (m ³ /s)	AUP (m ² /1000m)	Caudal (m ³ /s)	AUP (m ² /1000m)	
Junio	0,5*	9,87	4,2	39,61	-75,08	1,0*	22,55	9,6	137,9	-83,65	1,0*	38,36	9,6	128,99	-70,26
Julio	0,5*	9,87	3,7	32,46	-69,59	1,0*	22,55	8,4	128,17	-82,41	1,0*	38,36	8,4	116,41	-67,05
Agosto	0,5*	9,87	3,6	30,89	-68,05	1,0*	22,55	8,1	126,28	-82,14	1,0*	38,36	8,1	113,47	-66,19
Setiembre	0,5*	9,87	4,0	38,07	-74,07	1,0*	22,55	8,5	128,77	-82,49	1,0*	38,36	8,5	117,41	-67,33
Octubre	0,5*	9,87	4,8	44,77	-77,95	1,0*	22,55	10,5	147,09	-84,67	1,0*	38,36	10,5	138,10	-72,22
2022-04-27	SR	SR	SR	SR	SR	1,6**	41,65	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR
2022-04-28	SR	SR	SR	SR	SR	1,7**	42,68	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR
2022-09-18	SR	SR	SR	SR	SR	1,7**	42,68	8,5	128,77	-66,86	SR	SR	SR	SR	SR
2022-09-22	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	1,4**	52,98	8,5	117,41	-54,88
2022-09-26	0,8**	13,91	4,0	38,07	-63,46	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR
2022-09-27	SR	SR	SR	SR	SR	1,6**	41,7	8,5	128,77	-67,66	SR	SR	SR	SR	SR

*: Valor de caudal ecológico redondeado a la decima más próxima.

**: Valor del caudal registrado en campo redondeado a la decima más próxima.

SR: Sin registro.

AUP: área útil ponderada.

ΔAUP%: Pérdida o ganancia del AUP producido por el cambio del escenario natural al escenario modificado.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

Tabla 7.3. Área útil ponderada-AUP asociados a sus respectivos caudales para juveniles de *Oncorhynchus mykiss*

Fecha	RCHE-02 (TCE)					RHUA-04				
	Escenario modificado		Escenario natural		ΔAUP%	Escenario modificado		Escenario natural		ΔAUP%
	Caudal (m ³ /s)	AUP (m ² /1000m)	Caudal (m ³ /s)	AUP (m ² /1000m)		Caudal (m ³ /s)	AUP (m ² /1000m)	Caudal (m ³ /s)	AUP (m ² /1000m)	
Junio	0,5*	413,96	4,2	329,66	25,57	1,0*	438,82	9,6	155,49	182,22
Julio	0,5*	413,96	3,7	330,76	25,15	1,0*	438,82	8,4	166,68	163,27
Agosto	0,5*	413,96	3,6	336,17	23,14	1,0*	438,82	8,1	168,98	159,69
Setiembre	0,5*	413,96	4,0	333,07	24,29	1,0*	438,82	8,5	166,08	164,22
Octubre	0,5*	413,96	4,8	322,64	28,30	1,0*	438,82	10,5	142,23	208,53
2022-04-27	SR	SR	SR	SR	SR	1,6**	393,25	SR	SR	SR
2022-04-28	SR	SR	SR	SR	SR	1,7**	379,33	SR	SR	SR
2022-09-18	SR	SR	SR	SR	SR	1,7**	379,33	8,5	166,08	128,40
2022-09-22	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR
2022-09-26	0,8**	452,69	4,0	333,07	35,91	SR	SR	SR	SR	SR
2022-09-27	SR	SR	SR	SR	SR	1,6**	393,3	8,5	166,08	136,78

*: Valor de caudal ecológico redondeado a la decima más próxima.

** : Valor del caudal registrado en campo redondeado a la decima más próxima.

SR: Sin registro.

AUP: área útil ponderada.

Δ AUP%: Pérdida o ganancia del AUP producido por el cambio del escenario natural al escenario modificado.

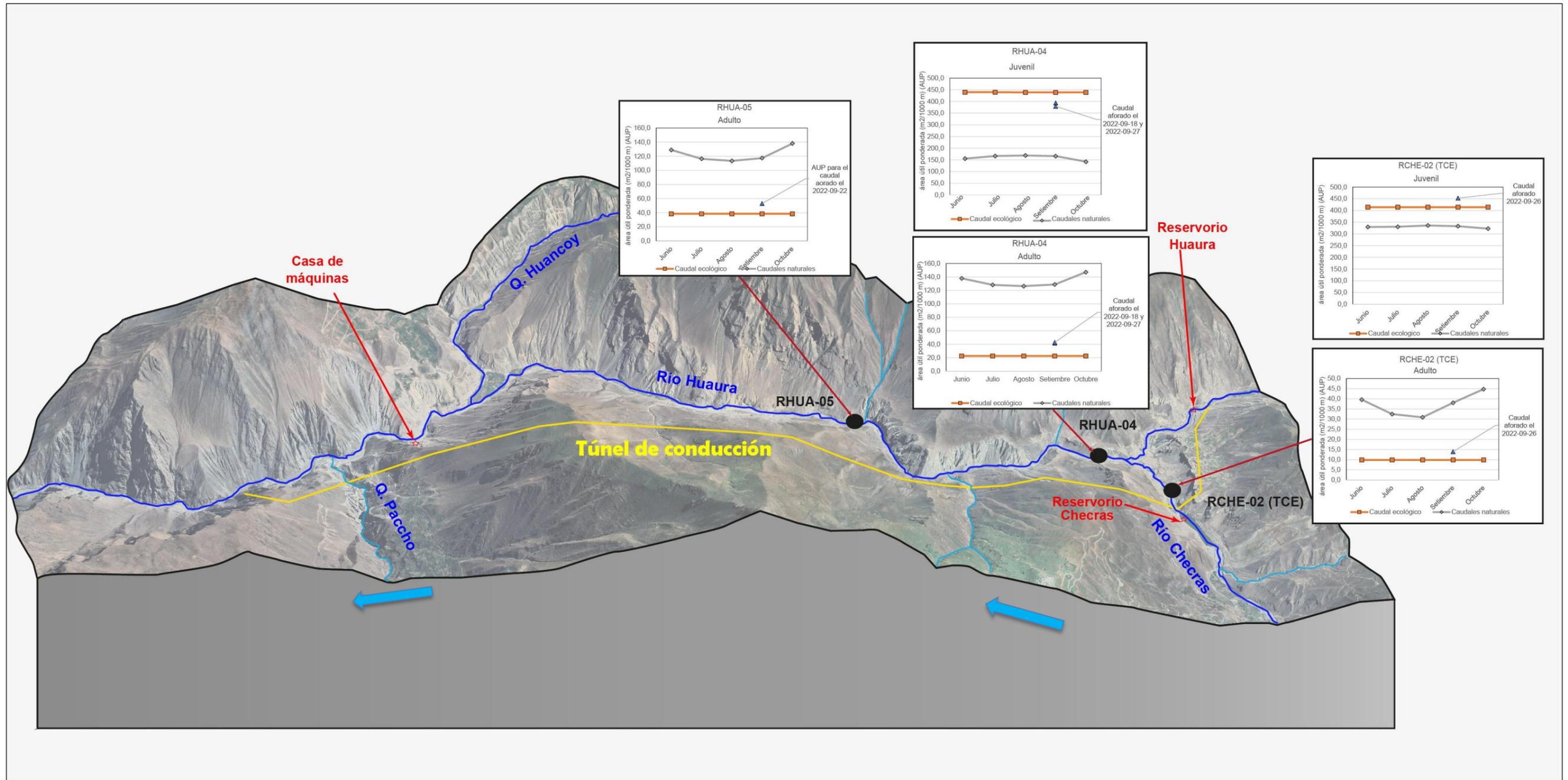


Figura 7.18. Esquema mostrando la comparación de los valores del área útil ponderada-AUP asociados a los caudales ecológico, caudales naturales y los caudales registrados (setiembre) para los juveniles y adultos de *Oncorhynchus mykiss*



***Basilichthys semotilus* (pejerrey)**

Las áreas útiles ponderadas (AUP) asociados a sus respectivos caudales para fase 4, fase 3 y fase 1 y 2 de pejerrey se presentan en las Tablas 7.4, 7.5 y 7.6 respectivamente. La compilación de los resultados se resume en la Figura 7.19.

A continuación, se detalla el panorama para la fase 4 del pejerrey. Los cambios del caudal natural para los meses de menor disponibilidad hídrica hacia el caudal ecológico de 0,47 m³/s en RCHE-02 (TCE) produjeron una pérdida entre 56,92 % a 57,98 % del hábitat. Para el caudal registrado el 26 de setiembre de 2022 (0,8 m³/s) se produjo una pérdida de 43,42 % respecto al hábitat para el caudal natural en setiembre. Los cambios del caudal natural para los meses de menor disponibilidad hídrica hacia el caudal ecológico de 1 m³/s en RHUA-04 produjeron una pérdida entre 14,95 % a 18,49 % del hábitat; mientras que el cambio hacia los caudales registrados el 18 y 27 setiembre de 2022 produjeron un incremento de hábitat de 2,41 % y 1,11% respectivamente. Los cambios del caudal natural para los meses de menor disponibilidad hídrica hacia el caudal ecológico de 1 m³/s en RHUA-05 produjeron una pérdida entre 33,66% a 35,68% del hábitat; mientras que el cambio hacia los caudales registrados el 22 de setiembre 2022 produjeron una pérdida de hábitat de 36,99 %. Los cambios del caudal natural para los meses de menor disponibilidad hídrica hacia el caudal ecológico de 1 m³/s en RHUA-06 produjeron una pérdida entre 72,71% a 73,25% del hábitat; mientras que el cambio hacia los caudales registrados en setiembre (2022-09-24) produjeron una pérdida de hábitat de 40,11%. Los cambios del caudal natural para los meses de menor disponibilidad hídrica hacia el caudal ecológico de 1 m³/s en RHUA-07 produjeron una pérdida entre 45,47 % a 49,38% del hábitat para la fase 4 de pejerrey; mientras que el cambio hacia los caudales registrados el 29 de setiembre 2022 produjeron una pérdida de hábitat de 26,33 % (Figura 7.19).

Las pérdidas de hábitat fueron también identificadas para la fase 3 de pejerrey. Los cambios del caudal natural para los meses de menor disponibilidad hídrica hacia el caudal ecológico de 0,47 m³/s en RCHE-02 (TCE) produjeron disminución del hábitat para junio, setiembre y octubre. Para el caudal registrado el 26 de setiembre de 2022 (0,8 m³/s) se produjo un incremento de 3,85 % respecto al hábitat para el caudal natural en setiembre. Los cambios del caudal natural para los meses de menor disponibilidad hídrica hacia el caudal ecológico de 1 m³/s en RHUA-04 produjeron un incremento entre 33,13 % a 40,20 % del hábitat; mientras que el cambio hacia los caudales registrados el 18 y 27 de setiembre de 2022 produjeron un incremento de hábitat de 38,29 % y 38,05 % respectivamente. Los cambios del caudal natural para los meses de menor disponibilidad hídrica hacia el caudal ecológico de 1 m³/s en RHUA-05 produjeron una pérdida entre 9,21 % a 19,61 % del hábitat; mientras que el cambio hacia los caudales registrados el 22 de setiembre de 2022 produjeron una pérdida de hábitat de 26,64 %. Los cambios del caudal natural para los meses de menor disponibilidad hídrica hacia el caudal ecológico de 1 m³/s en RHUA-06 produjeron una pérdida entre 44,93 % a 49,55 % del hábitat; mientras que el cambio hacia los caudales registrados el 24 de setiembre de 2022 produjeron una pérdida de hábitat de 27,03 %. Los cambios del caudal natural para los meses de menor disponibilidad hídrica hacia el caudal ecológico de 1 m³/s en RHUA-07 produjeron una pérdida entre 3,49 % a 8,98 % del hábitat para la fase 4 de pejerrey; mientras que el cambio hacia los caudales registrados el 29 de setiembre de 2022 produjeron una pérdida de hábitat de 25,51%.

Respecto a la fase 1 y 2 del pejerrey, las modificaciones del caudal natural tuvieron tanto pérdidas como ganancia de hábitat. Los cambios del caudal natural para los meses de menor



disponibilidad hídrica hacia el caudal ecológico de 0,47 m³/s en RCHE-02 (TCE) produjeron un incremento del hábitat. Para el caudal registrado el 26 de setiembre de 2022 (0,8 m³/s), se produjo un incremento de 37,13% respecto al hábitat para el caudal natural en setiembre. Los cambios del caudal natural para los meses de menor disponibilidad hídrica hacia el caudal ecológico de 1 m³/s en RHUA-04 produjeron una disminución entre 2,88 % a 12,12 % del hábitat; mientras que el cambio hacia los caudales registrados el 18 y 27 de setiembre produjeron una disminución de hábitat de 0,92 % y 1,92 % respectivamente. Los cambios del caudal natural para los meses de menor disponibilidad hídrica hacia el caudal ecológico de 1 m³/s en RHUA-05 produjeron una pérdida entre 18,90 % a 24,61 % del hábitat; mientras que el cambio hacia los caudales registrados en setiembre (2022-09-22) produjeron una pérdida de hábitat de 30,63 %. Los cambios del caudal natural para los meses de menor disponibilidad hídrica hacia el caudal ecológico de 1 m³/s en RHUA-06 produjeron un incremento entre 91,68 % a 112,77 % del hábitat; mientras que el cambio hacia los caudales registrados el 24 de setiembre de 2022 produjeron un incremento de hábitat de 88,90 %. Los cambios del caudal natural para los meses de menor disponibilidad hídrica hacia el caudal ecológico de 1 m³/s en RHUA-07 produjeron un incremento entre 6,49 % a 9,05 % del hábitat; mientras que el cambio hacia los caudales registrados el 29 de setiembre de 2022 produjeron una pérdida de hábitat de 2,42 %.



Tabla 7.4. Áreas útiles ponderadas-AUP asociados a sus respectivos caudales para fase 4 de *Basilichthys semotilus*

Fecha	RCHE-02 (TCE)					RHUA-04					RHUA-05					RHUA-06					RHUA-07					
	Escenario modificado		Escenario natural		ΔAUP%	Escenario modificado		Escenario natural		ΔAUP%	Escenario modificado		Escenario natural		ΔAUP%	Escenario modificado		Escenario natural		ΔAUP%	Escenario modificado		Escenario natural		ΔAUP%	
	Caudal (m³/s)	AUP (m²/1000m)	Caudal (m³/s)	AUP (m²/1000m)		Caudal (m³/s)	AUP (m²/1000m)	Caudal (m³/s)	AUP (m²/1000m)		Caudal (m³/s)	AUP (m²/1000m)	Caudal (m³/s)	AUP (m²/1000m)		Caudal (m³/s)	AUP (m²/1000m)	Caudal (m³/s)	AUP (m²/1000m)		Caudal (m³/s)	AUP (m²/1000m)	Caudal (m³/s)	AUP (m²/1000m)		Caudal (m³/s)
Junio	0,5*	822,61	4,2	1957,46	-57,98	1,0*	1002,89	9,6	1196,99	-16,22	1,0*	1275,61	9,6	1948,43	-34,53	1,0*	245,15	9,6	900,95	-72,79	1,0*	1437,25	9,6	2839,04	-49,38	
Julio	0,5*	822,61	3,7	1923,87	-57,24	1,0*	1002,89	8,4	1224,76	-18,12	1,0*	1275,61	8,4	1978,11	-35,51	1,0*	245,15	8,4	916,39	-73,25	1,0*	1437,25	8,4	2691,06	-46,59	
Agosto	0,5*	822,61	3,6	1909,50	-56,92	1,0*	1002,89	8,1	1230,35	-18,49	1,0*	1275,61	8,1	1983,26	-35,68	1,0*	245,15	8,1	915,41	-73,22	1,0*	1437,25	8,1	2635,85	-45,47	
Setiembre	0,5*	822,61	4,0	1962,58	-58,09	1,0*	1002,89	8,5	1223,04	-18,00	1,0*	1275,61	8,5	1976,47	-35,46	1,0*	245,15	8,5	916,59	-73,25	1,0*	1437,25	8,5	2712,34	-47,01	
Octubre	0,5*	822,61	4,8	1957,23	-57,97	1,0*	1002,89	10,5	1179,20	-14,95	1,0*	1275,61	10,5	1922,89	-33,66	1,0*	245,15	10,5	898,30	-72,71	1,0*	1437,25	10,5	2798,54	-48,64	
2022-04-24	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	4,2**	1993,10	SR	SR	SR
2022-04-27	SR	SR	SR	SR	SR	1,6**	1236,60	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR
2022-04-28	SR	SR	SR	SR	SR	1,7**	1252,52	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR
2022-09-18	SR	SR	SR	SR	SR	1,7**	1252,52	8,5	1223,04	2,41	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR
2022-09-22	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	1,4**	1245,29	8,5	1976,47	-36,99	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR
2022-09-24	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	2,0**	548,98	8,5	916,59	-40,11	SR	SR	SR	SR	SR	SR
2022-09-26	0,8**	1110,46	4,0	1962,58	-43,42	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR
2022-09-27	SR	SR	SR	SR	SR	1,6**	1236,60	8,5	1223,04	1,11	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR
2022-09-29	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	1,9**	1998,10	8,5	2712,34	-26,33

*: Valor de caudal ecológico redondeado a la decima más próxima.

** : Valor del caudal registrado en campo redondeado a la decima más próxima.

SR: Sin registro.

AUP: área útil ponderada.

ΔAUP%: Pérdida o ganancia del AUP producido por el cambio del escenario natural al escenario modificado.



Tabla 7.5. Áreas útiles ponderadas-AUP asociados a sus respectivos caudales para fase 3 de *Basilichthys semotilus*

Fecha	RCHE-02 (TCE)					RHUA-04					RHUA-05					RHUA-06					RHUA-07					
	Escenario modificado		Escenario natural		ΔAUP%	Escenario modificado		Escenario natural		ΔAUP%	Escenario modificado		Escenario natural		ΔAUP%	Escenario modificado		Escenario natural		ΔAUP%	Escenario modificado		Escenario natural		ΔAUP%	
	Caudal (m³/s)	AUP (m²/1000m)	Caudal (m³/s)	AUP (m²/1000m)		Caudal (m³/s)	AUP (m²/1000m)	Caudal (m³/s)	AUP (m²/1000m)		Caudal (m³/s)	AUP (m²/1000m)	Caudal (m³/s)	AUP (m²/1000m)		Caudal (m³/s)	AUP (m²/1000m)	Caudal (m³/s)	AUP (m²/1000m)		Caudal (m³/s)	AUP (m²/1000m)	Caudal (m³/s)	AUP (m²/1000m)		Caudal (m³/s)
Junio	0,5*	991,80	4,2	1023,67	-3,11	1,0*	517,18	9,6	381,47	35,58	1,0*	659,94	9,6	747,52	-11,72	1,0*	277,59	9,6	523,98	-47,02	1,0*	331,64	9,6	350,86	-5,48	
Julio	0,5*	991,80	3,7	970,13	2,23	1,0*	517,18	8,4	388,06	33,27	1,0*	659,94	8,4	804,86	-18,01	1,0*	277,59	8,4	548,06	-49,35	1,0*	331,64	8,4	361,53	-8,27	
Agosto	0,5*	991,80	3,6	963,45	2,94	1,0*	517,18	8,1	388,48	33,13	1,0*	659,94	8,1	820,95	-19,61	1,0*	277,59	8,1	550,25	-49,55	1,0*	331,64	8,1	364,34	-8,98	
Setiembre	0,5*	991,80	4,0	1020,36	-2,80	1,0*	517,18	8,5	387,93	33,32	1,0*	659,94	8,5	798,77	-17,38	1,0*	277,59	8,5	547,01	-49,25	1,0*	331,64	8,5	360,19	-7,93	
Octubre	0,5*	991,80	4,8	1016,14	-2,40	1,0*	517,18	10,5	368,90	40,20	1,0*	659,94	10,5	726,85	-9,21	1,0*	277,59	10,5	504,08	-44,93	1,0*	331,64	10,5	343,63	-3,49	
2022-04-24	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	4,2**	223,15	SR	SR	SR
2022-04-27	SR	SR	SR	SR	SR	1,6**	535,54	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	
2022-04-28	SR	SR	SR	SR	SR	1,7**	536,48	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	
2022-09-18	SR	SR	SR	SR	SR	1,7**	536,48	8,5	387,93	38,29	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	
2022-09-22	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	1,4**	586,00	8,5	798,77	-26,64	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR
2022-09-24	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	2,0**	399,13	8,5	547,01	-27,03	SR	SR	SR	SR	SR	SR
2022-09-26	0,8**	1059,68	4,0	1020,36	3,85	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	
2022-09-27	SR	SR	SR	SR	SR	1,6**	535,54	8,5	387,93	38,05	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	
2022-09-29	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	1,9**	268,29	8,5	360,19	-25,51

*: Valor de caudal ecológico redondeado a la decima más próxima.

** : Valor del caudal registrado en campo redondeado a la decima más próxima.

SR: Sin registro.

AUP: área útil ponderada.

ΔAUP%: Pérdida o ganancia del AUP producido por el cambio del escenario natural al escenario modificado.



Tabla 7.6. Áreas útiles ponderadas-AUP asociados a sus respectivos caudales para fase 1 y 2 de *Basilichthys semotilus*

Fecha	RCHE-02 (TCE)					RHUA-04					RHUA-05					RHUA-06					RHUA-07					
	Escenario modificado		Escenario natural		ΔAUP%	Escenario modificado		Escenario natural		ΔAUP%	Escenario modificado		Escenario natural		ΔAUP%	Escenario modificado		Escenario natural		ΔAUP%	Escenario modificado		Escenario natural		ΔAUP%	
	Caudal (m³/s)	AUP (m²/1000m)	Caudal (m³/s)	AUP (m²/1000m)		Caudal (m³/s)	AUP (m²/1000m)	Caudal (m³/s)	AUP (m²/1000m)		Caudal (m³/s)	AUP (m²/1000m)	Caudal (m³/s)	AUP (m²/1000m)		Caudal (m³/s)	AUP (m²/1000m)	Caudal (m³/s)	AUP (m²/1000m)		Caudal (m³/s)	AUP (m²/1000m)	Caudal (m³/s)	AUP (m²/1000m)		Caudal (m³/s)
Junio	0,5*	282,30	4,2	229,98	22,75	1,0*	193,61	9,6	199,36	-2,88	1,0*	196,16	9,6	249,78	-21,47	1,0*	592,15	9,6	287,13	106,23	1,0*	909,72	9,6	854,24	6,49	
Julio	0,5*	282,30	3,7	221,81	27,27	1,0*	193,61	8,4	215,46	-10,14	1,0*	196,16	8,4	258,13	-24,01	1,0*	592,15	8,4	303,38	95,18	1,0*	909,72	8,4	847,00	7,40	
Agosto	0,5*	282,30	3,6	220,79	27,86	1,0*	193,61	8,1	220,30	-12,12	1,0*	196,16	8,1	260,18	-24,61	1,0*	592,15	8,1	308,93	91,68	1,0*	909,72	8,1	842,23	8,01	
Setiembre	0,5*	282,30	4,0	226,11	24,85	1,0*	193,61	8,5	214,08	-9,56	1,0*	196,16	8,5	257,05	-23,69	1,0*	592,15	8,5	301,97	96,10	1,0*	909,72	8,5	847,77	7,31	
Octubre	0,5*	282,30	4,8	238,43	18,40	1,0*	193,61	10,5	187,49	3,26	1,0*	196,16	10,5	241,86	-18,90	1,0*	592,15	10,5	278,31	112,77	1,0*	909,72	10,5	834,20	9,05	
2022-04-24	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	4,2**	653,60	SR	SR	SR
2022-04-27	SR	SR	SR	SR	SR	1,6**	209,98	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	
2022-04-28	SR	SR	SR	SR	SR	1,7**	212,12	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	
2022-09-18	SR	SR	SR	SR	SR	1,7**	212,12	8,5	214,08	-0,92	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	
2022-09-22	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	1,4**	178,32	8,5	257,05	-30,63	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR
2022-09-24	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	2,0**	570,43	8,5	301,97	88,90	SR	SR	SR	SR	SR	
2022-09-26	0,8**	310,07	4,0	226,11	37,13	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	
2022-09-27	SR	SR	SR	SR	SR	1,6**	209,98	8,5	214,08	-1,92	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	
2022-09-29	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	1,9**	827,22	8,5	847,77	-2,42

*: Valor de caudal ecológico redondeado a la decima más próxima.

** : Valor del caudal registrado en campo redondeado a la decima más próxima.

SR: Sin registro.

AUP: área útil ponderada.

ΔAUP%: Pérdida o ganancia del AUP producido por el cambio del escenario natural al escenario modificado.

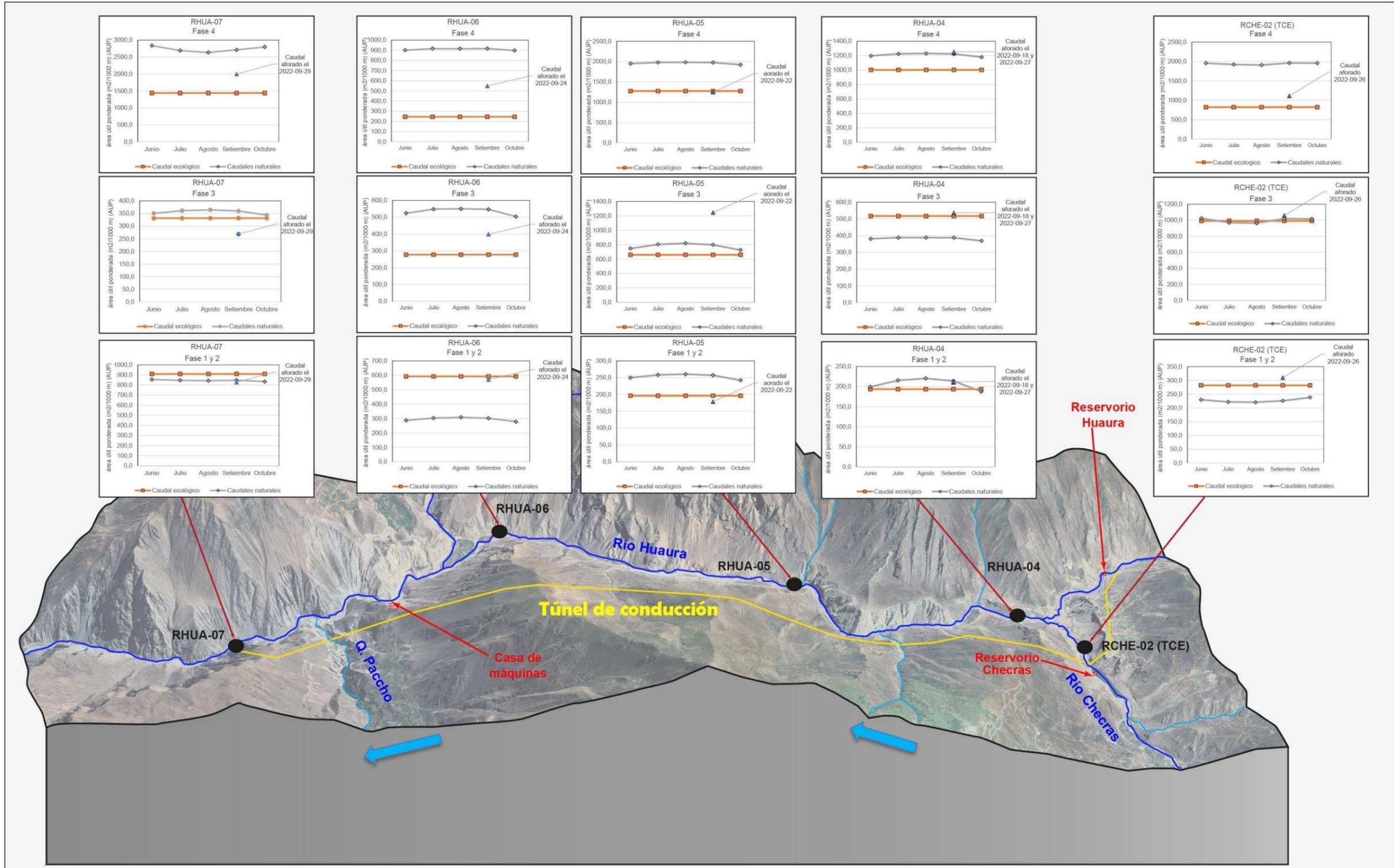


Figura 7.19. Esquema mostrando la comparación de los valores de AUP asociados a los caudales ecológico, caudales naturales y los caudales registrados (setiembre) para la fase 4, fase 3 y fase 1 y 2 de *Basilichthys semotilus*

**Trichomycterus aff. vittatus (bagre)**

Los resultados de AUP asociados a sus respectivos caudales para el bagre son mostrados en la Tabla 7.7 y la Figura 7.20.

Los cambios del caudal natural para los meses de menor disponibilidad hídrica hacia el caudal ecológico de 1,0 m³/s en RHUA-06 produjeron una pérdida de casi 80 % del hábitat para el bagre. Para el caudal registrado el 24 de setiembre de 2022 de 2,0 m³/s, se produjo una pérdida de casi 50 % respecto al hábitat para el caudal natural de setiembre. Los cambios del caudal natural para los meses de menor disponibilidad hídrica hacia el caudal ecológico de 1 m³/s en RHUA-07 produjeron una pérdida entre 38,57 % a 45,65 % del hábitat; mientras que el cambio hacia el caudal registrados el 29 de setiembre de 2022 produjeron una pérdida de hábitat de 6,38 %.

Tabla 7.7. Áreas útiles efectivas-AUP asociados a sus respectivos caudales para fase 3 de *Trichomycterus aff. vittatus*

Fecha	RHUA-06					RHUA-07				
	Escenario modificado		Escenario natural		ΔAUP%	Escenario modificado		Escenario natural		ΔAUP%
	Caudal (m ³ /s)	AUP (m ² /1000m)	Caudal (m ³ /s)	AUP (m ² /1000m)		Caudal (m ³ /s)	AUP (m ² /1000m)	Caudal (m ³ /s)	AUP (m ² /1000m)	
Junio	1,0*	702,91	9,6	3568,56	-80,30	1,0*	2050,14	9,6	3644,60	-43,75
Julio	1,0*	702,91	8,4	3590,92	-80,43	1,0*	2050,14	8,4	3337,24	-38,57
Agosto	1,0*	702,91	8,1	3582,65	-80,38	1,0*	2050,14	8,1	3255,13	-37,02
Setiembre	1,0*	702,91	8,5	3590,99	-80,43	1,0*	2050,14	8,5	3371,50	-39,19
Octubre	1,0*	702,91	10,5	3555,44	-80,23	1,0*	2050,14	10,5	3771,76	-45,65
2022-04-24	SR	SR	SR	SR	SR	4,2**	3141,16	SR	SR	SR
2022-04-27	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR
2022-04-28	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR
2022-09-18	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR
2022-09-22	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR
2022-09-24	2,0**	1844,19	8,5	3590,99	-48,64	SR	SR	SR	SR	SR
2022-09-26	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR
2022-09-27	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR
2022-09-29	SR	SR	SR	SR	SR	1,9**	3156,26	8,5	3371,50	-6,38

*: Valor de caudal ecológico redondeado a la decima más próxima.

** : Valor del caudal registrado en campo redondeado a la decima más próxima.

SR: Sin registro.

AUP: área útil ponderada.

ΔAUP%: Pérdida o ganancia del AUP producido por el cambio del escenario natural al escenario modificado.

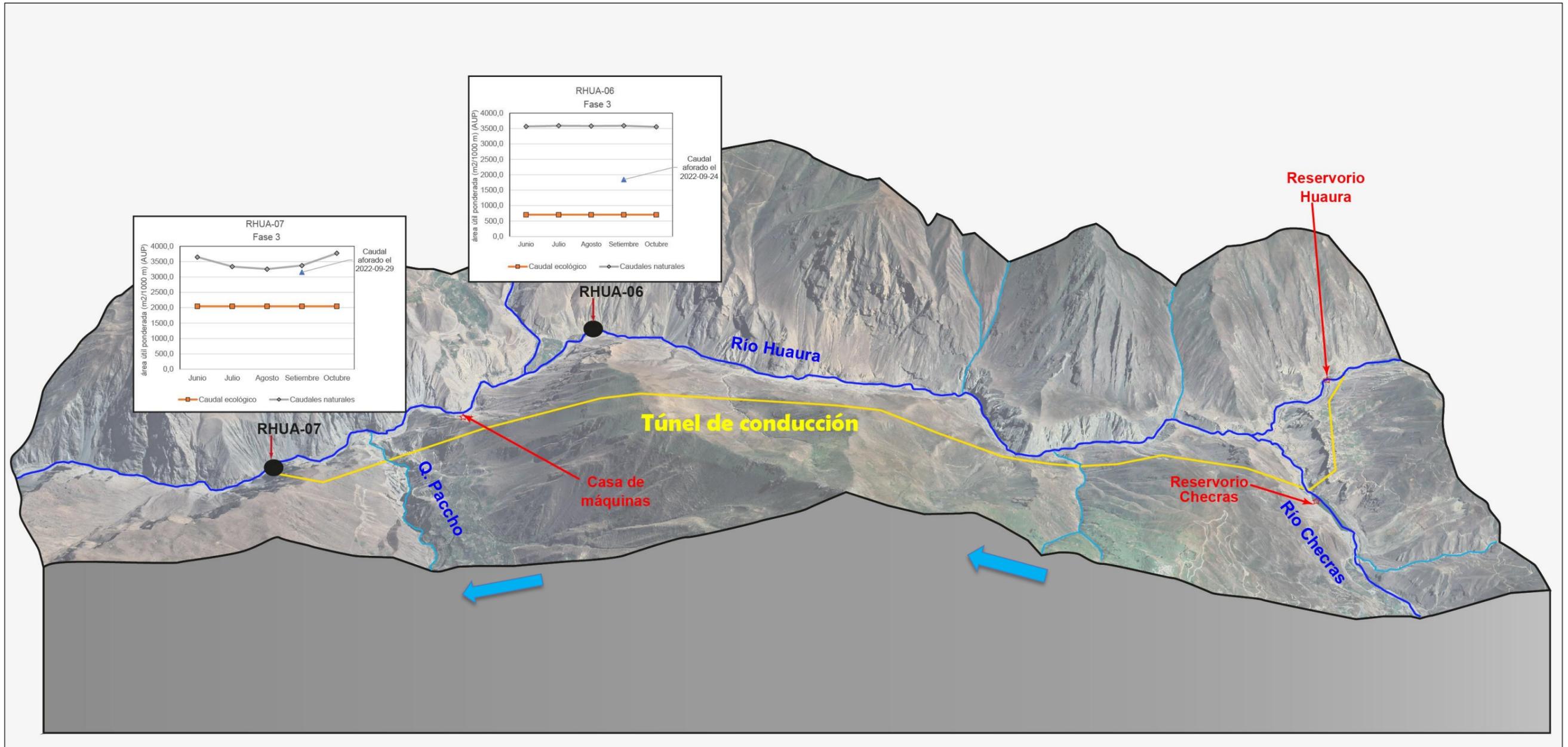


Figura 7.20. Esquema mostrando la comparación de los valores de AUP asociados a los caudales ecológico, caudales naturales y los caudales registrados (setiembre) para la fase 3 de *Trichomycterus aff. vittatus*



La Figura 7.21 muestra mediante *boxplots* un resumen de las ganancias o pérdidas de hábitat debido a la modificación del caudal. Se puede apreciar que en los puntos donde se distribuye la trucha, ocurre pérdidas de hábitat por encima del 50 %, sin embargo, ocurre una ganancia de hábitat para el caso de los juveniles. Como es posible apreciar el hábitat para los adultos de trucha fue el más afectado con la modificación del caudal; ya que la reducción del caudal conllevó a la disminución del tirante de agua en todos los puntos; reduciendo así la profundidad en las pozas, siendo estos últimos, zonas de refugio para adultos de gran tamaño (Vondracek y Longanecker, 1993). En el caso de los juveniles, el aumento del hábitat fue generado por la disminución del tirante de agua y la magnitud de las velocidades, esto concuerda con las preferencias de velocidad para los juveniles encontrado por Ayllon et al. (2012)

Respecto al pejerrey de río, los individuos más grandes (fase 4) mostraron pérdidas de hábitat de más del 50% en los puntos RHUA-04 y RHUA-06 y en menor magnitud ocurrieron para los puntos RHUA-04, RHUA-05 y RHUA-07. La fase 3 mostró pérdidas en todos los puntos con excepción de RHUA-04. La fase 1 y 2 mostraron pérdidas en RHUA-04 y RHUA-05, sin embargo, ocurrieron ganancias en RCHE-02(TCE) y RHUA-06. Las mayores pérdidas de hábitat para individuos de gran tamaño debido a la modificación del caudal parecen estar sujeto a la reducción de las pozas donde estos se refugian. La escasez de información de esta especie respecto a su hábitat limita las discusiones; sin embargo, el uso de pozas profundas ha sido reportada por Pouilly *et al.*, (2012) en otra especie de pejerrey *Basilichthys microlepidotus*. Pouilly *et al.* (2012) menciona, además, que debido a los aspectos reproductivos del pejerrey de poner huevos a la vegetación macrófita durante la época de avenida, las variaciones del caudal puedan perjudicarlo.

En los puntos donde se distribuyó el bagre, este mostró pérdidas en ambos puntos (RHUA-06 y RHUA-07); siendo el punto RHUA-06, el que mostró mayores pérdidas (> 50 %) en comparación con el punto RHUA-07. El bagre suele encontrarse en sitios con altas velocidades, los cuales le sirve de refugio; la reducción del caudal lleva consigo una pérdida de velocidades lo cual estaría disminuyendo el refugio para esta especie. Oyague *et al* (2020) identificó este tipo de refugio para otra especie de bagre (*Astroblepus sp.*) mostrando una mayor demanda de caudal para especies cuyo hábitat tienen estas características hidráulicas.

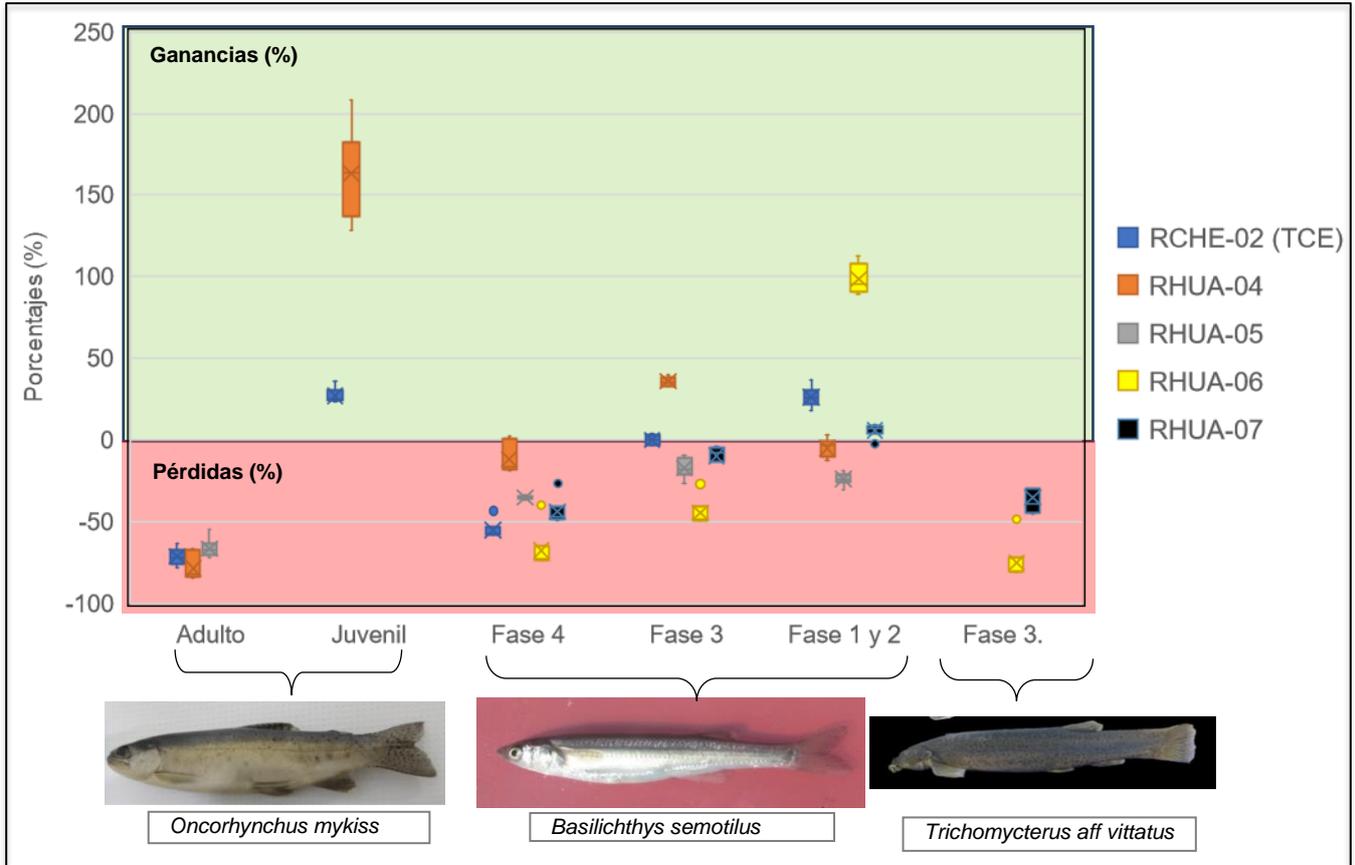


Figura 7.21. Boxplot mostrando el porcentaje de pérdidas o ganancias de AUP por la modificación del caudal natural hacia el caudal ecológico y el caudal registrado en setiembre de 2022

Caudal

Los puntos ubicados entre la presa Checras y la confluencia de los ríos Huaura y Checras (RCHE-02, RCHE-02 (TCE)) tuvieron un caudal por encima del valor de caudal ecológico de 0,470 m³/s asignado a dicho tramo, según los resultados obtenidos en abril y setiembre de 2022. Los puntos ubicados entre la presa Huaura y la confluencia de los ríos Huaura y Checras (RHUA-02, RHUA-03) tuvieron un valor de caudal por encima del caudal ecológico de 0,53 m³/s solo en setiembre de 2022, ya que en abril de 2022 el nivel estuvo por debajo del caudal ecológico. Los puntos ubicados entre la confluencia de los ríos Huaura y Checras y la descarga de aguas turbinadas de la CH Cheves tuvieron registros de caudal por encima del caudal ecológico de 1,0 m³/s asignado a dicho tramo (Figura 7.22).



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

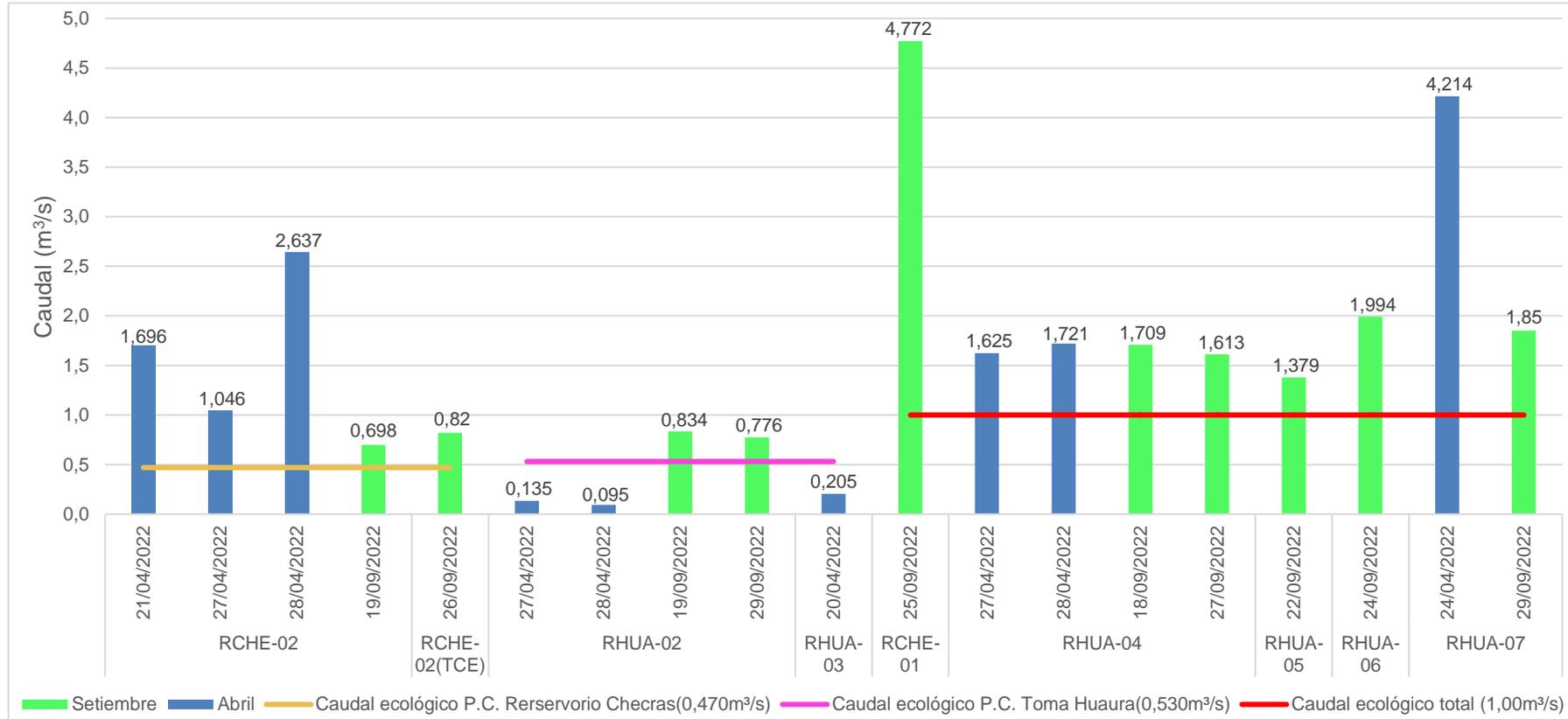


Figura 7.22. Registros de caudal durante la evaluación de abril y setiembre de 2022; y su comparación con los valores de caudal ecológico
P.C.: Punto de captación

7.3. Calidad de agua superficial del reservorio Huaura y calidad de agua superficial, sedimento, comunidades hidrobiológicas y estado trófico del reservorio Checras

Agua superficial

La calidad de agua superficial en el reservorio Huaura (EHUA-01), y la del reservorio Checras en superficie (ECHE-01, ECHE-02 y ECHE-03) y en fondo (ECHE-03 (F)) cumplieron con los ECA para Agua-2017 de la Cat.3, a excepción del potencial de hidrógeno de los puntos ECHE-02 y ECHE-03, con 8,46 unidad de pH y 8,47 unidad de pH respectivamente (Figura 7.23). Según EIA 1999, la cuenca Huaura tiene rocas con alta filiación mineralógica a las calizas. Las calizas estarían influencia en la alcalinidad del pH en el agua embalsada del río Checras.

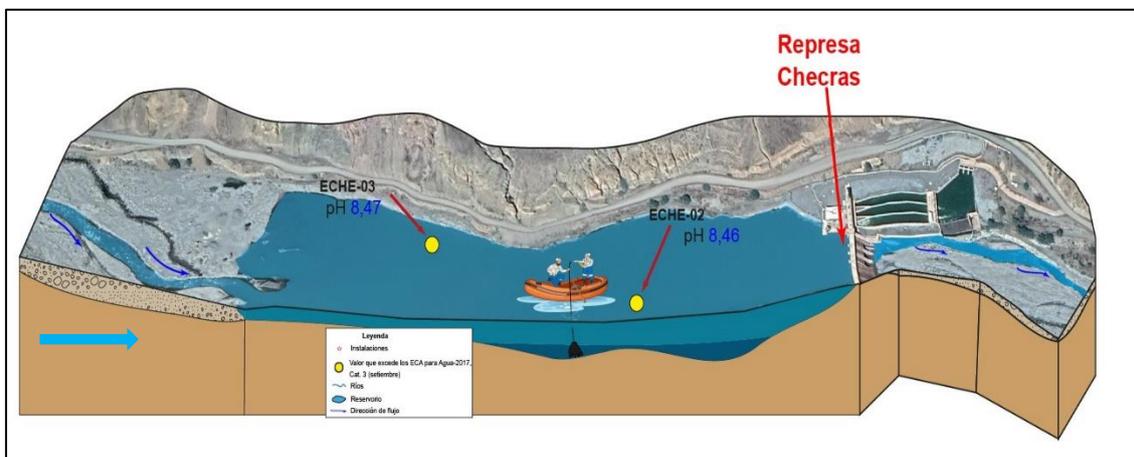


Figura 7.23. Valores de pH que excedieron los ECA para Agua-2017 de la Cat.3, en el reservorio Checras en setiembre de 2022

Comunidades hidrobiológicas

Los resultados de plancton encontrados en el reservorio Checras muestran una mayor abundancia y riqueza en el fondo del reservorio en el punto ECHE-03 (F), destacando el phylum Bacillariophyta. La migración de las diatomeas desde la superficie hacia zonas profundas se debe a su estructura silíceo que las hace más pesadas en relación con el medio que las rodea, haciendo que se hundan, esta migración vertical de las diatomeas favorece el aporte de nutrientes en el fondo debido al carbono fijado en la superficie a través de la fotosíntesis (Smayda 1970; Round *et al.* 1990).

Estado trófico del reservorio Checras

Los resultados obtenidos de los 2 puntos de muestreo de agua superficial en el reservorio Checras ECHE-02 (superficie) y ECHE-03 (superficie y fondo) para determinar el índice del estado trófico (TSI) se presentan a continuación:

El estado trófico calculado del punto ECHE-03 en función a la transparencia indican de mesotrófico a eutrófico; sin embargo, los cálculos del estado trófico a partir del fósforo total indican de oligotrófico a mesotrófico para los puntos ECHE-02 y ECHE-03. De acuerdo a las bajas concentraciones de fósforo total, que fueron de 0,011 mg/L y 0,020 mg/L, nitratos, además, de las concentraciones de clorofila A y fosfatos, reportados por debajo del límite de

cuantificación del laboratorio, el reservorio se encontraría de oligotrófico a mesotrófico en el momento de la evaluación. La presencia de nutrientes (fósforo y nitrógeno) es un factor crítico, por su potencial para desequilibrar el ecosistema y originar fenómenos de eutrofización antropogénica (Pérez 2004).

Sedimento

En setiembre de 2022, se colectaron sedimentos del reservorio Checras donde se evidenció que las concentraciones de arsénico y zinc en los puntos ECHE-02 y ECHE-03 excedieron los valores ISQG y PEL de la guía canadiense y las concentraciones de cadmio y plomo excedieron solo el valor ISQG (Figura 7.24). Estos resultados pueden explicarse por el proceso de sedimentación del embalse (Figura 7.25), donde la velocidad del flujo de agua disminuye con la distancia desde su punto de contacto, lo que origina una sedimentación diferencial de cada tamaño de partícula (Flórez *et al.*, 2018).

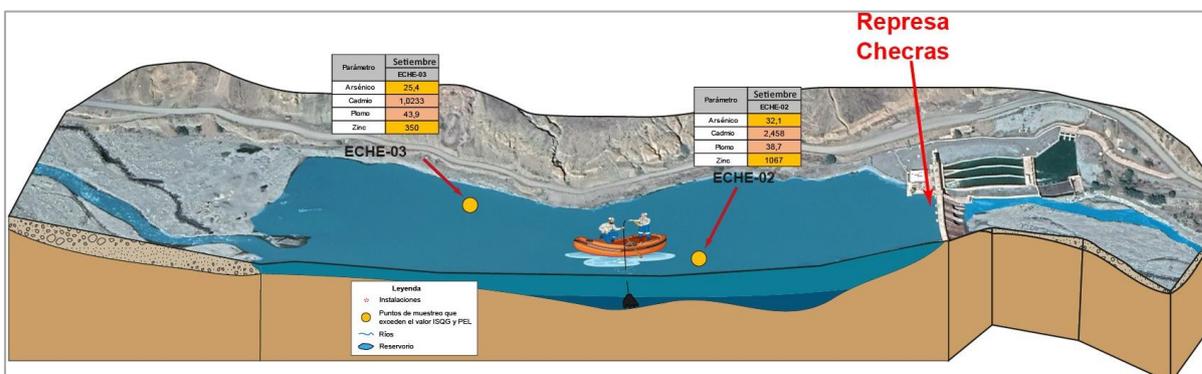


Figura 7.24. Concentraciones de elementos en el reservorio Checras en setiembre de 2022

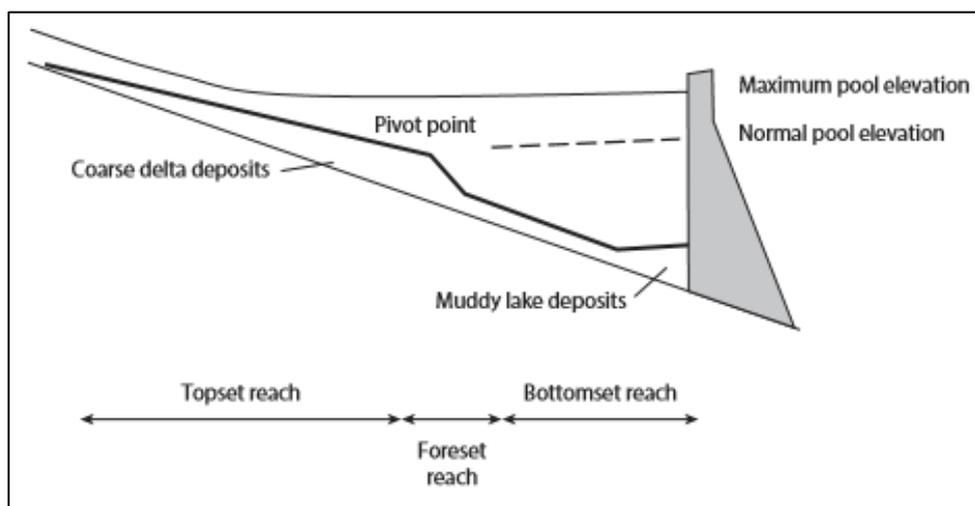


Figura 7.25. Forma típica de sedimentación de un embalse

Fuente: Annandale *et al.*, 2016

8. CONCLUSIONES

De la evaluación ambiental de causalidad en el área de influencia de la central hidroeléctrica Cheves de Statkraft S.A., en el 2022, se determinó:



Los caudales regulados por la C.H. Cheves registrados en setiembre de 2022 y el caudal ecológico establecido de 0,470 m³/s (para el punto de captación Checras) y 1 m³/s (como caudal ecológico total), (Resolución Directorial N.º 1366-2015-ANA-AAA-CAÑETE-FORTALEZA) en la zona de caudal reducido del río Huaura afectaron la cantidad de hábitat disponible para los peces más grandes de las especies *Oncorhynchus mykiss*, *Basilichthys semotilus* y *Trichomycterus aff. vittatus*. Asimismo, las poblaciones de *Oncorhynchus mykiss* y *Basilichthys semotilus* mostraron signos de alteración debido a la regulación hídrica reflejado en los bajos registros de captura (CPUE) en los puntos aguas debajo de los reservorios Huaura y Checras en la zona de caudal reducido. La regulación hídrica parece estar afectando a la comunidad de perifiton y macroinvertebrados bentónicos, cuyos registros de riqueza fueron bajos en la zona de caudal reducido contemplado desde RHUA-02 hasta RHUA-04.

Los resultados del aforo entre el reservorio Huaura y la confluencia de los ríos Checras y Huaura estuvieron por debajo de 0,530 m³/s (caudal ecológico establecido en el punto de captación de la toma Huaura según la Resolución Directorial N.º 1366-2015-ANA-AAA-CAÑETE-FORTALEZA). Estos valores fueron 0,135 m³/s, registrados el 27 de abril de 2022 en RHUA-02; 0,095 m³/s, registrado el 28 de abril 2022 en RHUA-02; y 0,205 m³/s, registrado el 20 de abril de 2022 en RHUA-03.

Calidad de agua superficial, agua turbinada, sedimento y comunidades hidrobiológicas en los ríos Huaura y Checras en el ámbito de la C.H. Cheves

Agua superficial

La calidad de agua superficial en el río Huaura en los puntos de monitoreo RHUA-01, RHUA-02, RHUA-05, RHUA-06, RHUA-07, RHUA-09, RHUA-10 y RHUA-11, en abril de 2022, presentaron valores alcalinos de potencial de hidrógeno (pH) fuera del rango establecido en los Estándares de calidad ambiental para agua 2017, categoría 3, subcategorías D1 y D2: Riego de vegetales y Bebida; así como el punto de monitoreo RHUA-05, en setiembre de 2022. Además, las concentraciones de boro en los puntos RHUA-03 y RHUA-05, y manganeso en el punto RHUA-03 (abril de 2022); y la concentración de plomo en el punto RHUA-04 (setiembre de 2022) excedieron los Estándares de calidad ambiental para agua 2017, categoría 3, subcategorías D1 y D2: Riego de vegetales y Bebida.

La calidad de agua superficial del río Checras el punto de monitoreo RCHE-01 presentó valor alcalino de potencial de hidrogeno (pH) fuera del rango establecido en los Estándares de calidad ambiental para agua 2017, categoría 3, subcategorías D1 y D2: Riego de vegetales y Bebida en abril de 2022; así como los puntos de monitoreo RCHE-01 y RCHE-02, en setiembre de 2022.

Las rocas calizas propias de la geología de la zona estarían influenciando al pH alcalino del agua, así como las actividades mineras desarrolladas en la parte alta al ser una zona mineralizada polimetálica pueden influir en los niveles de concentraciones de metales.

Las aguas turbinadas (TUR-01) cumplieron referencialmente los Estándares de calidad ambiental para agua 2017, categoría 3, subcategorías D1 y D2: Riego de vegetales y Bebida de animales. Estas presentaron los menores valores de turbidez, sólidos totales suspendidos, y metales, debido a que en el proceso de embalse retiene los aportes de materiales en suspensión y los arrastres de sólidos transportados por los ríos Huaura y Checras.



Sedimento

El análisis granulométrico en los sedimentos de los ríos Checra y Huaura mostró predominancia de arena sobre el material fino (limo y arcilla) y grava, en abril y setiembre de 2022.

En los sedimentos del río Checras y Huaura, en abril de 2022, las concentraciones de arsénico excedieron el valor ISQG (RCHE-01, RCHE-02, RHUA-05, RHUA-06, RHUA-07, RHUA-08, RHUA-09, RHUA-10 y RHUA-11) y los valores ISQG y PEL en los puntos RHUA-01, RHUA-02, RHUA-03 y RHUA-04; las concentraciones de zinc excedieron el valor ISQG en los puntos RCHE-01, RHUA-02, RHUA-03, RHUA-04 y RHUA-09 y los valores ISQG y PEL en el punto RHUA-01; las concentraciones de cadmio, mercurio y plomo excedieron el valor ISQG en el punto RHUA-01; y las concentraciones de cobre excedieron el valor ISQG solo en el punto RHUA-04, de la guía canadiense del Consejo Canadiense de Ministros del Medio Ambiente (Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life - Canadian Council of Ministers of the Environment).

Respecto a las concentraciones de metales en los sedimentos del río Checras y Huaura en setiembre de 2022: las concentraciones de arsénico excedieron el valor ISQG solo en el punto RCHE-02 y los valores ISQG y PEL en los puntos RCHE-01, RHUA-01, RHUA-02, RHUA-03 y RHUA-04, RHUA-05, RHUA-06, RHUA-07, RHUA-09 y RHUA-10; las concentraciones de zinc excedieron el valor ISQG en los puntos RCHE-01, RHUA-02, RHUA-03, RHUA-04, RHUA-05, RHUA-06, RHUA-07 y RHUA-10 y los valores ISQG y PEL en los puntos RCHE-02, RHUA-01 y RHUA-09; las concentraciones de cadmio excedieron el valor ISQG en los puntos RCHE-02, RHUA-01, RHUA-03, RHUA-05, RHUA-07 y RHUA-09; las concentraciones de mercurio excedieron el valor ISQG solo en RHUA-01; las concentraciones de plomo excedieron el valor ISQG en los puntos RHUA-01 y RHUA-09 y los valores ISQG y PEL en el punto RCHE-02; y las concentraciones de cobre excedieron el valor ISQG en los puntos RHUA-06, RHUA-07 y RHUA-09, y el valor PEL en el punto RHUA-02.

Las concentraciones de metales en los sedimentos pueden asociarse al arrastre de partículas que transporta el río en temporada de avenida (abril) y la acumulación de ellos en temporada de estiaje (setiembre).

Comunidades hidrobiológicas

La riqueza del perifiton y de los macroinvertebrados bentónicos fue mayor en el río Checras (RCHE-01), que en la zona de caudal reducido del río Huaura, en abril y setiembre de 2022, lo cual podría estar asociado a los cambios del régimen hidráulico del medio acuático donde la velocidad de la corriente y el flujo de este provocan el desalojo de estas comunidades. Por otro lado, a partir de los puntos RHUA-05 al RHUA-11 se observó una recuperación de los taxones estudiados, donde la mayor disponibilidad de microhábitats favoreció la riqueza de individuos de la comunidad de microalgas del perifiton y los macroinvertebrados bentónicos.

En relación con el análisis de contenido estomacal, los resultados muestran una mayor oferta alimentaria durante el mes de setiembre, debido a una mejor estabilidad de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos, presas de los peces.

La composición de especies en el río Huaura estuvo conformada por *Oncorhynchus mykiss* «Trucha Arco Iris», *Basilichthys semotilus* «Pejerrey de río» y *Trichomycterus aff. Vittatus*



«Bagre». Por otra parte, en el río Checras se registraron *Oncorhynchus mykiss* «Trucha Arco Iris» y *Basilichthys semotilus* «Pejerrey de río».

Respecto a las capturas por unidad de esfuerzo (CPUE) en la zona de caudal reducido, *Oncorhynchus mykiss* estuvo asociado a la altitud y migración, es por ello que registró los mayores valores de capturas (CPUE) aguas abajo del reservorio Huaura, donde se vio favorecido por el hábitat de remanso formado con un caudal de 0,776 m³/s en setiembre de 2022; sin embargo, el hábitat formado podría reducirse y perderse en caso disminuya el caudal, tal como ocurrió el 27 y 28 de abril de 2022, donde los caudales registrados fueron de 0,204 m³/s y 0,142 m³/s, respectivamente. Además, aguas abajo en el reservorio Checras, se registró una baja captura (CPUE) e individuos adultos (tallas grandes) que contrasta con otros estudios realizados en ríos regulados por embalses.

La distribución de *Trichomycterus aff. vittatus* estuvo restringida a los puntos RHUA-06 y RHUA-07 donde las altitudes fueron menores y donde se registraron los mayores valores de caudal en el tramo de caudal reducido del río Huaura en abril y setiembre de 2022.

La especie *Basilichthys semotilus*, se registró en todos los puntos del tramo de caudal reducido en setiembre de 2022. Se evidenció que aguas abajo de los reservorios Huaura (RHUA-02) y Checras (RCHE-02(TCE)), las capturas fueron menores y solo predominaron los individuos adultos (tallas grandes), posiblemente asociado a la regulación hídrica. Los resultados coinciden con otros estudios realizados en ríos regulados por embalses.

Caudal ecológico establecido en los ríos Checras y Huaura y simulación de hábitat PHABSIM para la comunidad ictiológica en el tramo de influencia de la CH Cheves

Los caudales registrados en setiembre de 2022 y el caudal ecológico establecido de 0,470 m³/s para el punto de captación Checras y 1 m³/s como caudal ecológico total (Resolución Directoral N.º 1366-2015-ANA-AAA-Cañete-Fortaleza) en la zona de caudal reducido del río Huaura afectaron la cantidad de hábitat disponible para los peces más grandes, según el modelo de simulación PHABSIM. La afectación se evidenció en la reducción del más del 50 % del hábitat para adultos de *Oncorhynchus mykiss* (trucha): desde la parte posterior de la captación del reservorio Checras (RCHE-02(TCE)) hasta el punto de muestreo RHUA-05. En el caso de *Basilichthys semotilus* (pejerrey), el hábitat afectado fue para los individuos más grandes, evidenciándose pérdidas del más del 50 % del hábitat en el punto posterior al Reservorio Checras (RCHE-02(TCE)) y en el punto RHUA-06. En el caso de *Trichomycterus aff. vittatus* (bagre), la disminución del más del 50 % del hábitat disponible se encontró en RHUA-06.

Calidad de agua superficial del reservorio Huaura y la calidad de agua superficial, sedimento, comunidades hidrobiológicas y estado trófico del reservorio Checras

La calidad del agua superficial de los reservorios Huaura y Checras, en los parámetros evaluados cumplieron con los Estándares de calidad ambiental para Agua-2017 de la categoría 3, subcategorías D1 y D2: Riego de vegetales y Bebida de animales, a excepción del potencial de hidrógeno (pH) en los puntos ECHE-02 y ECHE-03 en el reservorio Checras con valores alcalinos.

Las concentraciones de cadmio y plomo en los sedimentos de los puntos ECHE-02 y ECHE-03 excedieron el valor ISQG; y las concentraciones de arsénico y zinc excedieron los valores ISQG y PEL de la guía canadiense. El reservorio actúa como una barrera física que retiene y acumula, los sólidos en suspensión y sedimento que son arrastrados a lo largo de la cuenca del Río Huaura hasta el reservorio.



Considerando las bajas concentraciones de fósforo total y nitratos, además de las concentraciones de clorofila A y fosfatos reportados por debajo del límite de cuantificación, el estado trófico del reservorio Checras se encontraría de oligotrófico a mesotrófico en el momento de la evaluación (setiembre de 2022).

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acosta, R.; B. Ríos; M. Rieradevall y N. Prat. 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*. Vol. 28, 1, p. 35-64

Acosta, R. (2001). Patrones de Diversidad Espacio-Temporal de insectos acuáticos y caracterización Limnológica en la Qda. Canton, Tributaria del Río Rímac (Huarochirí, Lima). Tesis para optar el Título de Biólogo. Facultad de Ciencias, Departamento de Biología, Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. 2001.

Aguirre, M. (1998). Estudio de balance hídrico de la cuenca del río Huaura. Lima, Perú: Instituto Nacional de Recursos Naturales.

Aizaki, M. O. Otsuki, M. Fukushima, M. Hosomi and Muraoka. (1981). Application of Carlson s trophic state index to Japanese lakes and relationships between the index and other parameters. *Verh. Internat. Verein Limnol.* 21:675-681.

Allan, J. D. (2004). Landscapes and riverscapes: The influence of land use on stream ecosystems. *Annual review of ecology, evolution and systematics.* 35: 257-284.

Álvarez, E. (2012). Estudio geológico-geotécnico para la construcción y soporte del túnel de transferencia –Central hidroeléctrica Cheves – Perú (Tesis de grado). Universidad de San Agustín, Arequipa.

Annandale, George W., Gregory L. Morris, y Pravin Karki. (2016). *Extending the Life of Reservoirs: Sustainable Sediment Management for Dams and Run-of-River Hydropower. Directions in Development.* Washington, DC: World Bank.

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

Asquith, W. H. (2014). Imomco|L-moments, trimmed L-moments, L-comoments, censored L-moments, and many distributions. R package version 2.1.1.

Barnes, M. A., Power, G., & Downer, R. G. H. (1984). Stress-related changes in lake whitefish (*Coregonus clupeaformis*) associated with a hydroelectric control structure. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 41(10), 1528-1533.

Bovee, K., Lamb, B., Bartholow, J., Stalnaker, C., Taylor, J., & Henriksen, J. (1998). *Stream Habitat Analysis Using IFIM. US Geological Survey Information and.*

Carlson, R. E. (1977). A trophic state index for lakes. *Limnol. Oceanogr.* 22: 361-369; Carlson, R.E. 1980. More complications in the chlorophyll-Secchi disk relationship. *Limnology and Oceanography.* 25:378-382.

Coesel, P.F.M. 1977. On the ecology of desmids and the suitability of these algae in monitoring the aquatic environment. *Hydrobiological Bulletin* 11, 20–21. <https://doi.org/10.1007/BF02282211>



Cowx, IG y Gould, RA (1989). Efectos de la regulación de los arroyos sobre el salmón del Atlántico, *Salmo salar* L., y la trucha marrón, *Salmo trutta* L., en la cuenca superior del Severn, Reino Unido. *Ríos regulados: investigación y gestión*, 3 (1), 235-245.

Crisp, DT, Mann, RHK y Cubby, PR (1983). Efectos de la regulación del río Tees sobre las poblaciones de peces debajo del embalse Cow Green. *Diario de Ecología Aplicada*, 371-386.

Custodio, V.M. y Chamané, F. Z. (2016). Análisis de la biodiversidad de macroinvertebrados bentónicos del río Cunas mediante indicadores ambientales, Junín-Perú. *Scientia Agropecuaria* 7 (1): 33-44

De la Hoz, E., Cancino, C. & Ojeda, E. 1996. Capacidades de modulación y plasticidad funcional de los mecanismos de captura de alimento en *Atherinopsinae* sudamericanos (Teleostei, Atherinidae). *Investigaciones Marinas, Valparaíso* 22: 45-65.

Dinka, M. O., Loiskandl, W., y 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>.

Domínguez, E. y Fernández, H. 2009. *Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos: Sistemática y biología*. 1era edición. Tucumán, Argentina. Fundación Miguel Lillo.

Drever, J. L. 1988. *The Geochemistry of Natural Waters: Surface and Groundwater Environments*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, Nueva Jersey, EEUU.

Dyer, B. 2000. Systematic review and biogeography of the freshwater fishes of Chile. *Estudios Oceanológicos, Chile* 19: 77-98.

Encalada, A. C., M. Rieradevall, B. Ríos, N. García y N. Prat. 2011. *Protocolo simplificado y guía de evaluación de la calidad ecológica de los ríos andinos (CERA-S)*. Quito, 86 pp.

Farnham, IM, Singh, AK, Stetzenbach, KJ, Johannesson, KH, (2002). Tratamiento de no detectados en el análisis multivariado de datos geoquímicos de aguas subterráneas: *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems* 60(1-2), 265-281.

Flórez Molina, M. T., Parra Sánchez, L. N., Bolaños Benitez, S. V., Gallo Sánchez, L. J., Poveda Sáenz, A. M., & Agudelo Echavarría, D. M. (2018). Tasas de sedimentación y características de sedimentos de fondo en tres embalses de Antioquia, Colombia. *Ingeniería del agua*, 22(4), 177-194.

FONDEPES. 2004. *Manual de Cultivo de Trucha Arco Iris en Jaulas Flotantes*. Ministerio de la Producción. 123 pág.

Fossati, O., Wasson, J., Salinas, C., Marin, R. 2001. Impact of sediment releases on water chemistry and macroinvertebrate communities in clear water Andean streams (Bolivia). *Archiv für Hydrobiologie*. 151 (1): 33-50.

Franco, DPM., Manzano, JQ., y Cuevas, AL. 2010. Métodos para identificar, diagnosticar y evaluar el grado de eutrofia. *ContactoS*, 78, 25-33.

Franssen, N. R., Davis, J. E., Ryden, D. W., y Gido, K. B. (2014). Fish community responses to mechanical removal of nonnative fishes in a large southwestern river. *Fisheries*, 39(8), 352-363.



Gutiérrez, F. de P. y Urbina, J. C. 2012. *Oncorhynchus mykiss* En: Catálogo de la biodiversidad acuática exótica y transplantada en Colombia: moluscos, crustáceos, peces, anfibios, reptiles y aves. Editado por Francisco de Paula Gutiérrez [et. al.]. 1 Ed. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Serie Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia: VI.

Herrera, J.; Rodríguez, J.; Coto, J.M.; Salgado, V. y Borbón, H. (2013). Tecnología en Marcha.

Hvidsten NA (1985) Mortalidad de salmón atlántico pre-smolt, *Salmo salar* L., y trucha marrón, *Salmo trutta* L., causada por niveles de agua fluctuantes en el río regulado Nidelva, Noruega central. *J Fish Biol* 27: 711–718.

Joly AB. 1979. Botânica: introdução à taxonomia vegetal. Cia. Editora Nacional, São Paulo. 777p

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>.

Lowe, S., Browne, M., Boudjelas, S. y De Poorter, M. 2000. 100 of the world's worst invasive alien species a selection from the Global Invasive Species Database. Published by The Invasive Species Specialist Group (ISSG) a specialist group of the Species Survival Commission (SSC) of the World Conservation Union (IUCN), 12 pp.

Magurran, A. E., 1988. Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press, New Jersey. 179 p

Moreno, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. Zaragoza, España: M&T - Manuales y Tesis SEA, Vol. 1

Merrit, R.W., Cummins, K.W. y Berg, M.B. 2008. An Introduction to the Aquatic Insects of North America (4th ed). Kendall: Hunt Publishing Company. Pp. 42-71.

Romero, D. La Torre, O. 2003. Actualización de la carta geológica nacional a escala 1:5000 (Cuadrángulo de Ayón 22-j-Cuadrante III).

Olaya, C., Soto, P. y Barrera, J. 2009. Hábitos Alimentarios de la Mayupa (*Sternopygus macrurus* Bloch y Schneider, 1801 en el río Sinú. *Rev. MVZ Córdoba* 14(3): 1787-1795.

Ortega, H., Hidalgo, M., Trevejo, G., Correa, E., Cortijo, A.M., Meza, V. & Espino, J. 2012. Lista anotada de Peces de aguas continentales del Perú: Estado actual del conocimiento, distribución, usos y aspectos de conservación. Segunda edición. Ministerio del Ambiente - Museo de Historia Natural, UNMSM. Lima. Pp. 14-16.

Ortega, H. 1992. Biogeografía de los peces neotropicales de aguas continentales del Perú. In: K.R. Young y N. Valencia (eds.), Biogeografía, ecología, y Conservación del Bosque Montano en el Perú. Memorias Museo de Historia Natural, U.N.M.S.M. 21: 39-45.

Ortiz, W. (2012). Distribución Espacio-Temporal de la comunidad de Trichoptera (Insecta) en tributarios de pequeño orden del río Rímac, Huarochiri, Lima. Tesis, Licenciado en Biología. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional Mayor de San Marcos.



Oyague, E., Vera, A., Cabrejos, L., y 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.

Passos, M.I.S., Nessimian, J.L., y Dorvillé, F.M. 2003. Life strategies in an elmid (Insecta: Coleoptera: Elmidae) community from a first order stream in the Atlantic Forest, Southeastern Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 15, 29-36.

Pérez, A.G. 2004. Evaluación de la Calidad de las Aguas de Drenaje del Sector de Riego de Tamarindo para el Manejo de Humedales en el parque Nacional Palo Verde. Tesis de Maestría, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

Ponader K.C., M.G. Potapova. 2007. Diatoms from the genus *Achnantheidium* in flowing waters of the Appalachian Mountains (North America): Ecology, distribution and taxonomic notes *Limnologica*, 37, pp. 227-241, 10.1016/j.limno.2007.01.004

Poff N.L., J.D. Allan, M.B. Bain, J.R. Karr, K.L. Prestegard, B.D. Richter, R.E. Sparks, J.C. Stromberg The natural flow regime *BioScience*, 47 (11), pp. 769-784

Pouilly, M., y 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.

Power M.E., A. Sun, G. Parker, W.E. Dietrich, J.T. 1995. Wootton Hydraulic food-chain models *BioScience*, 5 (3), pp. 159-167

Pringle C.M., M.C. Freeman, B.J. Freeman. 2000. Regional effects of hydrologic alterations on riverine macrobiota in the new world: tropical–temperate comparisons. *BioScience*, 50 (9), pp. 807-823

Reis, R. y Lima, F. 2009. *Basilichthys semotilus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2009. Downloaded on 01 March 2017.

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

Rocha, A. (1998). Introducción a la Hidráulica Fluvial. Universidad Nacional de Ingeniería. Facultad de Ingeniería Civil. Lima Perú.

Roldán G. y J.J. Ramírez. 2008. Fundamentos de limnología neotropical. Segunda edición. Editorial Universidad de Antioquia, Medellín. 440pp.

Roldán-Pérez, G. (2016). Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 40(155), 254-274.

Round, F. E., R. M. Crawford, y D. G. Mann. 1990. The diatoms. Cambridge Univ. Press.

Ryan, S.E. y Porth, L.S. (1999). A field comparison of three pressure-difference Bedload samplers. *Geomorphology*. *Geomorphology*. 307-322.

Santos, R.E., Pinto-Coelho R.M., Fonseca R., Simões N.R., & Zanchi F.B. (2018). The decline of fisheries on the Madeira River, Brazil; the high cost of the hydroelectric dams in the Amazon basin. *Fisheries Management and Ecology*, 25, 380-391



Scott, M. L., Reynolds, L. V., Shafroth, P. B., y Spence, J. R. (2018). The role of a non-native tree in riparian vegetation expansion and channel narrowing along a dryland river. *Ecohydrology*, 11(7), e1988.

Smayda, T. J. 1970. The suspension and sinking of phytoplankton in the sea. *Oceanogr. Mar. Biol.: Ann. Rev.* 8: 353–414.

Som, N.A., Goodman, D.H., Perry, R.W. y Hardy, T.B. (2015). Habitat suitability criteria via parametric distributions: Estimation, model selection and uncertainty. *River Research Application*.

Stumm, W. y J. J. Morgan. 1996. *Aquatic Chemistry*. Wiley, Nueva York, Nueva York, EEUU.

Velásquez, S. M., y Miserendino, M. L. 2003. Análisis de la materia orgánica alóctona y organización funcional de macroinvertebrados en relación con el tipo de hábitat en ríos de montaña de Patagonia. *Ecología Austral*, 13, 67-82.

Vondracek, B., y Longanecker, D. R. (1993). Habitat selection by rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* in a California stream: implications for the instream flow incremental methodology. *Ecology of Freshwater Fish*, 2(4), 173-186.

Vera, A., Oyague, E., Castañeda, L. y Quinteros Z. Hábitos alimentarios del bagre “life” *Trichomycterus punctulatus* (VALENCIENNES, 1846) (ACTINOPTERYGII, SILURIFORMES) En el río Pisco, Perú. *Ecología Aplicada*, 12(2), 2013 Presentado: 15/04/2013 ISSN 1726-2216.

Vannote R. L., G. Minshall, W., Cummins, K. W., Sedell, J. R. y Cushing, C. 1980. The river continuum concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 37: 130-137.

Vasquez, R.J.M.; Guevara, C.G.; Reinoso, F.G. 2014. Factores ambientales asociados con la preferencia de habitat de larvas de trichopteros en cuencas con bosque seco tropical (Tolima, Colombia). *Revista de Biología Tropical*, 62: 21-40

Villacorta, S.; Chira, J.; Ochoa, M.; Sánchez, M.; Pari, W. y Valencia, M. (2010). Estudio Geoambiental de la Cuenca del Río Huaura. INGEMMET. Boletín. Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, n. 41, 19 p.

Waddle, T. (2001). *PHABSIM for Windows user's manual and exercises* (No. 2001-340). US Geological Survey.

Wainwright, P.C. y Barton, R. A. 1995. Predicting patterns of prey use from morphology of fishes. *Environmental Biology of Fishes*. 44: 97 – 113.

Wantzen, K. M. y G. Rueda-Delgado. 2009. Técnicas de muestreo de macroinvertebrados bentónicos. En: E. Domínguez y H.R. Fernández (Eds). *Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos. Sistemática y biología*. Argentina: Publicaciones Especiales. Fundación Miguel Lillo. San Miguel de Tucumán, p.17-40.