

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



**INFLUENCIA DE LA ACTIVIDAD HUMANA EN LA CALIDAD DEL AGUA DEL
RÍO HUALLAGA EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO - 2024**

Tesis

Para optar el título de:

INGENIERO AMBIENTAL

PRESENTADO POR:

VILCA BENANCIO, KATERIN YELSI

Tingo María – Perú

2026



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N°038-2026-FRNR-UNAS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 15 de enero de 2026, a horas 08:00 p.m. en la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Recursos Naturales Renovables para calificar la tesis titulada:

“INFLUENCIA DE LA ACTIVIDAD HUMANA EN LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO HUALLAGA EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO-2024”

Presentado por la Bachiller: **VILCA BENANCIO, KATERIN YELSI** después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara **APROBADO** con el calificativo de **“MUY BUENA”**.

En consecuencia, la sustentante queda apto para optar el Título Profesional de **INGENIERO AMBIENTAL** que será aprobado por el Consejo de Facultad, Tramitándolo al Consejo Universitario para el otorgamiento del Título Correspondiente.

Tingo María, 10 de abril de 2026

Mchlgo. MSc. LUIS ALBERTO SÁNCHEZ ROMERO
PRESIDENTE

Ing. MSc. PATRICIA PILAR ROMERO USHUÑAHUA
MIEMBRO



MSc. OSCAR ALEXANDER ROSALES PACHAMANGO
MIEMBRO

Ing. M. Sc. ALBERTO FRANCO CERNA CUEVA
ASESOR



"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"
"Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia"

CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N 123 - 2026 - CS-RIDUNAS

El Jefe de la Unidad de Soporte Científico de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, quien suscribe,

CERTIFICA QUE:

El Trabajo de Investigación; aprobó el proceso de revisión a través del software TURNITIN, evidenciándose en el informe de originalidad un índice de similitud no mayor del 25% y contenido generado por Inteligencia Artificial menor o igual al 20%. Según establece el Art. 29° y 30° del Acuerdo Nro.017-2025-CIUNAS-VRI-UNAS.

Programa de Estudio:

Ingeniería Ambiental

Tipo de documento:

Tesis	X	Trabajo de Suficiencia Profesional	
-------	---	------------------------------------	--

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE	
		SIMILITUD	CONTENIDO GENERADO POR INTELIGENCIA ARTIFICIAL
INFLUENCIA DE LA ACTIVIDAD HUMANA EN LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO HUALLAGA EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO - 2024	VILCA BENANCIO, KATERIN YELSI	08 % Ocho	Menor a 20 %

Tingo María, 17 de abril de 2026.


UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
UNIDAD DE SOPORTE CIENTÍFICO
ING. EINSTEIN A. ORTIZ MORALES
JEFE

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



**INFLUENCIA DE LA ACTIVIDAD HUMANA EN LA CALIDAD DEL AGUA DEL
RÍO HUALLAGA EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO, 2024**

Autor : Bach. Katerin Yelsi Vilca Benancio

Asesor (es) : Ing. M. Sc. Alberto Franco Cerna Cueva

Área de investigación : Gestión Ambiental - PICSDS

Grupo de investigación : Gestión Ambiental

Línea de investigación : Gestión de la contaminación

Eje temático : Calidad Ambiental

Lugar de ejecución : Ciudad de Huánuco

Duración del trabajo : 06 meses

Financiamiento : Propio

Monto : S/. 9691.00

Tingo María – Perú

2026

DEDICATORIA

A DIOS, por estar conmigo en cada paso que doy y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante el periodo de estudio.

A mis padres, Antonio Vilca Santillán y Sebastiana Benancio Alejo, por su amor incondicional, sacrificio y constante apoyo en cada etapa de mi vida académica y personal. Su ejemplo ha sido mi mayor inspiración.

A mis hermanos, por ser los pilares de mayor soporte en mi familia, por su cariño, su paciencia y por acompañarme con una sonrisa sincera en cada etapa de mi vida. Su apoyo ha sido una fuente constante de fortaleza emocional y alegría.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por guiarme por el camino de la sabiduría, por ayudarme y permitirme cumplir mis objetivos planteados, y sobre todo por rodearme de personas virtuosas y de buenos valores.

Agradezco profundamente a la Universidad Nacional Agraria de la Selva por permitirme desarrollar esta investigación y por la formación brindada a lo largo de mi carrera profesional.

Expreso mi gratitud a mi asesor Ing. M.Sc. Alberto Franco Cerna Cueva, por su guía, paciencia y compromiso en cada etapa del proceso de tesis, asimismo, a los honorables miembros del jurado, gracias por su tiempo y dedicación durante este proceso. Agradezco profundamente su profesionalismo, su experiencia y conocimientos.

Asimismo, extiendo mi reconocimiento al ALA Alto Huallaga – ANA, por su valioso apoyo en la ejecución del estudio y la disposición para facilitar la información necesaria para el desarrollo del presente trabajo.

ÍNDICE GENERAL

	Página
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivos	2
1.1.1. Objetivo general.....	2
1.1.2. Objetivos específicos	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Antecedentes	3
2.1.1. Antecedentes internacionales	3
2.1.2. Antecedentes nacionales	4
2.1.3. Antecedentes locales	7
2.2. Marco teórico	9
2.2.1. Actividad humana	9
2.2.2. Impacto ambiental.....	9
2.2.3. Calidad de agua.....	10
2.2.4. Monitoreo de la calidad del agua.....	10
2.2.5. Índice de calidad de Agua – ICA.....	11
2.2.6. Parámetros evaluados para determinar la calidad del agua en la categoría 3 – Riego de vegetales y bebida de animales.....	12
2.2.7. Contaminación del agua.....	15
2.2.8. Registro Único de Procesos de Adecuación Progresiva (RUPAP).....	18
2.2.9. Estándares de calidad ambiental.....	18
2.3. Marco conceptual.....	19
2.3.1. Agua.....	19
2.3.2. Río	20
2.3.3. Contaminación ambiental.....	20
III. MATERIALES Y MÉTODOS	21
3.1. Lugar de ejecución.....	21
3.1.1. Ubicación geográfica de la zona de estudio.....	21
3.1.2. Ubicación política de la zona de estudio.....	21
3.1.3. Ubicación Hidrográfica	21
3.1.4. Características generales de la zona	23
3.2. Materiales y equipos	26
3.2.1. Materiales.....	26

3.2.2. Equipos	26
3.2.3. Programas de computación	26
3.3. Criterios y análisis del estudio	26
3.3.1. Nivel de investigación.....	26
3.3.2. Método de investigación	26
3.3.3. Operacionalización de variables.....	27
3.3.4. Diseño de investigación	30
3.3.5. Población y muestra	30
3.3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	30
3.3.7. Selección, confiabilidad y validación de los instrumentos de investigación	31
3.3.8. Análisis de datos	31
3.4. Metodología	31
3.4.1. Delimitación espacial y temporal del área de estudio	31
3.4.2. Identificación de las principales actividades humanas que alteran la calidad del agua del río Huallaga	33
3.4.3. Caracterización y comparación de los parámetros fisicoquímicos y biológicos con respecto a los estándares de calidad ambiental.....	33
3.4.4. Determinación de los valores de índices de Calidad Ambiental.	38
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	41
4.1. Identificación de la actividad humana que alteran la calidad del río Huallaga en la ciudad de Huánuco, 2024.....	41
4.1.1. Reconocimiento de campo al área de estudio	41
4.1.2. Descripción de las características del río Huallaga.....	41
4.1.3. Actividades humanas dentro del tramo de estudio.....	42
4.1.4. Inventario de los puntos RUPAP dentro del tramo de estudio	46
4.1.5. Inventario de los puntos de vertimiento de aguas residuales e industriales no autorizados	48
4.2. Caracterización y comparación de parámetros fisicoquímicos y biológicos con respecto a los estándares de calidad ambiental.	52
4.3. Determinación de los índices de calidad ambiental del río Huallaga en la ciudad de Huánuco, 2020– 2024.	128
V. CONCLUSIONES	136
VI. PROPUESTA A FURURO.....	137
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	138

VIII. ANEXOS	144
8.1. Matriz, formatos y fichas de campo.....	144
8.2. Mapas.....	152
8.3. Panel fotográfico de actividades de campo,.....	153
8.3.1. Primera toma de muestras de agua - repetición N°1	153
8.3.2. Segunda toma de muestras de agua - repetición N°2.....	160
8.3.3. Tercera toma de muestras de agua – repetición N° 3.....	167
8.4. Panel fotográfico de actividades antrópicas.....	171
8.4.1. Vertimientos de agua residual	171
8.4.2. Lavadero de carros cercanos al río Huallaga	177
8.5. Informes de laboratorio	188

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1. Categorías de los Estándares de Calidad Ambiental-Agua	19
2. Matriz de operacionalización de variables	28
3. Categoría 3 y 4: Riego de vegetales y bebida de animales – conservación del ambiente acuático.....	37
4. Interpretación de la calificación ICA - PE	39
5. Coordenadas UTM de Vertimientos de Agua Residual	42
6. Coordenadas UTM de lavaderos que descargan directamente sus aguas al río Huallaga.	43
7. Coordenadas UTM de lavaderos que se encuentran dispersos.....	43
8. Coordenadas UTM de las Zonas de Extracción No Autorizadas	45
9. Coordenadas UTM de las Zonas de Extracción Autorizadas.....	45
10. Puntos RUPAP al largo del río Huallaga en el Ámbito de la ALA Alto Huallaga.	47
11. Inventario de aguas residuales domésticas e industriales no autorizados	50
12. Puntos de muestreo.....	52
13. Datos obtenidos por el multiparámetro	54
14. Análisis químico y microbiológico de las muestras de agua.....	60
15. Datos resumen de medición de puntos de muestreo RHual 1, RHual 2 y RHual 3 con 3 repeticiones del 2024.....	63
16. Valores ICA-PE respecto a las Categorías 3 y 4 del ECA.	128
17. Calificación cualitativa de valores ICA-PE obtenidos del 2020-2024.....	131
18. Análisis de varianza (ICA-PE)	132
19. Categoría Tukey (HSD) Análisis de las diferencias entre las categorías con un intervalo de confianza de 95% (ICA-PE).....	133
20. Matriz de consistencia	144
21. Técnicas e instrumento de medición.	145
22. Formato De Verificación De Materiales Para Puntos De Muestreo.....	146

23. Formato de verificación de materiales para toma de muestras de campo.	147
24. Formato de verificación de materiales de primeros auxilios.	148
25. Ficha de identificación de puntos de muestreo.	149
26. Ficha de toma de muestras.	150

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Mapa de ubicación política y geográfica del lugar de estudio	21
2. Área de estudio - Ubicación Hidrográfica.....	22
3. Nivel de temperatura en los puntos de muestreo.....	56
4. Nivel de pH en los puntos de muestreo	57
5. Nivel de oxígeno disuelto en los puntos de muestreo	58
6. Nivel de conductividad eléctrica en los puntos de muestreo.....	59
7. Variación de la Temperatura según el ECA	67
8. Variación de la Conductividad Eléctrica según el ECA.....	69
9. Variación del pH según el ECA	70
10. Variación del Oxígeno Disuelto según el ECA.....	72
11. Variación de los Sólidos suspendidos totales según el ECA.....	74
12. Variación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno 5 según el ECA.....	76
13. Variación de la Demanda Química de Oxígeno según el ECA.....	77
14. Variación del Nitrógeno Total según el ECA	79
15. Variación del Fósforo Total según el ECA	81
16. Variación del Antimonio total según el ECA.....	82
17. Variación del Aluminio total según el ECA.....	84
18. Variación del Arsénico total según el ECA.....	86
19. Variación del Berilio total según el ECA	87
20. Variación del Boro total según el ECA	89
21. Variación del Promedio de la Bario total según el ECA	90
22. Variación del Cadmio total según el ECA	92
23. Variación del Cromo total según el ECA	93
24. Variación del Litio total según el ECA	95

25. Variación del Cobre total según el ECA	97
26. Variación del Hierro total según el ECA.....	98
27. Variación del Magnesio total según el ECA	100
28. Variación del Manganeso Total según el ECA	101
29. Variación del Mercurio total según el ECA	103
30. Variación del Níquel total según el ECA	105
31. Variación del Plomo según el ECA.....	106
32. Variación del Selenio total según el ECA	108
33. Variación del Zinc total según el ECA.....	109
34. Variación del Talio total según el ECA.....	111
35. Variación del Detergente SAAM según el ECA	112
36. Variación de Aceites y Grasas según ECA	114
37. Variación de Cloruros según el ECA	115
38. Variación de Fluoruros según el ECA.....	117
39. Variación de Nitratos según el ECA	118
40. Variación de Nitritos según el ECA	120
41. Variación de Sulfatos según el ECA	121
42. Variación de Coliformes Termotolerantes según el ECA	123
43. Variación de Escherichia Coli según el ECA.....	125
44. Valores ICA-PE del 2022-2024 según Categorías 3 y 4.	130
45. Mapa de ubicación de los puntos de monitoreo.	152
46. Mapa de ubicación de los puntos de contaminación en la zona de muestreo.....	152
47. Mapa de ubicación de los puntos de contaminación directos que van al río Huallaga en la zona de muestreo	153
48. Recolección demuestras primer monitoreo de agosto del 2024.	153
49. Identificación del punto de monitoreo para la recolección de muestras.	154

50. Multiparámetro utilizado en el primer monitoreo de agosto del 2024.	154
51. Recolección de muestras primer monitoreo de agosto del 2024.	155
52. Medición de parámetros In situ del primer monitoreo de agosto del 2024.	155
53. Acondicionamiento de muestras del primer monitoreo de agosto del 2024 para envío al laboratorio.	156
54. Preservación de muestras primer monitoreo de agosto del 2024.	156
55. Recolección de muestras primer monitoreo de agosto del 2024.	157
56. Recolección de muestras primer monitoreo de agosto del 2024.	157
57. Recolección de muestras primer monitoreo de agosto del 2024.	158
58. Rotulación de muestras recolectadas del monitoreo de agosto del 2024.	158
59. Rotulación de los envases antes de recolectar las muestras.	159
60. Rotulación de envases para toma de muestras.	159
61. Punto de monitoreo RHual 1.	160
62. Recolección de muestras segundo monitoreo del mes de septiembre del 2024.	160
63. Medición de parámetros In situ segundo monitoreo del mes de septiembre del 2024.	161
64. Medición de parámetros In situ segundo monitoreo del mes de septiembre del 2024.	161
65. Recolección de muestras segundo monitoreo Septiembre del 2024.	162
66. Recolección de muestras segundo monitoreo Septiembre del 2024.	162
67. Almacenamiento de muestras recolectadas.	163
68. Cadena de custodia para monitoreo de agua.	163
69. Acondicionamiento de muestras segundo monitoreo Septiembre del 2024 para envío al laboratorio.	164
70. Identificación del punto de muestreo para el segundo monitoreo en Setiembre del 2024.	164
71. Recolección de muestras segundo monitoreo Septiembre del 2024.	165
72. Recolección de muestras segundo monitoreo Septiembre del 2024.	165
73. Recolección de muestras segundo monitoreo Septiembre del 2024.	166

74. Medición de parámetros In situ segundo monitoreo Setiembre del 2024.	166
75. Identificación del punto de muestro para el tercer monitoreo Octubre del 2024.	167
76. Recolección de muestras tercer monitoreo Octubre del 2024.	167
77. Recolección de muestras tercer monitoreo Octubre del 2024.	168
78. Recolección de muestras tercer monitoreo Octubre del 2024.	168
79. Recolección de muestras tercer monitoreo Octubre del 2024.	169
80. Recolección de muestras tercer monitoreo Octubre del 2024.	169
81. Recolección de muestras tercer monitoreo Octubre del 2024.	170
82. Medición de parámetros In Situ tercer monitoreo 2024.	170
83. Punto de vertimiento no autorizado.	171
84. Punto de vertimiento no autorizado.	171
85. Punto de vertimiento.	172
86. Punto de vertimiento.	172
87. Punto de vertimiento.	173
88. Punto de vertimiento.	173
89. Punto de vertimiento.	174
90. Punto de vertimiento.	174
91. Punto de vertimiento.	175
92. Punto de vertimiento.	175
93. Punto de vertimiento.	176
94. Punto de vertimiento.	176
95. Lavadero cercano al punto de vertimiento RHual 2.	177
96. Lavadero cercano al punto de vertimiento RHual 2.	177
97. Lavadero cercano al punto de vertimiento RHual 2.	178
98. Lavadero cercano al río Huallaga – puente Huallaga.	178
99. Lavadero cercano al río Huallaga – puente Huallaga.	179

100.Lavadero cercano al río Huallaga – puente Huallaga.....	179
101.Lavadero cercano al río Huallaga – puente Huallaga.....	180
102.Lavadero cercano al río Huallaga – puente Huallaga.....	180
103.Lavadero cercano al río Huallaga – puente Huallaga.....	181
104.ICA / Coeficientes estandarizados (Interv. de conf. 95%).....	181
105.ICA / Residuos estandarizados.....	182
106.Pred (ICA) / Residuos estandarizados.....	183
107.Pred (ICA)-ICA.....	183
108.Residuos estandarizados /ICA.....	184
109.Residuos eliminados studentizados (ICA) - Umbral = 3.....	184
110.Distancias de Cook (ICA) - Umbral = 0.667.....	185
111.DFFits(Std) (ICA) - Umbral = 1.155.....	185
112.Medias (ICA) - Categoría.....	186
113.Medias (ICA) - Categoría.....	186
114.Grupos vs. Media estimada DEMSAR.....	187
115.Grupos vs. Media estimada DEMSAR.....	187
116.Informe de Ensayo Monitoreo de Agosto del 2024.	188
117.Informe de Ensayo Monitoreo de Agosto del 2024.	189
118.Informe de Ensayo Monitoreo de Agosto del 2024.	190
119.Informe de Ensayo Monitoreo de Agosto del 2024.	191
120.Informe de Ensayo Monitoreo de Agosto del 2024.	192
121.Informe de Ensayo Monitoreo de Agosto del 2024.	193
122.Informe de Ensayo Monitoreo de Septiembre del 2024.....	194
123.Informe de Ensayo Monitoreo de Septiembre del 2024.....	195
124.Informe de Ensayo Monitoreo de Septiembre del 2024.....	196
125.Informe de Ensayo Monitoreo de Septiembre del 2024.....	197

126.Informe de Ensayo Monitoreo de Septiembre del 2024.....	198
127.Informe de Ensayo Monitoreo de Septiembre del 2024.....	199
128.Informe de Ensayo Monitoreo de Septiembre del 2024.....	200
129.Informe de Ensayo Monitoreo de Octubre del 2024.	201
130.Informe de Ensayo Monitoreo de Octubre del 2024.	202
131.Informe de Ensayo Monitoreo de Octubre del 2024.	203
132.Informe de Ensayo Monitoreo de Octubre del 2024.	204
133.Informe de Ensayo Monitoreo de Octubre del 2024.	205
134.Informe de Ensayo Monitoreo de Octubre del 2024.	206
135.Informe de Ensayo Monitoreo de Octubre del 2024.	207

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la influencia de la actividad humana en la calidad del agua del río Huallaga, en el tramo urbano de la ciudad de Huánuco, durante el periodo de estiaje de 2024, mediante un diseño no experimental transversal de nivel explicativo. El estudio se desarrolló en tres fases: identificación de las principales actividades antrópicas, análisis de parámetros fisicoquímicos y biológicos del agua y aplicación del Índice de Calidad del Agua Peruano (ICA-PE), realizándose muestreos en tres puntos de monitoreo (RHual 1, RHual 2 y RHual 3) entre los meses de agosto y octubre. Al comparar los resultados obtenidos con los Estándares de Calidad Ambiental para Agua (ECA-Agua, Categoría 3), se evidenció que los indicadores de contaminación orgánica y fecal se mantuvieron mayoritariamente dentro de los límites permisibles, con valores de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) menores a 2.6 mg/L y concentraciones de coliformes termotolerantes muy por debajo del valor máximo establecido; sin embargo, se registraron superaciones en parámetros inorgánicos como fluoruros, fósforo total y metales pesados, destacando el hierro total con concentraciones de hasta 9.61 mg/L y el plomo con valores de hasta 0.0578 mg/L, además de la presencia de zinc, asociadas principalmente a vertimientos domésticos e institucionales, lavaderos informales, descargas urbanas y extracciones de agua autorizadas y no autorizadas identificadas en el área de estudio. Si bien la aplicación del ICA-PE permitió clasificar la calidad del agua como “excelente” para riego y bebida de animales y “buena” para conservación ecológica, este índice no reflejó plenamente las alteraciones puntuales detectadas, lo que evidencia que la presión antrópica altera significativamente la hidroquímica del río Huallaga, compromete su aptitud de uso y el equilibrio ecológico, concluyéndose la necesidad de fortalecer el monitoreo continuo, el control de vertimientos ilegales, la mejora de la infraestructura sanitaria y la educación ambiental en el ámbito urbano de Huánuco.

Palabras clave: calidad del agua, metales pesados, río Huallaga, DBO₅, estándares de Calidad Ambiental (ECA).

ABSTRACT

This research aimed to evaluate the influence of human activity on the water quality of the Huallaga River in the urban section of Huánuco during the 2024 low-flow period. A non-experimental, cross-sectional, explanatory design was applied, structured in three phases: identification of anthropogenic activities, analysis of physicochemical and biological water parameters, and application of the Peruvian Water Quality Index (ICA-PE). Sampling was conducted at three monitoring points (RHual 1, RHual 2, and RHual 3) between August and October 2024. Comparison of the results with the Environmental Quality Standards for Water (ECA-Water, Category 3) showed that organic and fecal contamination indicators largely remained within permissible limits, with biochemical oxygen demand (BOD₅) values below 2.6 mg/L and thermotolerant coliform concentrations well below the maximum allowable value. However, exceedances were identified in inorganic parameters such as fluorides, total phosphorus, and heavy metals, particularly total iron with concentrations up to 9.61 mg/L and lead up to 0.0578 mg/L, in addition to the presence of zinc. These exceedances were mainly associated with domestic and institutional discharges, informal car wash activities, urban runoff, and both authorized and unauthorized water abstractions within the study area. Although the ICA-PE classified the water quality as “excellent” for irrigation and livestock consumption and “good” for ecological conservation, this index did not fully reflect localized alterations, indicating that anthropogenic pressure significantly alters the hydrochemistry of the Huallaga River, compromises its suitability for use, and affects ecological balance. Therefore, the study highlights the need to strengthen continuous monitoring, control illegal discharges, improve sanitation infrastructure, and promote environmental education in the urban area of Huánuco.

Keywords: water quality, heavy metals, Huallaga River, BOD₅, Environmental Quality Standards (ECA).

I. INTRODUCCIÓN

La contaminación de los recursos hídricos constituye uno de los problemas ambientales más urgentes a nivel global, siendo producto del crecimiento demográfico, la industrialización y las actividades humanas que generan residuos sólidos, vertimiento de aguas residuales y emisiones contaminantes a la atmósfera (UNESCO, 2018). Estos impactos han sobrepasado la capacidad de recuperación natural de los ecosistemas, afectando la calidad y disponibilidad de un recurso esencial para la vida, ya que el agua representa aproximadamente el 70% de la composición del cuerpo humano, y pérdidas significativas de este recurso pueden comprometer gravemente la salud.

El acceso al agua potable segura ha sido reconocido como un derecho humano fundamental, sin embargo, en muchas regiones, especialmente en países de ingresos bajos y medios, su calidad se ve amenazada por deficiencias en el tratamiento de aguas residuales, inadecuada disposición de residuos sólidos y pasivos ambientales (UNESCO, 2018). En el contexto peruano, la situación es particularmente preocupante debido a la abundancia de fuentes hídricas y a la vez a la creciente presión sobre ellas. El país se encuentra entre las 20 naciones con mayores reservas de agua dulce del mundo, provenientes de glaciares, ríos, lagos y acuíferos, pero su distribución espacial es desigual y en varias cuencas la calidad es crítica. En regiones como Huánuco, las actividades humanas entre ellas la agricultura, la ganadería, la acuicultura y el vertimiento directo de desagües ejercen una fuerte presión sobre el río Huallaga, fuente esencial para riego, consumo animal y producción pesquera (Arcos et al., 2005). La falta de infraestructura para el tratamiento de aguas residuales y disposición final de residuos sólidos por parte de autoridades locales y empresas prestadoras de servicios agrava el problema, generando la descarga directa de efluentes al río, con impactos sobre la biodiversidad y la salud pública.

La contaminación del río Huallaga no solo compromete las actividades económicas que dependen de él, sino que también amenaza la calidad de vida de las poblaciones ribereñas. Estudios han señalado que la presencia de coliformes, patógenos y contaminantes químicos en aguas superficiales es indicativa de vertimientos recientes y de la degradación de los cuerpos de agua, lo que se asocia a enfermedades como diarrea, fiebre tifoidea, hepatitis y disentería. En este escenario, el uso del Índice de Calidad de Agua (ICA) se presenta como una herramienta efectiva y de rápida aplicación para evaluar la vulnerabilidad y el grado de contaminación de los recursos hídricos. En esta situación, la presente investigación tiene como problema de

investigación ¿De qué manera influye la actividad humana en la calidad del agua del río Huallaga en la ciudad de Huánuco, 2024? Para ello, se empleó el ICA como parámetro de referencia, con el fin de generar información que pueda aportar a la toma de decisiones por parte de autoridades locales, regionales y nacionales, promueva acciones de mitigación y sirva como base para futuros estudios orientados a la protección y gestión sostenible del recurso hídrico.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo general

Determinar la influencia de la actividad humana en la calidad del agua del Río Huallaga en la ciudad de Huánuco, 2024

1.1.2. Objetivos específicos

Identificar las principales actividades humanas que alteran la calidad del agua del río Huallaga

Caracterizar y comparar el resultado del análisis los parámetros fisicoquímicos (temperatura, SST, conductividad eléctrica, pH, oxígeno disuelto, DBO₅, DQO, nitrógeno total, fósforo total, metales totales, detergente SAAM, aceites y grasas, aniones) y biológicos (Coliforme termotolerantes y Escherichia coli) del río Huallaga en la ciudad de Huánuco con respecto a los Estándares de Calidad Ambiental vigente.

Determinar la Calidad del agua del río Huallaga en la ciudad de Huánuco, 2020– 2024.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes internacionales

Nyagongo et al. (2024), en su artículo “Evaluación del impacto de las actividades humanas en el estado de salud de la cuenca del río Lukosi utilizando parámetros fisicoquímicos seleccionados como indicadores de la calidad del agua”, plantearon como objetivo principal determinar cómo distintas actividades humanas (agricultura, ganadería, minería de arena y producción artesanal de ladrillos) afectan la calidad del agua de la cuenca del río Lukosi, en Tanzania. Utilizaron un enfoque cuantitativo comparativo: se tomaron muestras en tres estaciones de la cuenca, se midieron parámetros como pH, conductividad, BOD, TDS, nitratos, metales y turbidez, y se calculó el WQI para evaluar la calidad del agua. Los resultados revelaron índices de WQI extremadamente altos (300-763), indicando que el agua no era apta ni para uso doméstico ni para vida acuática. Las actividades humanas identificadas contribuyeron directamente a estos niveles elevados. Los autores concluyeron que la cuenca se encuentra en condición hídrica grave y recomendaron medidas de monitoreo continuo, recuperación de ribera y educación comunitaria.

García Ávila et al. (2022), en su estudio “Evaluación del impacto de las actividades antrópicas en la calidad del agua superficial utilizando un índice de calidad del agua y una evaluación ambiental”, tuvieron como objetivo principal evaluar el efecto de actividades humanas (como operación de campamento hidroeléctrico, talleres mecánicos y vertidos) sobre la calidad del agua de cuatro quebradas en un campamento en Ecuador. La metodología fue cuantitativa-descriptiva con evaluación ambiental integrada: se identificaron actividades humanas locales, se recolectaron muestras en dos estaciones por quebrada (antes y después del campamento), y se midieron 17 parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, junto con el Índice de Calidad del Agua y el índice de Montoya. Los resultados mostraron un deterioro moderado en tres quebradas (“aceptable” a “ligeramente contaminada”) y “contaminada” en una, donde el WQI descendió tras el paso por el campamento. La diferencia en la calidad fue significativa en una quebrada, lo que refleja la influencia del campamento. Se concluyó que las actividades humanas locales alteran directamente la calidad hídrica, y que los índices compuestos son útiles para detectar estos cambios.

Yuan et al. (2019), en su estudio “La urbanización impacta en las características fisicoquímicas y en la abundancia de marcadores fecales y patógenos bacterianos en el agua superficial” tuvieron como objetivo evaluar los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en los canales de Suzhou a lo largo de un gradiente de intensificación urbana, debido a que en China la urbanización ocurre a ritmo acelerado en donde se evaluó su impacto en las características fisicoquímicas y la carga microbiana en canales de Suzhou, una ciudad que ha experimentado una rápida urbanización en las últimas décadas. Se seleccionaron nueve puntos de muestreo que cubrían tres clases de intensidad urbana (alta, media y baja) en Suzhou. Se recolectaron muestras de agua para análisis fisicoquímicos, microbiológicos y moleculares. En comparación con los sitios de urbanización media y baja, se encontraron niveles significativamente más altos de nutrientes y de coliformes totales y termotolerantes (o coliformes fecales) en los lugares altamente urbanizados. Estos resultados se relacionaron con el tipo de suelo y las actividades humanas en los sitios de muestreo indicando de esta forma que la urbanización impacta negativamente en la calidad del agua, proporcionando altos niveles de nutrientes y cargas microbiana que incluyen marcadores fecales y patógenos.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Salazar (2020) realizó “Evaluación del impacto de las aguas residuales sobre la calidad del agua del río Tarma en el periodo 2015-2019, con el objetivo de evaluar el impacto de las aguas residuales sobre la calidad del agua del río Tarma”, por ello se realizó un análisis de los parámetros físicos, químicos y biológicos a lo largo de un periodo de tiempo, evaluando los más representativos a través de monitoreos llevados a cabo en el río Tarma donde se tomaron 4 puntos de monitoreo. La primera etapa del trabajo fue identificar las principales fuentes de contaminación, la segunda etapa fue realizar el monitoreo de aguas residuales con datos obtenidos de los informes de monitoreo de la ALA-Tarma se compararon con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA-Agua) de categoría 3. Luego, se llevó a cabo un análisis de la evolución de los parámetros durante el periodo de 2015 a 2019, donde se realizó un análisis estadístico que identificó los puntos más críticos de contaminación del río Tarma.

Villanueva Alvarado, Muñoz López y López Oré (2023) desarrollaron un estudio en el río Chacapalca, Huancavelica, titulado “Evaluación de la concentración de metales pesados en aguas superficiales del río Chacapalca para fines de riego”, cuyo objetivo fue determinar si la calidad del agua cumplía con los Estándares de Calidad Ambiental para Agua (ECA-Agua) en la categoría de riego agrícola. La investigación empleó un enfoque cuantitativo

con diseño descriptivo no experimental, recolectando muestras en diferentes puntos del cauce durante la temporada seca y húmeda para analizar plomo, cadmio, arsénico, zinc y cobre. Los resultados mostraron que, aunque algunos metales como el zinc y el cobre permanecieron dentro de los límites normativos, otros como el plomo y el cadmio presentaron superaciones en sectores influenciados por la minería y descargas domésticas, evidenciando un riesgo para la agricultura y los ecosistemas acuáticos. Los autores concluyeron que la presión antrópica, principalmente por actividades mineras y la falta de tratamiento de aguas residuales, contribuye a la presencia de metales pesados en aguas superficiales, recomendando un monitoreo continuo y medidas de mitigación. Perú, 2023.

Ortega Quispe et al. (2025) tuvieron como objetivo evaluar el impacto de los vertimientos domésticos sin tratamiento sobre la carga orgánica y la presencia de coliformes termotolerantes en el río Ichu, ubicado en la sierra central del Perú. La metodología consistió en un diseño comparativo de campo con muestreos aguas arriba y aguas abajo de los puntos de descarga, midiendo parámetros como la demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5), la demanda química de oxígeno (DQO), coliformes termotolerantes y aceites y grasas. Los resultados evidenciaron incrementos significativos de la carga orgánica y coliformes en los puntos aguas abajo, superando los límites establecidos por los estándares de calidad ambiental, mientras que aguas arriba se mantuvieron valores más estables. Se concluyó que la ausencia de infraestructura de tratamiento de aguas residuales contribuye a la degradación de la calidad del recurso hídrico, generando riesgos tanto para la salud humana como para el ecosistema fluvial. Este estudio refuerza la importancia de implementar sistemas de saneamiento en comunidades altoandinas.

Condori Huamán y Córdova Huamán (2024) desarrollaron un estudio cuyo objetivo fue evaluar la calidad del agua del río San Juan de Pillo en el distrito de Acraquia, Tayacaja, mediante la determinación de parámetros fisicoquímicos contrastados con los Estándares de Calidad Ambiental para Agua (ECA-Agua), categorías 3 (riego de vegetales y bebida de animales) y 4 (conservación del ambiente acuático). La metodología aplicada fue descriptiva y no experimental, con muestreos en diferentes puntos del río durante la temporada de estiaje. Se analizaron parámetros como pH, temperatura, conductividad, oxígeno disuelto, turbidez, nitratos y fosfatos. Los resultados mostraron que, en general, la mayoría de los parámetros se encontraron dentro de los límites permitidos, sin embargo, la turbidez y los fosfatos presentaron excedencias en zonas próximas a áreas agrícolas y de asentamiento

humano. Los autores concluyeron que el río mantiene condiciones aceptables para riego agrícola y conservación ambiental, aunque la presión antrópica asociada a la agricultura y vertimientos domésticos representa un riesgo latente de deterioro progresivo de la calidad del recurso.

Custodio et al. (2024) realizaron un estudio en sistemas lóticos de la región central del Perú con el objetivo de evaluar el riesgo ecológico potencial derivado de la presencia de metales pesados en sedimentos superficiales. La metodología empleada incluyó muestreos en diferentes puntos de ríos y quebradas, con análisis de laboratorio de concentraciones de antimonio (Sb), plomo (Pb), cadmio (Cd), zinc (Zn), arsénico (As) y otros metales, además de la aplicación de índices de riesgo ecológico para determinar su impacto potencial en la biota acuática. Los resultados mostraron que, aunque algunos metales se encontraban en concentraciones bajas, otros como cadmio y plomo presentaron valores elevados en zonas específicas, representando un riesgo potencial para la calidad ecológica. El estudio concluyó que la acumulación de metales en sedimentos, incluso en bajas concentraciones, puede comprometer la salud de los ecosistemas acuáticos si no se implementan estrategias de monitoreo y mitigación adecuadas.

Guerrero Padilla y Cabrera Carranza (2021) llevaron a cabo una investigación orientada a determinar la calidad del agua destinada a uso agrícola en la cuenca media del río Jequetepeque, Perú, con el fin de evaluar su aptitud para riego de vegetales y bebida de animales en base a los Estándares de Calidad Ambiental para Agua (ECA-Agua). Para ello aplicaron un diseño de muestreo en diferentes puntos de la cuenca y analizaron parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de alta relevancia, tales como pH, conductividad eléctrica, sólidos suspendidos totales, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno, coliformes termotolerantes y metales pesados como plomo y cadmio. Los resultados mostraron que, si bien en varios tramos del río los valores de pH, oxígeno disuelto y conductividad se encontraban dentro de los límites normativos, se registraron superaciones críticas en coliformes termotolerantes y en metales pesados, en especial plomo y cadmio. Los autores atribuyeron estas excedencias a las descargas de aguas residuales domésticas sin tratamiento provenientes de centros poblados cercanos, así como al arrastre de fertilizantes y plaguicidas aplicados en áreas agrícolas ribereñas. Esta situación genera un riesgo considerable para la inocuidad de los cultivos irrigados y para la salud animal, dado que el agua destinada a bebida presentó valores fuera del rango permitido. Asimismo, advirtieron que la combinación de descargas urbanas y prácticas agrícolas intensivas

incrementa la presión sobre el recurso, comprometiendo la sostenibilidad de los sistemas productivos locales. Entre las conclusiones, los investigadores señalaron que, aunque el agua del río mantiene condiciones aceptables para el riego en determinados sectores, la persistencia de contaminantes microbiológicos y metálicos representa una amenaza latente para la seguridad alimentaria y la salud pública. Finalmente, recomendaron fortalecer los programas de monitoreo continuo de la calidad del agua, implementar sistemas de tratamiento para reducir los vertimientos y regular el uso de insumos agrícolas, de modo que se garantice la sostenibilidad ambiental y productiva de la cuenca.

2.1.3. Antecedentes locales

Aguilar (2023), en su tesis de maestría titulada “La descarga de aguas servidas y su alteración de la calidad de agua de la fuente hídrica del río Huallaga”, planteó como objetivo principal determinar si las descargas finales de aguas residuales domiciliarias generan una alteración significativa en la calidad del agua del río Huallaga en su tramo urbano dentro de la ciudad de Huánuco. La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, con diseño explicativo y correlacional. Se establecieron tres puntos de muestreo representativos: aguas arriba, en la zona de vertimiento, y aguas abajo, evaluando la variación en los parámetros de calidad del agua a lo largo del tramo intervenido. Para el análisis, se consideraron indicadores físicos-químicos como color, turbidez, conductividad, oxígeno disuelto y demanda bioquímica de oxígeno (DBO), así como el conteo microbiológico de coliformes termotolerantes. Los resultados mostraron que las tres muestras presentaban cargas bacteriológicas elevadas (385, 480 y 400 NMP/100 ml, respectivamente), valores de DBO superiores a lo establecido por el ECA-Agua categoría E2 (para conservación del ambiente acuático), y una significativa alteración en la turbidez y sólidos suspendidos, especialmente en el punto de descarga directa. Con base en estos hallazgos, el autor concluyó que existe una influencia negativa comprobada de las aguas servidas sobre la calidad del río, siendo el componente microbiológico el más afectado. Se recomendó como medida prioritaria la implementación de sistemas de tratamiento primario y secundario, así como programas de sensibilización ambiental orientados a la población urbana. Este antecedente resulta clave para la presente investigación, ya que proporciona evidencia empírica actual sobre el impacto directo de los vertimientos domésticos en un tramo del río Huallaga, coincidente geográficamente con el área de estudio de esta tesis.

Oré et al. (2022), en su artículo titulado “Calidad ambiental del agua del río Bella y Supte Chico – Huánuco”, realizaron una investigación con el objetivo de evaluar el

estado de la calidad ambiental del agua en dos ríos menores de la región Huánuco, aplicando el Índice de Calidad del Agua Peruano (ICA-PE). El estudio tuvo un enfoque cuantitativo y descriptivo, con diseño no experimental, en el que se seleccionaron tres puntos de muestreo por río (tramos alto, medio y bajo). Las muestras fueron recolectadas in situ y analizadas en laboratorio para obtener datos sobre oxígeno disuelto (OD), demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), sólidos suspendidos totales (SST), pH, metales como cadmio (Cd) y plomo (Pb), y parámetros microbiológicos como coliformes termotolerantes y *Escherichia coli*. Los resultados mostraron un deterioro progresivo de la calidad del agua hacia los tramos bajos, asociado principalmente al incremento de vertimientos domiciliarios, actividades ganaderas sin control y acumulación de residuos sólidos en las riberas. En algunos puntos, el ICA-PE clasificó la calidad del agua como “mala”, especialmente en la época seca. Los autores concluyeron que el ICA-PE es una herramienta eficaz para diagnosticar la calidad del agua de manera integrada y que es urgente la intervención en las microcuencas afectadas por presión urbana. Este estudio resulta de gran valor para la tesis actual, pues no solo aplica la misma metodología en ríos con características similares al Huallaga, sino que también evidencia cómo la calidad se degrada con el avance de la urbanización.

Cerna et al. (2022), en su estudio titulado “Calidad de agua para riego en la cuenca Huallaga, Perú”, tuvieron como objetivo evaluar el estado de la calidad del agua superficial con fines de riego en distintos tramos de la cuenca del río Huallaga. Para ello, aplicaron el índice CCME-WQI a 139 puntos de monitoreo y compararon los resultados con los límites establecidos por el ECA-Agua. La investigación fue de tipo descriptivo y cuantitativo, considerando parámetros como pH, oxígeno disuelto, sólidos, nitratos, coliformes termotolerantes y *Escherichia coli*. Los resultados revelaron que el 18.7 % de las estaciones presentaban calidad “excelente” y el 44.6 % “buena”, mientras que el resto fue clasificado como “regular”, “mala” o “pésima”, debido principalmente a contaminación microbiológica. Los autores concluyeron que la calidad del agua en la cuenca del Huallaga es heterogénea, y que en varios tramos existe un riesgo significativo por presencia de coliformes, lo que requiere monitoreo constante. Este antecedente respalda la presente tesis al ofrecer una visión macro de la cuenca y validar el uso de índices compuestos para el análisis ambiental.

Encarnación y Valle (2024), en su tesis titulada “Evaluación de la calidad del agua del río Huallaga mediante análisis fisicoquímico y microbiológico para riego agrícola en el centro poblado Colpa Baja, Huánuco”, realizaron un estudio con el objetivo de determinar si

el agua del río Huallaga, en dicho tramo, cumplía con los parámetros de calidad necesarios para ser utilizada con fines de riego agrícola. El enfoque fue cuantitativo, con diseño descriptivo no experimental. Se seleccionaron puntos de muestreo en la margen derecha e izquierda del río a su paso por Colpa Baja, donde se recolectaron muestras de agua para ser analizadas en laboratorio. Los parámetros estudiados incluyeron pH, DBO₅, DQO, nitratos, nitritos, coliformes fecales y *Escherichia coli*. El análisis se realizó en función de los límites establecidos por los ECA-Agua para la categoría 3 (riego de vegetales y bebida de animales). Los resultados revelaron que, aunque los niveles de pH, nitratos y coliformes totales eran aceptables en general, la demanda química de oxígeno (DQO) y los nitritos presentaron valores por encima del rango permitido en algunos sectores, particularmente en áreas con presencia de viviendas y escasa infraestructura sanitaria. Además, se detectó una carga bacteriológica significativa en zonas adyacentes a descargas visibles. Las autoras concluyeron que, si bien el agua podía considerarse funcional para riego en ciertas condiciones, su calidad estaba comprometida por actividades humanas no reguladas, recomendando acciones correctivas urgentes.

2.2. Marco teórico

2.2.1. Actividad humana

Iruoghene et al. (2024) describen en su artículo publicado *Ecological Frontiers* que las actividades humanas son interacciones sistemáticas entre la población humana y el entorno físico, donde dichas actividades como la liberación de sustancias contaminantes al agua, aire y tierra ejercen una influencia considerable sobre los componentes bióticos y abióticos del medio ambiente. Estas acciones incluyen procesos industriales, urbanos y otros que alteran la calidad ambiental y el clima. Una fuente complementaria se encuentra en un estudio realizado por Liyan et al (2024) publicado en *Journal of Cleaner Production*, que señala que la expansión de las actividades humanas abarcando agricultura, industria, población e infraestructura ha ejercido una enorme presión sobre los hábitats naturales en distintas partes del mundo. Estas actividades han alterado patrones de uso de suelo, generando contaminación, emisiones de gases de efecto invernadero y caza excesiva, contribuyendo de manera significativa a la pérdida de la biodiversidad.

2.2.2. Impacto ambiental

En el ámbito de la evaluación ambiental, el impacto ambiental se refiere a cualquier cambio significativo en las condiciones naturales o sociales de un entorno. Este

impacto puede manifestarse a través de alteraciones en variables físicas, biológicas o socioeconómicas. Según lo que mencionan Sánchez-Alcalde et al. (2024), este impacto es el resultado directo o indirecto de las actividades humanas, que pueden afectar la calidad del aire, el agua y el suelo, influir en la biodiversidad, alterar los ecosistemas y tener repercusiones en la salud y el bienestar de las comunidades. En este sentido, identificar y evaluar el impacto ambiental es crucial para entender la magnitud y el alcance de las intervenciones humanas en el medio ambiente, así como para proponer medidas de prevención, mitigación o compensación que ayuden a lograr un desarrollo sostenible.

2.2.3. Calidad de agua

Es la valoración del agua y se lleva a cabo para determinar si es adecuada para diferentes usos, como el consumo humano, industrial o agrícola, entre otros. Su calidad se puede evaluar a través de características físicas, químicas y biológicas, cada una de las cuales se define mediante diversos parámetros. Según la Organización Mundial de la Salud y otros organismos internacionales, la calidad del agua se refiere a un conjunto de condiciones físicas, químicas y biológicas que presenta, ya sea en su estado natural o después de haber sido alterada por actividades humanas. En términos generales, esta calidad se evalúa al comparar las propiedades de una muestra con las directrices o estándares establecidos. Aunque este concepto se asocia principalmente con el agua destinada al consumo humano, también puede definirse en función de otros usos específicos (OMS, 2023).

La calidad del agua es un reflejo de nuestra calidad de vida, y está profundamente afectada por la contaminación que proviene de actividades humanas como la minería y la agricultura. Esto está directamente relacionado con nuestro bienestar (Mariño Tenio, Cavero Torres & Cajavilca Lagos, 2024). Se puede decir que un agua de buena calidad es aquella que está libre de contaminantes, es decir, cualquier elemento o forma de energía que pueda tener efectos negativos en la vida. Además, la calidad del agua se puede evaluar a través de diferentes análisis de laboratorio, como la medición del pH, los sólidos totales (TS), la turbidez y la detección de coliformes.

2.2.4. Monitoreo de la calidad del agua

Según estudios recientes, el monitoreo de la calidad del agua necesita un muestreo y un análisis en laboratorio, además de un sistema en línea que permita detectar contaminantes de manera temprana a través de sensores físicos, químicos y biológicos. Esta

evolución facilita una identificación más rápida de los contaminantes y una respuesta más efectiva ante eventos de deterioro en el agua (Muhammad Hakimi, Zadariana Jamil y Mohd Abdul, 2023)

2.2.5. Índice de calidad de Agua – ICA

En Perú, la calidad del agua se evalúa comparando los resultados de varios parámetros físicos, químicos y biológicos con los valores establecidos en el ECA-Agua, según la categoría que se le asigne al cuerpo de agua superficial. Este proceso nos ayuda a determinar si se cumplen o no esos valores, enfocándose en los parámetros críticos y sus concentraciones. Sin embargo, este método tiene algunas limitaciones, ya que no define con precisión el nivel de calidad del recurso hídrico, es decir, no nos dice si el agua se encuentra es excelente, buena, regular, deficiente o pésima situación (ANA, 2018).

Los Índices de Calidad de Agua (ICA) son herramientas matemáticas que combinan información de varios parámetros, lo que permite transformar grandes volúmenes de datos en una única escala para evaluar la calidad del agua.

De acuerdo con la Organización de Cooperación de Desarrollo Económico (OECD por sus siglas en inglés), los indicadores ambientales tienen dos funciones principales:

1. Reduce la cantidad de mediciones y parámetros necesarios para representar con precisión una situación y
2. Hace más fácil comunicar los resultados obtenidos en esas mediciones.

En este contexto, los ICA es una herramienta fundamental, ya que ayudan a transmitir información sobre la calidad del agua tanto a las autoridades competentes como al público en general. Además, identifica y compara las condiciones de calidad del agua, así como observa sus posibles tendencias a lo largo del tiempo y en diferentes lugares. La valoración se presenta en una escala del 0 al 100, donde 0 significa una calidad deficiente y 100 indica una calidad excelente. Por estas razones, este índice ha ganado popularidad desde su creación y hoy en día se utiliza en varios países.

La propuesta del ICA, elegida por su enfoque metodológico, se basa en la evaluación de diversos indicadores utilizados en otros países. Se adopta porque facilita la adecuación de todos los elementos necesarios para su determinación y cálculo, como la información base de los monitoreos, la clasificación de los cuerpos de agua según la normativa

vigente y los ECA-Agua. Así, la Autoridad competente en materia de agua en nuestro país cuenta con bases de datos, herramientas y regulaciones suficientes, sin necesidad de buscar referencias externas.

2.2.6. Parámetros evaluados para determinar la calidad del agua en la categoría 3 – Riego de vegetales y bebida de animales

Basado en el análisis de la información obtenida de los monitoreos de calidad de los cuerpos de agua superficial realizados por la ANA, se han identificado los parámetros que se repiten en las evaluaciones, siguiendo el Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales. También se han considerado las posibles alteraciones que pueden afectar el recurso hídrico y los riesgos potenciales para la salud y el medio ambiente. Además, al tener en cuenta la categoría asignada a cada cuerpo de agua, se relaciona la evaluación con la “Clasificación de los Cuerpos de Agua Continentales Superficiales” y con los Estándares de Calidad Ambiental para Agua (ECA-Agua), con el objetivo de seleccionar los parámetros que se aplican en la metodología ICA-PE.

a) Temperatura

Según Bonacina et al. (2022) señala que la temperatura es uno de los factores abióticos más importantes que influyen en la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos. Cualquier cambio en ella puede provocar efectos significativos en las comunidades biológicas, como alteraciones en la composición y diversidad de especies, especialmente en los macroinvertebrados, que actúan como bioindicadores al reaccionar a las variaciones térmicas en su entorno.

b) Sólidos Suspendidos Totales (SST)

Según OMEGA Perú (2023) los sólidos suspendidos totales (SST) son partículas sólidas que se atrapan mediante filtración. Estas partículas pueden incluir desde sedimentos y materia vegetal hasta pequeños organismos, y tienen un impacto significativo en la turbidez y el color del agua.

c) Conductividad eléctrica

Según Kumar et al. (2023) la conductividad eléctrica (EC) es un parámetro que mide la capacidad del agua para conducir electricidad, dependiendo de la concentración de

iones disueltos. Esto la convierte en un indicador valioso de los sólidos disueltos totales, así como en un detector de niveles altos de salinidad o contaminación química en cuerpos de agua.

d) pH

Saalidong et al. (2022) indica que el pH es un parámetro fisicoquímico clave en los cuerpos de agua, ya que influye en el comportamiento de otros factores y en la concentración de metales disueltos. Este indicador señala los procesos químicos que ocurren en un sistema acuático, como las reacciones ácido-base, la solubilidad, la oxidación-reducción, todos los cuales están directamente afectados por la concentración de iones de hidrógeno (H⁺).

e) Oxígeno disuelto

Zhou et al. (2019) explican que el oxígeno disuelto es un parámetro clave para evaluar la calidad del agua, ya que regula los procesos biogeoquímicos y tiene un impacto directo en la supervivencia de los organismos acuáticos.

Isiordia Perez e Isiordia – Cortez (2024) señala que el oxígeno disuelto en los ecosistemas acuáticos es un indicador clave para la supervivencia de la flora y fauna, y es esencial para mantener el equilibrio ecológico.

f) Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)

La demanda bioquímica de oxígeno, o DBO₅, se refiere a la cantidad de oxígeno que utilizan las bacterias y otros microorganismos para descomponer la materia orgánica en condiciones aeróbicas a una temperatura específica (Omega Perú, 2022).

g) Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Según Chen, P. et al. (2021) la Demanda Química de Oxígeno (DQO) se refiere a la cantidad de oxígeno molecular (en miligramos de O₂) que se necesita para descomponer todos los compuestos orgánicos en 1 litro de solución acuosa, transformándolos en dióxido de carbono y agua.

h) Nitrógeno total

El nitrógeno total (TN) es un parámetro esencial para analizar la calidad del agua, ya que representa la suma de todas las formas de nitrógeno que se encuentran en una muestra, que van desde nitrógeno orgánico, amonio, nitrato y nitrito. Según Etch₂o (2023), este indicador es importante para evaluar de manera integral el contenido de compuestos nitrogenados en aguas residuales, lo que resulta esencial para controlar la contaminación y

diseñar procesos de tratamiento eficientes. Es especialmente importante determinarlo, ya que niveles altos de nitrógeno pueden provocar eutrofización en los cuerpos de agua, lo que afecta la biodiversidad acuática y la cantidad de oxígeno disuelto.

El exceso de nitrógeno en el agua puede provocar un crecimiento descontrolado de algas tóxicas, un fenómeno que conocemos como proliferación de algas nocivas. Este proceso disminuye el oxígeno disponible en el agua y puede dar lugar a zonas muertas que afectan a los organismos que viven en el río.

i) Fósforo total

El fósforo total se refiere a la suma de todas las formas en que este elemento se presenta: ortofosfatos o fosfatos, fosfatos condensados y fósforo orgánico. Este último generalmente se encuentra como fosfatos que están asociados o que forman parte de compuestos orgánicos. En los cuerpos de agua dulce, como los ríos, el nivel de fósforo total es un reflejo de la influencia humana, proveniente de actividades agrícolas (como el uso de fertilizantes, herbicidas y pesticidas), ganaderas (a través del estiércol), así como de procesos industriales y urbanos (aguas residuales y vertidos)

j) Metales totales

La existencia de metales y metaloides en los recursos fluviales se estudia para determinar el grado de contaminación, lo cual constituye uno de los problemas más graves, pues supone un riesgo para la sanidad alimentaria y para la salud pública tanto desde una perspectiva global como local. El mercurio, en concreto, representa un elemento que está presente de manera natural en la corteza terrestre, sobre todo en forma de sulfuro (cinabrio HgS, que posee más del 80% de mercurio), y suele aparecer con mayor frecuencia en su forma roja, pero también puede presentarse en menor medida como cinabrio negro metálico.

k) Detergente SAAM

Las sustancias activas al azul de metileno (SAAM) representan la forma de transferir este colorante catiónico desde una solución acuosa hacia un líquido orgánico inmisible, hasta llegar a un equilibrio. La intensidad del color azul entregado a la fase orgánica es una medida de las SAAM, de las cuales, los surfactantes aniónicos son los que más interés tienen. Este método puede ser válido para determinar surfactantes aniónicos en aguas residuales.

l) Aceites y grasas

De acuerdo con Ubalde Vargas (2021) en el caso de las aguas residuales los aceites y grasas son los lípidos de relevancia. Este parámetro comprende los ésteres de ácidos grasos de cadena larga de hidrocarburos, son comúnmente un grupo de ácidos carboxílicos en uno de sus extremos; compuestos solubles en disolventes orgánicos, y muy insolubles en agua debido a la larga y hidrofóbica estructura del hidrocarburo. Estos compuestos funcionan como alimento para las bacterias ya que se pueden hidrolizar en el ácido graso y el correspondiente alcohol.

m) Aniones

Un anión se trata de un ion que tiene carga negativa, en otras palabras, es un ion que ha ganado electrones. Los aniones monoatómicos se describen en términos de un estado de oxidación negativo; Es también importante para el desarrollo de los aniones inorgánicos es especialmente interesante comprobar que los principales aniones inorgánicos que se pueden encontrar en disolución en el agua son los carbonatos, bicarbonatos, cloruros, sulfatos, fosfatos y nitratos.

n) Coliforme termotolerantes

De acuerdo a Richiardi et al. (2023), los coliformes termotolerantes o coliformes fecales, se diferencian de los coliformes totales principalmente por su capacidad para crecer a altas temperaturas; es decir que fermentan lactosa produciendo ácido y gas a 44.5 ± 0.2 °C. Este grupo es representado por microorganismos del tracto gastrointestinal de los animales, lo que los hace indicativos de la contaminación fecal de los animales de sangre caliente.

o) Escherichia coli

De acuerdo con Pokharel et al. (2023) la Escherichia coli (E. coli) es un bacilo gramnegativo y constituye un residente de la microbiota intestinal normal. Sin embargo, algunas cepas de E. coli son causantes de enfermedades en humanos, otros mamíferos y aves, que abarcan desde enfermedades del intestino, tales como disentería y diarrea, hasta enfermedades extraintestinales como infecciones del tracto urinario, sepsis, meningitis neonatal y otros padecimientos sistémicos.

2.2.7. Contaminación del agua

La contaminación del agua es uno de los problemas ambientales más serios que afectan al planeta, daña los ecosistemas acuáticos y perjudica la salud de las personas, por lo que se puede entender como la llegada de contaminantes a los cuerpos de agua, lo que va a alterar la calidad de agua dulce, haciendo que este recurso apto para el uso humano se convierta en un recurso potencialmente dañino y peligroso tanto para la posibilidad de su uso como recurso acuático como para los organismos vivos que dependen de él. En este sentido Misman et al. (2023) comentan que cuando nos referimos a contaminación del agua se hace referencia no solo a la llegada de ciertas sustancias dañinas o muy peligrosas que deterioran la calidad del recurso, sino que también tiene como consecuencia la limitación de la posibilidad de poder utilizarlo y la llegada de ciertas consecuencias en los organismos vivos.

Las causas de contaminación de estas aguas son:

- Crecimiento de la población, expansión industrial y urbanización, tres factores que avanzan rápida y fuertemente y a su vez se relacionan entre sí
 - Actividades humanas: volcado de residuos sólidos, el lavado de los alimentos, el uso de agroquímicos en la agricultura, el uso de compuestos químicos (por ejemplo, los detergentes para el lavado de la ropa), la limpieza de envases y productos, la eliminación de envases vacíos, la acumulación de residuos y los excrementos de los animales, entre otros).
 - Causas naturales y artificiales, siendo que la contaminación de origen natural es producida por el propio medio ambiente mientras que la contaminación de origen artificial es debida a la acción del hombre.
- a) **Contaminación puntual.** Causas más comunes: los filtros sépticos y la acumulación de residuos provenientes de granjas. En la mayoría de los países de América Latina, el pozo séptico se ha identificado como el sistema más extendido de disposición de "excretas", ya que su coste es inferior al de las redes de alcantarillado sanitario, los colectores y las plantas de tratamiento, pero a un coste ecológico mucho más alto. No obstante, la disposición in situ de excretas también ha sido identificada como una de las causas de la contaminación de las aguas subterráneas, especialmente por el hallazgo de microorganismos patógenos y por los nitratos. También debemos añadir los vertederos de basura urbana y las fugas de las tuberías de las redes de alcantarillado sanitario que se infiltran en el subsuelo.

- b) Contaminación por aguas servidas domésticas:** La mayor parte de esta agua es provocada por la población de las ciudades que vierte sus residuos a los cuerpos de agua superficiales, impactando la salud humana y el medioambiente.
- c) Sustancias contaminantes del agua:** Se considera potencialmente contaminante toda sustancia que, como consecuencia de la actividad humana, introduce en el medio acuático unas consecuencias negativas, bien en la salud humana (o en el caso contrario, en el ambiente).
- d) Microorganismos patógenos.** Son distintos tipos de bacterias, virus, protozoos y otros seres vivos que producen, entre otros, cólera, tifus, diferentes tipos de gastroenteritis, hepatitis... etc. En general, estos microorganismos se incorporan al agua a través de las heces y otros residuos orgánicos que excretan las personas infectadas. Por eso, un índice apropiado para valorar la salubridad del agua hacia estos agentes es el número de bacterias del género *Escherichia coli* que aparecen. La OMS dice que el agua consumible por el Hombre debería tener 0 colonias de coliformes por cada 100 ml.
- e) Desechos orgánicos.** Son residuos provenientes de la actividad humana, del ganado o de otras fuentes, como excrementos o elementos que pueden ser descompuestos por bacterias que necesitan oxígeno, o sea, de forma aeróbica. Si estos residuos se juntan en exceso, la descomposición realizada por las bacterias usa mucho oxígeno disuelto, lo que impide que peces y otras especies animales o vegetales que necesitan oxígeno puedan sobrevivir en esas aguas. Para saber cuánta contaminación orgánica hay, se mide la cantidad de oxígeno disuelto (OD) y la DBO (Demanda Biológica de Oxígeno).
- f) Sustancias químicas inorgánicas.** De acuerdo a los lineamientos australianas sobre la calidad del agua potable, se consideran que las sustancias químicas inorgánicas comprenden metales, metaloides y sales como carbonatos, cloruros y sulfatos. Estas sustancias pueden encontrarse disueltas o en estado de partículas y pueden ser de origen natural o derivar de actividades humanas. Un estudio realizado en Puno por Pompeyo et al. (2023) también identifica metales pesados como plomo, cadmio, arsénico y mercurio dentro de la categoría de contaminantes químicos inorgánicos. Estos elementos se encuentran en el agua apta para el consumo y están relacionados tanto con actividades humanas como con la geología natural.

- g) Nutrientes vegetales inorgánicos.** Es un elemento favorable para el crecimiento y desarrollo de las plantas o para las características de calidad de la cosecha de una especie vegetal cultivada en su ambiente natural. En el uso clásico, los nutrientes vegetales son los elementos minerales conocidos, o bien en su forma elemental, o bien en la forma iónica (por ejemplo, nitrato, fosfato, sulfato) que son de naturaleza inorgánica (Brown, Zhao y Dobermann, 2021).
- h) Compuestos orgánicos.** Los compuestos orgánicos son sustancias químicas con estructura en base al carbono junto a la cual suelen presentar también hidrógeno, oxígeno, nitrógeno u otros elementos. Estos compuestos pueden tener origen natural, a partir de materia biológica, o bien tener un origen antrópico. En los cuerpos de agua, los compuestos pueden ser naturales (restos de vegetales o de materia biológica en descomposición) o ser compuestos introducidos en el medio como consecuencia de actividades humanas (fármacos, colorantes, desechos domésticos e industriales). Algunos de ellos poseen una gran estabilidad, lo que posibilita que resistan a la degradación y puedan permanecer durante largos periodos en los ecosistemas acuáticos.

2.2.8. Registro Único de Procesos de Adecuación Progresiva (RUPAP)

Este registro está dado para los prestadores de servicio de saneamiento el cual les permite acogerse a la adecuación progresiva, si es que están inscritos en el RUPAP. a las JASS o EPS que tengan la constancia de inscripción no se les aplica las sanciones que se hayan generales o generen como consecuencia del incumplimiento de los artículos 79, 80, 81 y 82 de la Ley N° 29338, Ley de Recursos Hídricos.

Artículo 79°: Vertimiento de agua residual

Artículo 80°: Autorización de vertimiento

Artículo 81°: Evaluación de impacto ambiental

Artículo 82°: Reutilización de agua residual

2.2.9. Estándares de calidad ambiental

La Ley General del Ambiente - Ley N.º 28611, artículo 31-1 (2005), establece que los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) son valores de referencia que determinan la concentración o el nivel de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos en los cuerpos receptores, como el aire, el agua o el suelo. Estos valores de

referencia se establecen de forma tal de no significar un riesgo significativo para la salud humana y el ambiente. En función del parámetro analizado el nivel o la concentración puede expresarse como máximo, mínimo o en un rango.

Tabla 1. Categorías de los Estándares de Calidad Ambiental-Agua

Categoría 1: Poblacional y recreacional	Sub - Categoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable	A1	Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección
		A2	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional
		A3	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
	Sub - Categoría B: Aguas superficiales destinadas para recreación	B1	Contacto primario
		B2	Contacto secundario
Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino – costeras y continentales	Sub - Categoría C	C1	Extracción y cultivo de moluscos, equinodermos y tunicados en aguas marinos – costeras
		C2	Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en agua marino – costero
		C3	Actividades marino – portuarias, industriales o de saneamiento en aguas marino – costeras
		C4	Extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en lagos o lagunas
Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales	Sub - Categoría D1: Riego de vegetales		Agua para riego no restringido
	Sub - Categoría D2: Bebida de animales		Agua para riego restringido
Categoría 4: Conservación del ambiente acuático	Sub - Categoría E1: Lagunas y lagos		
	Sub - Categoría E2: Ríos		Ríos de la costa y sierra
	Sub - Categoría E3: Ecosistemas costeros y marinos		Estuarios Marinos

Fuente: adaptado (OEFA, 2015)

Los parámetros de los ECA para Agua que se aplican como referente obligatorio en el diseño y aplicación de los instrumentos de gestión ambiental que están establecidas en el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.

2.3. Marco conceptual

2.3.1. Agua

Conforme a la Real Academia Española, el agua que todos conocemos (del latín aqua) corresponde a una cierta clase de sustancia que compone moléculas que están formadas por un átomo de oxígeno y dos de hidrógeno. Es una sustancia líquida, inodora, insípida e incolora. Se trata además de la sustancia más abundante de la superficie terrestre y, en su estado más o menos puro, se presenta en forma de lluvias, manantiales, ríos y mares, forma parte de todos los seres vivos y está presente en los diversos compuestos naturales.

2.3.2. Río

La afirmación anterior establece que los ríos son sistemas socio ecológicos y espaciales y son más que sólo un cauce con agua en movimiento, ya que presentan procesos hidrológicos, geomorfológicos, incluso usos por parte de los humanos, por ello la definición de río deberá considerarse tanto desde sus características naturales como desde las relaciones sociales y urbanas que lo atraviesan (Durán – Vian, 2021)

2.3.3. Contaminación ambiental

La contaminación ambiental hace referencia a la emisión de una sustancia o energía en el medio ambiente que supera la capacidad de autodepuración del ambiente tras las actividades de la producción y de la vida cotidiana, lo que provoca un cambio de las propiedades químicas, físicas y biológicas del ambiente, lo cual afecta la calidad ambiental, destruye el equilibrio ecológico o pone en peligro la supervivencia y el desarrollo de los seres humanos (Environmental and Resource Protection Law, 2023).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

3.1.1. Ubicación geográfica de la zona de estudio

Geográficamente la zona de estudio está ubicada entre las coordenadas UTM 366866 m E y 8886412 m N, con una altitud de 2008 m s. n. m. y 367156 m E y 8906980 m N con una altitud de 1859 m s. n. m. zona 18 sur, dentro de la hoja 20-k de la carta nacional del Instituto Geográfico Nacional.



Figura 1. Mapa de ubicación política y geográfica del lugar de estudio

3.1.2. Ubicación política de la zona de estudio

El presente trabajo de investigación se realizó en el río Huallaga, tramo entre el puente de Tomayquichua y la PTAR San Andrés, el tramo abarca los distritos Tomayquichua y Conchamarca de la provincia de Ambo y los distritos de Pillco Marca, Huánuco y Amarilis de provincia y departamento de Huánuco, ámbito de la ALA Alto Huallaga en el departamento de Huánuco.

3.1.3. Ubicación Hidrográfica

El nacimiento del río Huallaga tiene una ubicación geográfica bastante peculiar, ya que lo hace en la laguna Taulicocha, que se encuentra en la parte alta del Cerro de

Pasco, con posterioridad va a unirse a los ríos Ticlacayan, Pucuruhuay, Pariamarca y también va a recibir las aguas del río Huertas, en el que destaca su caudal

“Desde el ámbito político-administrativo, la cuenca del río Huallaga se extiende principalmente sobre los departamentos de Huánuco y San Martín, abarcando también una fracción de los departamentos de Pasco y Loreto. Su territorio comprende provincias como Alto Amazonas, Moyobamba, Rioja, Lamas, San Martín, Rodríguez de Mendoza, El Dorado, Huallaga, Mariscal Cáceres, Picota, Bellavista, Patatz, Tocache, Leoncio Prado, Marañón, Huacaybamba, Huamalíes, Dos de Mayo, Huánuco, Pachitea, Ambo, Daniel Alcides Carrión y Pasco. En total, ocupa un área de 12 374,268 km² con un perímetro aproximado de 2489,00 km².

El río Huallaga pertenece a la cuenca del Huallaga, y la zona de estudio se encuentra dentro del ámbito de la subcuenca del Alto Huallaga.

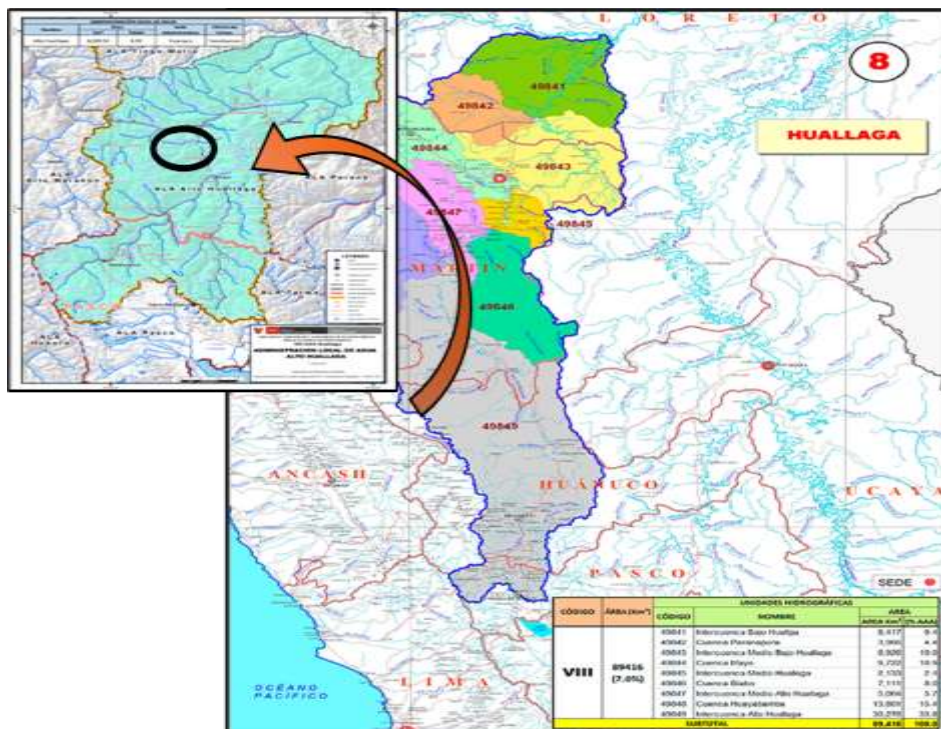
Región Hidrográfica : Amazonas

Unidad Hidrográfica : Intercuenca Alto Huallaga

Código de Unidad Hidrográfica : 49849

Autoridad Administrativa del Agua : VIII Huallaga

Administración Local de Agua : Alto Huallaga



Fuente: Autoridad Nacional del Agua

Figura 2. Área de estudio - Ubicación Hidrográfica

3.1.4. Características generales de la zona

a) Clima

El clima de la ciudad de Huánuco es templado, árido y con una amplitud térmica moderada. Hay precipitaciones durante todo y la precipitación promedio es de 1150 mm al año y la temperatura media anual es de 14.5° C.

b) Temperatura

La ciudad de Huánuco cuenta con temperaturas que fluctúan entre 16 °C y 31 °C. Su clima es mayormente nublado de modo intermitente, cálido en horas del mediodía, frías las noches, viento de intensidad moderada, humedad relativa media a lo largo del día, lluvias en la tarde-noche, además de una alta exposición a la radiación solar directa (SENAMI, 2020).

En Huánuco, la temperatura más alta se presenta en el mes de mayo con 26.9 °C, mientras que la de menor temperatura se encuentra en el mes julio con 11.1 °C. El mes con la mayor precipitación pluvial es marzo, con un promedio de 75.62 mm (SENAMHI, 2020).

c) Precipitación

En la ciudad de Huánuco hay precipitaciones durante todo el año, hasta el mes más seco aún tiene mucha lluvia. El clima aquí se clasifica como Cfb por el sistema Koppen-Geiger. En un año, la precipitación es de 1150mm. Huánuco es un lugar donde los veranos son difíciles de definir

d) Suelos

Los suelos de la ciudad de Huánuco son bastantes accidentados conformados por valles, quebradas, montañas y altiplanicies, en cuya configuración predominan hacia el Sur Oeste las estribaciones de la Cordillera de Huayhuash, en el Sur, en Centro y el Noreste de la cuenca del río Huallaga y sus afluentes locales.

La superficie agrícola de riego y secano se ubica, principalmente, en el área que forman los poblados de Huacaca, Ambo, Tomay Kichwa, Cochamarca, y Huánuco. Estas tierras tienen pendientes de menos de 4%, lo cual apunta a que son aptas para la labranza y para la construcción de infraestructura de riego. Las provincias de Ambo, Pachitea y Huánuco dentro del espacio de la cuenca de estudio tienen, en total, 110,417 hectáreas de tierras agrícolas, de las cuales corresponden 40,986 ha con los respectivos nombres de las provincias referidas.

Los cultivos dan lugar a prácticas de conducción y manejo propias de los valles interandinos, en este sentido se llevan a cabo tareas de preparación del suelo, labores de labranza, recopila, control de plagas y enfermedades, ya sea de forma manual o mecanizada, dependiendo de las necesidades de cada actividad y del nivel de mecanización de la propiedad. Los principales cultivos que se desarrollan en la zona son la caña de azúcar, el maíz, diversos frutales, hortalizas, alfalfa, tarhui y quinua.

e) Vegetación

Con respecto a la vegetación, está compuesta, primordialmente por tierras de cultivo que corresponden a cultivos transitorios, cultivos permanentes arbustivos, complejos de purmas, chacras, vegetación secundaria y reminiscencias de bosques secundarios (GOREHCO, 2016).

La vegetación natural va desde la Estepa Espinosa Montano Baja, donde se encuentran especies como la cabuya (*Fourcroya andina*), la tara (*Caesalpina tinotorea*), la chamana (*Dodonaea viscosa*) y el molle (*Schinus molle*), entre otras.

Con el aumento de la altitud, el paisaje va convirtiéndose en bosque seco y finalmente en el Bosque Húmedo Montano Tropical, donde se desarrollan especies arbustivas como la chilca (*Baccharis* spp.), el quishuar (*Buddleia incana*) y el quinhual (*Polylepis racemosa*), etc. En mayores alturas se encuentran las denominadas pasturas naturales, que corresponden a formaciones de pastos donde se distinguen especies como *Festuca*, *Calamagrostis* y *Poa*, entre otras

f) Zonas ecológicas

Estepa Espinosa Montano Baja Tropical (ee-mbt)

En el entorno de Huánuco, y en lo concerniente a características bioclimáticas, la biotemperatura media de la localidad alcanza un máximo de 18.2 °C (Ambo-Huánuco), en contraposición con el mínimo de la misma, que es de 12.1 °C. En lo que respecta a los datos de precipitación, la cifra media del promedio registrado como máximo es de 522.4 mm, cifra que puede llegar al mínimo de 231.3 mm.

Las características edáficas corresponden a suelos derivados de materiales calcáreos, siendo relativamente profundos, con textura ligeramente arcillosa, con un contenido

de materia orgánica escaso, estando relacionados con los grupos edafogénicos xerosoles, kostamogems e hitosoles, formados sobre materiales litológicos de varias procedencias.

Bosque Húmedo Montano Bajo Tropical (bh-mbt)

La zona de vida que comprende este estudio ocupa un área reducida. En cuanto a la biotemperatura media anual, esta muestra valores máximos de 16.5 °C y mínimos de 10.9 °C. La precipitación presenta registros máximos de 972.9 mm y mínimos de 449.3 mm. Según el diagrama bioclimático, la evapotranspiración potencial oscila entre una y dos veces más que la precipitación, estableciendo, por tanto, el nivel de humedad como bajo "SUB-HÚMEDO".

Respecto a la edafología, los litosoles ocupan superficies en inclinación en las que aflora la roca madre.

Bosque Húmedo Montano Tropical (bh-MT)

La biotemperatura media anual presenta una cifra máxima de 13.1°C y una mínima de 7.3°C. La pp. anual muestra unos márgenes máximos de 1,154 mm y mínimos de 498 mm.

Los suelos de la región son de profundidad moderadamente elevada, presentan textura arcillosa, reacción ácida y colores variantes que van desde los rojizos, hasta los pardos, correspondiendo al grupo edafogénico de los phaeozems. También en sectores donde prevalecen materiales litológicos calcáreos pueden hallarse Kastanozems con tonalidades rojizas.

Páramo muy Húmedo Subalpino Tropical (pruh-Sat)

La biotemperatura media anual presenta un valor máximo de 6 °C y mínimo de 3.8 °C, realizando una precipitación media total anual con valores máximos de 1,254.8 mm y mínimos de 584.2 mm. Según el diagrama bioclimático, la evapotranspiración potencial anual varía entre la cuarta parte (0.25) y la mitad (0.50) de la media de precipitación, logrando incluir esta zona en la provincia de humedad "PERHÚMEDO".

En cuanto a las características de los elementos del suelo, se encuentran suelos relativamente profundos, de textura media, ácidos (en algunos casos con influencia volcánica "Páramo Andosoles" y en otros sin ella "Paramosoles"), y en zonas donde

predominan los materiales calcáreos, se evidencia una presencia importante de Cambisoles eútricos y Renazinas, completando de este modo el panorama de las características edáficas.

g) Población

La población en el último censo 2017 en la ciudad de Huánuco, ascendió a 721047 habitantes (2.5% de la población censada a nivel nacional), de los cuales el 50.5% fueron mujeres.

3.2. Materiales y equipos

3.2.1. Materiales

Multiparámetro WTW MultiLine 3620 IDS, sondas de pH, temperatura, oxígeno disuelto y conductividad eléctrica, registros documentarios de la zona de estudio, datos proporcionados por la Autoridad, Nacional del Agua, cooler, Frascos de plástico, plumón indeleble, cinta de embalaje, ficha de registro, cuaderno de apuntes, papel bond A4, folder lapiceros y plumones.

3.2.2. Equipos

Multiparámetro marca WTW 3630 IDS, celular, computadora portátil marca Acer.

3.2.3. Programas de computación

ArcGIS, Microsoft Word, Microsoft Excel, Microsoft Power Point, Google Earth y IBM SPSS

3.3. Criterios y análisis del estudio

3.3.1. Nivel de investigación

El esquema de investigación que se describe en el siguiente trabajo de investigación corresponde al nivel explicativo. La investigación explicativa, de acuerdo con Arias, F. (2012), se encarga de investigar causas en torno a fenómenos, es decir, de establecer relaciones de tipo causa-efecto. Por lo tanto, el presente estudio se centra en averiguar cuáles son las causas y explicar efectos que se derivan de la actividad humana que influye y modifica la calidad del agua, así como caracterizar las condiciones hídricas del río

3.3.2. Método de investigación

El método de investigación se realizó mediante el siguiente procedimiento.

- **Identificación el Área de Estudio**
 - ✓ Reconocimiento de campo del área de estudio.
 - ✓ Descripción de las características del río Huallaga.
- **Monitoreo y Análisis de Agua**
 - ✓ Identificación de puntos de monitoreo
 - ✓ Se realizó con un laboratorio acreditado por INACAL a fin de tener resultados que garanticen la calidad de la investigación.

3.3.3. Operacionalización de variables

Tabla 2.Matriz de operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Escala
Variable independiente: Actividades humanas	<p>Según Díaz & Escárcega (2007) El incremento de las actividades humanas, en su gran mayoría simples y a la vez complejas, ha sido la de ir generando conforme avanza el tiempo un determinado o grados de deterioro sobre los recursos de la tierra que son la base de los procesos productivos y especialmente de la seguridad alimentaria. El consumo de los mismos recursos se incrementa de año en año, al mismo tiempo que la brecha entre los países industrializados y aquellos más débiles se va ampliando, habida cuenta de que en estos últimos, donde vive más de dos tercios de la población mundial, comienza a darse a la vez la combinación de un fuerte deterioro medioambiental junto con una bajada notable de la productividad y escasas posibilidades para el logro de niveles de bienestar humanamente adecuados que garanticen condiciones dignas de la convivencia humana.</p>	<p>Las actividades humanas en las cuales participan distintas personas son un factor antrópico que interfiere en los ecosistemas que proporcionan servicios ambientales en relación a los recursos hídricos ya que el impacto ambiental emanado de las actividades humanas es una afectación (o alteración) en tanto perturbaciones de tipo físico, químico, biológico, económico, social y cultural que incide sobre el ambiente.</p>	Contaminación del agua	Vertimiento de aguas residuales Vertimiento de aguas industriales Residuos sólidos en las riberas del río	Nominal

- Temperatura

<p>Variable dependiente: Calidad de agua</p>	<p>Según la Dirección de Recursos Hídricos del Gobierno de Tucumán – Argentina (2020) La calidad del agua define un conjunto de condiciones que se consideran un nivel aceptable que se debe cumplir para garantizar la protección de los recursos hídricos y la salud de la población en un área determinada. Los parámetros de calidad del agua deben ser evaluados asumiendo criterios físicos, químicos y biológicos, prestando atención también a la dinámica de los procesos y de los factores a los que están sujetos y a la capacidad que tiene el recurso o el ecosistema para poder aguantar situaciones de estrés. A partir de los parámetros enunciados, estos son establecidos de distintas maneras atendiendo al uso que se le va a dar al recurso (si se va a hacer uso humano, irrigación, actividades industriales, ganadería, recreación, conservación de la vida acuática, etc.).</p>	<p>Son las condiciones que se encuentran el agua respecto a las características físicas, químicas y biológicas en su estado natural o después de ser alterados por el accionar humano.</p>	<p>Parámetros fisicoquímicos y</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Conductividad eléctrica • pH • Oxígeno Disuelto • SST • DBO5 • DQO • Nitrógeno total • Fósforo total • Metales totales • Detergente SAAM • Aceites y grasas • Aniones (cloruros, fluoruros, nitratos, nitritos y sulfatos) 	<p>Intervalo</p>
			<p>Parámetros microbiológicos</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Coliformes termotolerantes • Escherichia coli 	

Fuente: Elaboración propia.

3.3.4. Diseño de investigación

El presente trabajo de investigación corresponde a un diseño no experimental cualitativo, de enfoque longitudinal. Se utilizó este tipo de diseño porque no se manipulan intencionalmente las variables, sino que solo se observa y se analiza el fenómeno tal y como es en su contexto natural. Hernández et al., (2003), explica que los diseños longitudinales, son los que representan datos a través del tiempo en puntos o periodos, para hacer inferencias respecto al cambio, sus determinantes y consecuencias.

3.3.4.1. Variables en estudio

a. Variable dependiente (X)

Calidad de agua

b. Variable independiente (Y)

Actividades humanas

c. Variable interviniente

Índices de calidad ambiental

Estándares de calidad ambiental

Diseño estadístico:

El diseño estadístico de este estudio de investigación es el diseño descriptivo, ya que busca explicar la influencia de la actividad humana en la calidad del agua.

3.3.5. Población y muestra

3.3.5.1. Población

La población de estudio está determinada por la totalidad de longitud del río Huallaga, que es de 1080 km y de anchos variables entre 4 m hasta los 120 m.

3.3.5.2. Muestra

La muestra está determinada por una longitud aproximada de 26.8 km del río Huallaga que abarcan los distritos de Tomayquichua y Conchamarca de la provincia de Ambo y los distritos de Pillco Marca, Huánuco y Amarilis de la provincia y departamento de Huánuco, con 3 puntos de muestreo referenciados en los puntos de monitoreo establecidos por la ALA Alto Huallaga.

3.3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.3.6.1 Técnicas

Las técnicas que se utilizaron en este tema de investigación son de tipo observacional directa, documental y de fichaje (Fonseca & Martel, 2012) de la zona de estudio, las infraestructuras y actividades humanas para la obtención, recopilación y registro de datos del objeto en estudio.

3.3.6.2. Instrumentos

Se seleccionaron documentos con ayuda de bases de datos como Scielo, Repositorios Universitarios, Web of Science, Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales R.J.010-20216 ANA, Estándares de Calidad Ambiental, Índices De Calidad De Agua, datos proporcionados por la Autoridad Nacional del Agua y la utilización del sistema de posicionamiento global GPS marca Garmin.

3.3.7. Selección, confiabilidad y validación de los instrumentos de investigación

Para la elaboración de este documento, se ha recopilado información fidedigna proveniente de fuentes confiables y verificadas. Se han consultado artículos científicos, estudios académicos y publicaciones de expertos en la materia, asegurando así la precisión y la relevancia de los datos presentados. Este enfoque garantiza que las conclusiones y recomendaciones aquí expuestas están respaldadas por evidencia sólida y actualizada.

La confiabilidad de los instrumentos se verificó mediante el análisis de proceso, de acuerdo con los procedimientos de monitoreo y análisis del laboratorio acreditado por el INACAL.

Los resultados del análisis de las muestras fueron verificados como positivo cuando el resultado fue entregado por el laboratorio acreditado por el INACAL.

3.3.8. Análisis de datos

Las técnicas de procesamiento de datos que se utilizaron en la investigación fueron tablas realizadas en Excel 365, al igual que las gráficas y estadística descriptiva para comprender los valores obtenidos. Posteriormente se realizó un análisis de datos utilizando el análisis de Varianza (ANOVA) a través del programa estadístico RStudio.

3.4. Metodología

El método de investigación se realizó mediante el siguiente procedimiento:

3.4.1. Delimitación espacial y temporal del área de estudio

3.4.1.1. Delimitación espacial del área de estudio

El área de estudio se centra en la ciudad de Huánuco, departamento de Huánuco, Perú, específicamente en las áreas a lo largo del Río Huallaga. Esta zona fue elegida por la variedad de actividades humanas que se llevan a cabo en sus riberas, las cuales pueden afectar la calidad del agua del río. Asimismo, se consideró la variabilidad en la densidad de la población a lo largo del tramo urbano del río, lo que genera diferentes niveles de presión antrópica. Esta situación favorece el análisis del estudio, ya que permite examinar la relación entre la intensidad de las actividades humanas y las posibles variaciones en los parámetros de calidad del agua.

3.4.1.2. Delimitación temporal del área de estudio

La presente investigación se delimito temporalmente al año 2024, debido a que durante este tiempo se llevó a cabo las actividades de campo, incluyendo las campañas de monitoreo en época de estiaje, la recolección y conservación de muestras, análisis de laboratorio y procesamiento de los datos del estudio. Así, el 2024 se convierte en el marco temporal real para la obtención de información primaria, lo que asegura que haya coherencia entre los objetivos planteados y el periodo en el que realmente se llevó a cabo la investigación. Por esta razón, al mencionar el año 2024 en los objetivos, se hace referencia a la temporalidad en la que se desarrolló y consolidó el análisis de la calidad del agua del río Huallaga en la ciudad de Huánuco.

Así mismo, en relación con el tercer objetivo específico, que se centra en determinar la calidad del agua entre 2020 y 2024, se utilizó información histórica de monitoreo de esos años, debido a que se cuenta con una base de datos de monitoreo de cinco años consecutivos, ya que en algunos años anteriores no se hizo las actividades de monitoreo por parte de la ALA Alto Huallaga.

La elección de este periodo se debió a la necesidad de contar con una serie de datos continuos y comparables, lo que permite calcular el Índice de Calidad del Agua (ICA-PE) y analizar su comportamiento a lo largo de los años. Es importante señalar que, según la metodología de la Autoridad Nacional del Agua, no hay un número mínimo de años requerido para calcular el ICA-PE; pudiéndose este calcular con los datos de una campaña específica; sin embargo, el uso de información de varios años mejora la representatividad y la fiabilidad del análisis.

Así, mientras que el año 2024 se basa en datos primarios recolectados durante la realización de la tesis, el periodo de 2020 a 2024 complementa el estudio con un análisis histórico que enriquece la interpretación de la calidad del recurso hídrico.

3.4.2. Identificación de las principales actividades humanas que alteran la calidad del agua del río Huallaga

Se recorrió por la faja marginal del río Huallaga empezando desde el punto RHual 08 que se encuentra cerca al puente de Tomayquichua, hasta el punto RHual 12 que se encuentra cerca de la PTAR San Andrés en el distrito de Amarilis, que son aproximadamente 26.8 km

3.4.2.1. Descripción de las características del río Huallaga

Se observó las riberas del río Huallaga, determino el ancho aproximado del cauce y se tomaron fotos para evidenciar el estado en que se encuentra.

3.4.2.2. Actividad humana dentro del tramo de estudio

Del recorrido que se realizó por la ribera del río Huallaga se identificaron las actividades vertimiento de aguas residuales, lavaderos de carros y zonas de extracción de material de acarreo. Estas actividades fueron identificadas mediante fotos y se tomaron las coordenadas exactas de cada uno de ellos; luego se realizó un inventario en donde se clasificó para el tipo de actividad al que pertenecen.

3.4.2.3. Inventario de los puntos RUPAP dentro del tramo de estudio

Con ayuda de la base de datos de la Administración Local de Agua Alto Huallaga se tiene el listado de los puntos RUPAP en la ciudad de Huánuco que se encuentran a lo largo del río Huallaga, y para identificarlos se ira a campo y verificara cuantos puntos de vertimiento están autorizadas sin ningún tratamiento dentro del área de estudio y que instituciones los han solicitado.

3.4.2.4. Inventario de los puntos de vertimiento de aguas residuales e industriales no autorizados

Se realizó un inventario de los vertimientos de aguas residuales e industriales no autorizados que se encuentran dentro del área de estudio y se identificaron quienes son los infractores.

3.4.3. Caracterización y comparación de los parámetros fisicoquímicos y biológicos con respecto a los estándares de calidad ambiental.

3.4.2.1. Determinación de las épocas hidrológicas

Para el estudio se consideraron dos épocas hidrológicas más importantes del régimen fluvial: la época de avenida, que va de noviembre a abril, y la época de estiaje, que abarca de mayo a octubre. Dado que se contó previamente con información de análisis de muestras de la época de avenida, lo que nos dio una buena base para comparar. En ese sentido, el monitoreo se centró en la época de estiaje, que se caracteriza por la reducción del caudal y una menor capacidad de dilución del agua, condiciones que nos permitieron observar de manera más clara la concentración de contaminantes.

3.4.2.2. Selección y justificación del periodo de muestreo

El monitoreo en campo se llevó a cabo durante los meses de agosto, septiembre y octubre, que son los meses más representativos de la época de estiaje. Se eligió estos meses basándose en los siguientes criterios:

- Representatividad de las condiciones de bajo caudal.
- Evaluación de un escenario que podría ser crítico en cuanto a la concentración de contaminantes.
- Comparabilidad con los datos que ya teníamos de la época de avenida.
- Obtención de resultados más consistentes al analizar tres meses seguidos.

Los resultados que se obtuvieron fueron luego comparados con los valores establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental para Agua, según la categoría que corresponde al cuerpo de agua que se evaluó.

Determinación del área de estudio

3.4.2.3. Determinación de los puntos de muestreo

La metodología del muestreo depende de las condiciones en la que se encuentre las aguas del río Huallaga, y se tomaron como referencia los puntos cercanos de Monitoreo establecidos por la ALA Alto Huallaga que fueron los puntos Hual 08, Hual 10 y Hual 12 y así como la accesibilidad, extensión, caudal, etc. Se codificaron de la siguiente manera (RHual 1, RHual 2 y RHual 3).

3.4.2.4. Identificación de las muestras de agua

- Los envases se identificaron con una etiqueta antes del muestreo.
- La etiqueta está escrita en letras legibles y debe sujetarse con cinta adhesiva. La etiqueta contiene la siguiente información:

- 1.-Número de muestra (se refiere al orden de muestreo).
- 2.- Código de identificación (lugar y/o estación de muestreo).
- 3.- Origen de la fuente natural de agua.
- 4.- Descripción de los lugares de muestreo.
- 5.- Fecha y hora del recojo de muestra.
- 8.- Nombre del parámetro a analizar.

3.4.2.5. Toma de muestras

La toma de muestras se realizó siguiendo los pasos de acuerdo con el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales R.J. 010-2016 ANA.

Se realizaron 3 repeticiones; las muestras fueron tomadas en el mes de agosto, septiembre y octubre.

3.4.2.6. Preservación de las muestras de agua

Después de tomar una muestra de agua, se agregó el preservante especificado de acuerdo con los lineamientos establecidos por el laboratorio. Una vez que se almacena la muestra, la botella se sella herméticamente y, para mayor seguridad, se pegó con cinta adhesiva para evitar derrames. (Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos, 2016).

3.4.2.7. Análisis de muestras de agua del río Huallaga

Para la elección de los parámetros se tomó en cuenta el plan anual de monitoreo de la ANA para la calidad del agua,

Las muestras fueron analizadas por laboratorio SGS del Perú SAC acreditado por el INACAL a fin de tener resultados que garanticen la calidad de la investigación.

3.4.2.8. Comparación de los resultados del análisis con los ECA-agua

Los valores de los parámetros obtenidos luego del análisis fueron comparados con los valores establecidos en el ECA-agua, para la categoría 3 y 4 de los parámetros que están establecidos en el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM,

La aplicación de los ECA para Agua en los instrumentos de gestión ambiental aprobados que sean de carácter preventivo se realiza en la actualización o modificación de estos, en el marco de la normativa vigente del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental (SEIA). En el presente estudio de investigación se tomó en cuenta los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de la categoría 3 y tres parámetros químicos de la categoría 4: fósforo total, nitrógeno total y sólidos suspendidos totales.

- **Categoría 3:** Riego de vegetales y bebida de animales

- a) **Subcategoría D1: Riego de vegetales**

Aquellas aguas destinadas a riego de cultivos vegetales. Su clasificación se basa en la consideración del tipo de riego efectuado, del modo de consumo de los productos (crudos o cocidos) y de los posibles métodos de transformación o uso industrial al que pueden ser sometidos los cultivos:

- **Agua para riego no restringido**

Aquellas aguas cuya calidad permite su uso para el riego de cultivos alimenticios que se consumen en estado crudo (hortalizas, frutales de tallo bajo); frutales de tallo alto que son regados por aspersión cuando las partes comestibles entran en contacto directo con el agua; aquellas áreas verdes como parques, jardines, campos deportivos, plantas e incluso frutas; y cualquier otro tipo de cultivo.

- **Agua para riego restringido**

Aquellas aguas cuya calidad permite el riego de cultivos que se destinen al consumo cocido (haba); frutales de tallo alto en que el agua no entra en contacto con el fruto; productos que van a ser procesados, envasados o industrializados (trigo, arroz, avena, quinua); cultivos industriales no alimentarios (algodón); forrajes, pastos y cultivos forestales como el maíz forrajero o alfalfa.

- b) **Subcategoría D2: Bebida de animales**

Comprende las aguas utilizadas para el consumo de animales mayores —como ganado vacuno, equino o camélido— y animales menores, entre ellos porcinos, ovinos, caprinos, cuyes, aves y conejos.

- **Categoría 4:** Conservación del ambiente acuático, categoría ríos.

Tabla 3. Categoría 3 y 4: Riego de vegetales y bebida de animales – conservación del ambiente acuático

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (a)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
FÍSICOS-QUÍMICOS				
Acaratos y Grasas	mg/L		5	10
Bicarbonatos	mg/L		518	**
Cloruro Wad	mg/L		0,1	0,1
Cloruros	mg/L		300	**
Color (Pt)	Color verdadero Escala Pt-Co		100 (a)	100 (a)
Conductividad	(µS/cm)		2 500	5 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L		15	15
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L		40	40
Detergentes (SAAM)	mg/L		0,2	0,5
Fenoles	mg/L		0,002	0,01
Fierros	mg/L		1	**
Nitratos (NO ₃ -N) + Nitritos (NO ₂ -N)	mg/L		100	100
Nitrógeno (NO ₃ -N)	mg/L		10	10
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L		≥ 4	≥ 5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH		8,5 - 8,5	8,5 - 8,8
Sulfatos	mg/L		1 000	1 000
Temperatura	°C		Δ 3	Δ 3
INORGÁNICOS				
Aluminio	mg/L		5	5

Categoría 4: Conservación del ambiente acuático

Parámetros	Unidad de medida	Et: Lagos y aguas	E2: Ríos		E3: Ecosistemas costeros y marinos	
			Costa y estero	Salto	Estuarios	Marismas
FÍSICOS-QUÍMICOS						
Acaros y Grasas (MFI)	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Carbón Libre	mg/L	0,002	0,002	0,002	0,001	0,001
Color (Pt)	Color verdadero Escala Pt-Co	20 (a)	20 (a)	20 (a)	**	**
Dureza A	mg/L	0,08	**	**	**	**
Conductividad	(µS/cm)	1 000	1 000	1 000	**	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	5	10	10	15	15
Fenoles	mg/L	2,30	2,30	2,30	5,8	5,8
Fierros totales	mg/L	0,030	0,03	0,05	0,129	0,02
Nitratos (NO ₃ -N)	mg/L	12	12	12	200	200
Amonio Total (NH ₄)	mg/L	(1)	(1)	(1)	(2)	(2)
Nitrógeno Total	mg/L	0,216	**	**	**	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 4	≥ 4	≥ 4	≥ 4	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	8,0 a 9,0	8,5 a 9,0	8,5 a 9,0	8,0 - 8,3	8,0 - 8,3
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	≤ 20	≤ 100	≤ 400	≤ 100	≤ 30
Sulfatos	mg/L	0,002	0,02	0,02	0,002	0,002
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	Δ 3	Δ 2	Δ 2
INORGÁNICOS						
Artenico	mg/L	0,04	0,04	0,04	**	**
Artenico	mg/L	0,10	0,10	0,10	0,006	0,006
Bario	mg/L	0,7	0,7	7	1	**
Cadmio Disuelto	mg/L	0,0020	0,0020	0,0020	0,006	0,006
Cadmio	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,05	0,05
Cromo VI	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,05	0,05
Mercurio	mg/L	0,003	0,003	0,003	0,001	0,001
Níquel	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,002	0,002
Plomo	mg/L	0,0020	0,0020	0,0020	0,001	0,001
Selenio	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,01	0,01
Talio	mg/L	0,0008	0,0008	0,0008	**	**
Zinc	mg/L	0,12	0,12	0,12	0,001	0,001
ORGÁNICOS						
Compuestos Orgánicos Volátiles						
Hidrocarburos Totales de Puentes	mg/L	0,3	0,3	0,3	0,1	0,3
Hexoclorociclohexano	mg/L	0,0008	0,0008	0,0008	0,0008	0,0008
BTEX						
Benceno	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Hidrocarburos Aromáticos						
Benceno/Pireno	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Acenafeno	mg/L	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004
Fluoranteno	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Bifenilos Policlorados						
Dibencilo Poloclorado (PCB)	mg/L	0,000014	0,000014	0,000014	0,00003	0,00003
PLAUCIDAS						
Organoclorados						
Metileno	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Paratol	mg/L	0,00013	0,00013	0,00013	**	**
Organosulfados						
Acefto	mg/L	0,00004	0,00004	0,00004	**	**
Clorato	mg/L	0,000040	0,000040	0,000040	0,00004	0,00004
DDT (suma de 4-EDD y 4,4'-DDE)	mg/L	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001
Dieldrin	mg/L	0,000030	0,000030	0,000030	0,000019	0,000019
Endosulfato	mg/L	0,000030	0,000030	0,000030	0,000007	0,000007
Everit	mg/L	0,000030	0,000030	0,000030	0,000003	0,000003
Heptaclor	mg/L	0,000030	0,000030	0,000030	0,000009	0,000009

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (a)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
Artenico	mg/L	0,1		0,2
Bario	mg/L	0,7		**
Bario	mg/L	0,1		0,1
Boro	mg/L	1		5
Cadmio	mg/L	0,01		0,05
Cobalto	mg/L	0,2		0,5
Cobalto	mg/L	0,05		1
Cromo Total	mg/L	0,1		1
Hierro	mg/L	5		**
Litio	mg/L	2,5		2,5
Magnesio	mg/L	**		350
Manganeso	mg/L	0,2		0,2
Mercurio	mg/L	0,001		0,01
Níquel	mg/L	0,2		1
Plomo	mg/L	0,05		0,05
Selenio	mg/L	0,02		0,05
Zinc	mg/L	2		24

MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS

Parámetros	Unidad de medida	1 000	2 000	1 000
Coliformes Totales	NMP/100 ml	1 000	2 000	1 000
Escherichia coli	NMP/100 ml	1 000	**	**

Parámetros	Unidad de medida	Et: Lagos y aguas	E2: Ríos		E3: Ecosistemas costeros y marinos	
			Costa y estero	Salto	Estuarios	Marismas
Hepatitis B virus	mg/L	0,000004	0,000004	0,000004	0,000004	0,000004
Leishmania	mg/L	0,0008	0,0008	0,0008	**	**
Parasitocitos (PCP)	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Celulosa						
Almidón	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,0001	0,0001
MICROBIOLÓGICOS						
Coliformes Totales	NMP/100 ml	1 000	2 000	2 000	1 000	2 000

Fuente: Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM

3.4.4. Determinación de los valores de índices de Calidad Ambiental.

Para obtener el índice de calidad de agua se utilizó la fórmula de tipo canadiense, que tiene tres factores (alcance, frecuencia y amplitud) y que como resultado del cálculo matemático nos acaba dando un resultado único (entre 0-100) que va a representar, a partir de su valor, el estado de la calidad del agua de un punto de seguimiento, de un curso de agua, de un río o cuenca.

La definición y determinación de estos tres factores se indican en los siguientes párrafos:

F1 - Alcance: representa la cantidad de parámetros de calidad que no cumplen los valores establecidos en la normativa, Estándares de Calidad Ambiental para Agua (ECA- Agua) vigente, respecto al total de parámetros a evaluar.

$$F_1 = \frac{\text{Número de parámetros que no cumplen los ECA - Agua}}{\text{Número Total de parámetros a evaluar}}$$

F2 - Frecuencia: representa la cantidad de datos que no cumplen la normativa ambiental (ECA- Agua) respecto al total de datos de los parámetros a evaluar (datos que corresponden a los resultados de un mínimo de 4 monitoreos).

$$F_2 = \frac{\text{Número de los parámetros que No cumplen el ECA - Agua de los Datos Evaluados}}{\text{Número Total de datos evaluados}}$$

Donde:

Datos = Resultados de los monitoreos

F3 - Amplitud: es una medida de la desviación que existe en los datos, determinada por la suma normalizada de excedentes, es decir los excesos de todos los datos respecto al número total de datos.

$$F_3 = \frac{\text{Suma Normalizada de Excedentes}}{\text{Suma Normalizada de Excedentes} + 1} \times 100$$

En donde, la Suma Normalizada de Excedentes (nse):

$$nse = \text{Suma Normalizada de Excedentes} = \frac{\sum_1 = \text{Excedentes}_i}{\text{Total de Datos}}$$

EXCEDENTE, se da para cada parámetro, siendo el valor que representa la diferencia del valor ECA y el valor del dato respecto al valor del ECA - Agua.

Caso 1: Cuando el valor de concentración del parámetro supera al valor establecido en el ECA - Agua, el cálculo del excedente se realiza de la siguiente manera:

$$Excedente_i = \frac{\text{Valor del parametro que no cumple el ECA - Agua}}{\text{Valor establecido del parametro en ECA - Agua}} - 1$$

Caso 2: Cuando el valor de concentración del parámetro es menor al valor establecido en el ECA - Agua, incumpliendo la condición señalada en el mismo, como ejemplo: el Oxígeno Disuelto (> 4), pH ($>6.5, <8.5$), el cálculo del excedente se realiza de la siguiente manera:

$$Excedente_i = \frac{\text{Valor establecido del parametro en ECA - Agua}}{\text{Valor del parametro que no cumple el ECA - Agua}} - 1$$

Una vez obtenido el valor de los factores ($F_1, F_2, \text{ y } F_3$) se procede a realizar el Cálculo del Índice de Calidad de Agua, siendo este la diferencia de 100 y la raíz cuadrada del promedio de los cuadrados de los tres (03) factores, $F_1, F_2 \text{ y } F_3$; valor que se presenta en un rango de 100, como un ICA de excelente calidad a 0, como valor que representa un ICA de pésima calidad. Se expresa en la siguiente ecuación:

$$ICA - PE = 100 - \sqrt{\frac{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}{3}}$$

Para determinar el índice de calidad del agua se utilizó una planilla de Microsoft Excel, a partir de un macro en el que se ingresaron los datos y las fórmulas necesarias para determinar los factores ($F_1, F_2 \text{ y } F_3$). Se obtuvo así el valor del Índice de Calidad de Agua (ICA - PE), el cual se expresa como un número adimensional en este rango, el que permite clasificar la calidad del agua en cinco niveles de sensibilidad (ver Tabla N.º 04), que son: Pésimo, Malo, Regular, Bueno y Excelente.

Tabla 4. Interpretación de la calificación ICA - PE

ICA - PE	Calificación	Interpretación
90 - 100	Excelente	La calidad del agua está protegida con ausencia de amenazas o daños. Las condiciones son muy cercanas a niveles naturales o deseados.
75 - 89	Bueno	La calidad del agua se aleja un poco de la calidad natural del agua. Sin embargo, las condiciones deseables pueden estar con algunas amenazas o daños de poca magnitud.
45 - 74	Regular	La calidad del agua natural ocasionalmente es amenazada o dañada. La calidad del agua a menudo se aleja de los valores deseables. Muchos de los usos necesitan tratamiento.

30 – 44	Malo	La calidad del agua no cumple con los objetivos de calidad, frecuentemente las condiciones deseables están amenazadas o dañadas. Muchos de los usos necesitan tratamiento.
0 – 29	Pésimo	La calidad del agua no cumple con los objetivos de calidad, casi siempre está amenazada o dañada. Todos los usos necesitan previo tratamiento.

Fuente: Autoridad Nacional del Agua 2018.

Este modelo de evaluación cualitativa se complementa con una escala de colores, donde una calificación se asocia a un color determinado de forma que sea más fácil su interpretación y muestre de forma gráfica el estado de la calidad de aguas.

El índice de calidad de aguas, medido en un periodo concreto, lo conforman los parámetros físicos, químicos y microbiológicos que se tienen en cuenta en el análisis; y, a través de un método matemático, permite traducir grandes volúmenes de información (concentraciones de los parámetros considerados) a la variable índice y expresar dicha variable en una única escala porcentual. En este caso, un valor próximo al 0% significa un fuerte deterioro de la calidad de las aguas en ese punto de control y, un valor próximo al 100% significa que se están alcanzando condiciones óptimas.

La metodología utilizada se aplica a diversas situaciones siempre y cuando se disponga de datos de control para permitir el cálculo y la presentación de los ICA de una región o cuerpo de agua a partir de: (1) todos los registros, (2) los muestreos realizados en temporada seca y (3) en periodo de lluvias.

Los índices de calidad de agua resultante fueron comparados con los índices de calidad de agua de los años anteriores y se determinaron si la contaminación del agua del río Huallaga disminuyó o aumentó con el pasar de los años.

Los datos de los valores resultantes de años anteriores serán obtenidos de la base de datos de los monitoreos de calidad de agua superficial realizados por la Autoridad Nacional del Agua, Administración Local de Agua Alto Huallaga, con sede en la ciudad de Huánuco

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Identificación de la actividad humana que alteran la calidad del río Huallaga en la ciudad de Huánuco, 2024.

4.1.1. Reconocimiento de campo al área de estudio

El área de estudio consta de un tramo de aproximadamente 26.8 km del río Huallaga, comprendido entre el punto RHual 1, ubicado a unos 180 metros aguas abajo del puente de Tomayquichua, y el punto RHual 3, a 50 metros antes de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) San Andrés, en el distrito de Amarilis. Este segmento se encuentra dentro de la jurisdicción de la ALA Alto Huallaga y la Autoridad Administrativa del Agua Huallaga (AAA Huallaga). Se eligió este tramo debido a su alta exposición a actividades urbanas, domésticas, agrícolas y de servicios, ya que atraviesa sectores de distinta intensidad urbana. El de menor intensidad es la zona del distrito de Tomayquichua, Las Pampas, y que va en aumento llegando a las zonas del distrito de Pillco Marca, Amarilis y Huánuco. Este tramo del río es receptor de múltiples vertimientos domésticos y residuos urbanos, lo que lo convierte en un sector clave para el análisis de la influencia de la actividad humana sobre la calidad hídrica. Además, el rango altitudinal del área de estudio se sitúa entre los 1889 y 2016 msnm, lo que representa condiciones propias de un valle interandino con alta intervención antrópica.

4.1.2. Descripción de las características del río Huallaga

A lo largo del tramo evaluado, el río Huallaga presenta una ribera cubierta por vegetación nativa compuesta por arbustos, hierbas y árboles propios del ecosistema andino amazónico. Su cauce mantiene una geometría irregular, lo que indica que recorre su trayecto siguiendo el curso natural, sin encauzamientos artificiales evidentes. El sentido de flujo se mantiene paralelo a la zona urbana de Huánuco, lo que incrementa su vulnerabilidad frente a presiones antrópicas. En ambos márgenes se identificaron viviendas construidas con materiales rústicos y de concreto, así como terrenos agrícolas que llegan hasta el borde del cauce, lo cual genera riesgo de aportes difusos y descargas directas. Además, se observó que la quebrada afluente presenta un lecho colmatado, con acumulación de piedras y bolones, lo que sugiere arrastre de materiales producto de la deforestación o erosión en zonas altas. Finalmente, el ancho del cauce del río Huallaga varía entre los 35 y 60 metros, con ciertas zonas donde el encajonamiento es mayor debido a la expansión urbana, lo cual influye directamente en la dinámica de flujo y en la capacidad de autodepuración del río.

4.1.3. Actividades humanas dentro del tramo de estudio

A lo largo del estudio, se identificaron varias actividades humanas que impactan de manera directa y significativa la calidad del agua del río Huallaga. Entre las más notables se encuentran las actividades domésticas, ya que muchas comunidades ubicadas a lo largo de ambas orillas del río, como Tomayquichua, Las Pampas, Andabamba, Colpa Alta, Cayhuayna, Paucarbamba, Huánuco, Huayopampa, Yanag, La Esperanza y San Andres, dependen del agua para su consumo, higiene personal, lavado de ropa y otras necesidades básicas. Sin embargo, la falta de sistemas adecuados para el tratamiento de aguas residuales hace que las aguas usadas se viertan directamente en el río sin ningún tipo de purificación previa. Esta práctica aumenta la carga orgánica, los nutrientes y los microorganismos patógenos, alterando las condiciones fisicoquímicas y microbiológicas del agua, lo que representa un riesgo potencial tanto para la salud de las comunidades ribereñas como para el equilibrio de los ecosistemas acuáticos que dependen de ella.

Tabla 5. Coordenadas UTM de Vertimientos de Agua Residual

Actividad	Coordenadas UTM			
	Este	Norte	Altitud	
Actividad 1	Vertimiento de Agua residuales	366765	8886262	2009
Actividad 2	Vertimiento de Agua residuales	366668	8887772	2009
Actividad 3	Vertimiento de Agua residuales	365800	8888681	1991
Actividad 4	Vertimiento de Agua residuales	364743	8890998	1971
Actividad 5	Vertimiento de Agua residuales	364746	8891017	1971
Actividad 6	Vertimiento de Agua residuales	363525	8896327	1944
Actividad 7	Vertimiento de Agua residuales	363581	8899726	1913
Actividad 8	Vertimiento de Agua residuales	363632	8899754	1923
Actividad 9	Vertimiento de Agua residuales	362824	8900665	1918
Actividad 10	Vertimiento de Agua residuales	364797	8903189	1883
Actividad 11	Vertimiento de Agua residuales	364629	8904429	1887
Actividad 12	Vertimiento de Agua residuales	364849	8904801	1887
Actividad 13	Vertimiento de Agua residuales	365331	8905704	1872
Actividad 14	Vertimiento de Agua residuales	367044	8907049	1856

Se ha observado que hay muchos lavaderos de vehículos que vierten sus aguas residuales directamente al río Huallaga, sin ningún tratamiento previo. Estas aguas están

cargadas de sedimentos, grasas, aceites, hidrocarburos y detergentes, lo que representa una fuente importante de contaminación, tanto orgánica como inorgánica. La descarga constante de estos efluentes deteriora la calidad del agua, aumentando la turbidez, la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) y la presencia de sustancias que pueden ser tóxicas para la vida acuática. Estas actividades se concentran principalmente en áreas urbanas densamente pobladas, abarcando lugares desde Cayhuayna, en el distrito de Pillco Marca, hasta el centro de Huánuco, Paucarbamba y Huayopampa, en el distrito de Amarilis. La cercanía de estos lavaderos al río o su conexión informal a sistemas de drenaje pluvial facilita que los contaminantes lleguen directamente al agua. En el siguiente cuadro, se identifican 35 lavaderos de vehículos en los diferentes distritos analizados, de los cuales 5 descargan sus aguas residuales directamente al río Huallaga, lo que los convierte en puntos críticos de contaminación que necesitan atención urgente por parte de las autoridades competentes.

Tabla 6. Coordenadas UTM de lavaderos que descargan directamente sus aguas al río Huallaga

N° Lavadero	Coordenadas UTM		
	Este	Norte	Altitud
1	363034	8900812	1903
2	363056	8900824	1902
3	362984	8900755	1899
4	362985	8900730	1900
5	363375	8899974	1920

Tabla 7. Coordenadas UTM de lavaderos que se encuentran dispersos

N° Lavadero	Coordenadas UTM		
	Este	Norte	Altitud
6	364767	8902550	1894
7	363622	8900168	1924
8	363598	8900154	1924
9	363580	8900142	1924
10	363560	8900132	1924
11	363557	8900130	1924
12	363539	8900120	1925
13	363521	8900110	1925
14	363516	8900106	1925

15	363508	8900101	1925
16	363500	8900095	1925
17	362507	8901095	1906
18	362465	8901116	1906
19	362321	8901149	1906
20	363187	8901354	1903
21	363117	8901429	1906
22	363819	8902664	1903
23	364442	8903002	1897
24	363278	8901900	1902
25	364255	8901029	1929
26	364999	8903715	1883
27	365089	8904112	1875
28	365233	8904033	1878
29	365185	8904132	1877
30	365431	8904105	1876
31	364846	8904379	1874
32	363092	8901720	1906
33	363745	8897327	1937
34	363744	8897357	1938
35	363742	8897364	1938
36	363742	8897372	1938
37	363741	8897379	1938
38	363743	8897385	1938
39	363743	8897391	1938
40	363743	8897397	1939

Otro tipo de actividad que se ha identificado es la extracción de material de acarreo, como grava, arena y piedra. Esta actividad se lleva a cabo tanto en áreas autorizadas como en aquellas que no lo están, a lo largo del tramo que estamos estudiando. Estas acciones implican la remoción constante de arena, grava y piedras del cauce y de las orillas del río, lo que altera la forma natural del lecho fluvial y cambia la dinámica hidráulica del sistema. Como resultado, se produce un aumento en la sedimentación y en la turbidez del agua, lo que disminuye la penetración de la luz y afecta los procesos biológicos del ecosistema acuático.

Además, estas intervenciones generan desequilibrios ecológicos, impactan negativamente a la biota acuática y favorecen la erosión de las orillas y el socavamiento de las márgenes, aumentando la vulnerabilidad del entorno. En total, se han registrado 18 zonas de extracción no autorizadas, cuyas coordenadas UTM y altitudes están debidamente identificadas en la tabla correspondiente, localizándose principalmente en un rango altitudinal entre los 1903 y 2003 msnm.

Tabla 8. Coordenadas UTM de las Zonas de Extracción No Autorizadas

N° Zona de extracción	Coordenadas UTM		
	Este	Norte	Altitud
Zona Extracción 1	366999	8886896	2001
Zona Extracción 2	366983	8886952	2003
Zona Extracción 3	366951	8887041	2002
Zona Extracción 4	366917	8887385	1997
Zona Extracción 5	366821	8887355	1998
Zona Extracción 6	366579	8887538	1994
Zona Extracción 7	366583	8887849	1996
Zona Extracción 8	365871	8889079	1985
Zona Extracción 9	365869	8889159	1984
Zona Extracción 10	365851	8889220	1986
Zona Extracción 11	365762	8889476	1983
Zona Extracción 12	365578	8889700	1982
Zona Extracción 13	364791	8891297	1971
Zona Extracción 14	365329	8892116	1957
Zona Extracción 15	364531	8894103	1947
Zona Extracción 16	364047	8896003	1935
Zona Extracción 17	363833	8896964	1929
Zona Extracción 18	362787	8900603	1903

Tabla 9. Coordenadas UTM de las Zonas de Extracción Autorizadas

N° Zona de extracción	Coordenadas UTM		
	Este	Norte	Altitud
Zona de Extracción 1	365248	8889939	1983
Zona de Extracción 2	365467	8891896	1964

Zona de Extracción 3	365415	8892055	1959
Zona de Extracción 4	364277	8894475	1946
Zona de Extracción 5	364079	8894633	1942
Zona de Extracción 6	364134	8895044	1944
Zona de Extracción 7	365348	8906053	1867
Zona de Extracción 8	367152	8906947	1860

Por otro lado, se identificaron ocho zonas autorizadas para la extracción de material de acarreo, que se detallan en el Cuadro 9. En estas áreas, se observó una intervención directa en el cauce del río, y en varios casos, esto se realizó sin una señalización adecuada ni la implementación de medidas efectivas para el manejo y control ambiental. Estas zonas de extracción están ubicadas a altitudes que varían entre los 1860 y 1983 msnm. Aunque cuentan con la debida autorización, las prácticas llevadas a cabo allí están modificando la dinámica fluvial y afectando la estabilidad del lecho y las márgenes del río. La presencia de estas actividades, especialmente cuando se combinan con zonas de extracción no autorizadas, ejerce una presión directa sobre el ecosistema acuático. Esto contribuye a la colmatación del cauce, altera el flujo natural y deteriora progresivamente la calidad del agua. Además, su interacción con vertimientos domésticos, el uso informal del río y otras prácticas humanas intensifica los impactos ambientales acumulativos, acentuando el deterioro gradual del río Huallaga mientras atraviesa la ciudad de Huánuco.

4.1.4. Inventario de los puntos RUPAP dentro del tramo de estudio

Según el Registro Único de Procesos de Adecuación Progresiva (RUPAP), que es una base de datos gestionada por la Administración Local de Agua (ALA) Alto Huallaga, en el cual se han identificado 31 puntos de vertimiento registrados ante la autoridad competente que vierten sus efluentes directamente al río Huallaga en el área de estudio. Aunque estos vertimientos cuentan con la autorización formal, se ha comprobado que no tienen sistemas adecuados de tratamiento previo. Como resultado, las aguas residuales se descargan directamente en el río, lo que afecta la calidad físicoquímica y microbiológica del agua. Esta situación contribuye al aumento de la carga orgánica, nutrientes y microorganismos patógenos, lo que a su vez perjudica la capacidad del río para autodepurarse y el equilibrio del ecosistema acuático. Además, la descarga continua de estos efluentes limita los usos del agua río abajo y representa un riesgo potencial para la salud pública y el medio ambiente, especialmente en áreas con alta densidad poblacional.

Tabla 10. Puntos RUPAP al largo del río Huallaga en el Ámbito de la ALA Alto Huallaga.

Código	Descripción	Vertimiento/Reúso	Norte	Este	Caudal (l/s)	Institución
V-PY-199-32	ESTADIO LEON DE HUÁNUCO	Vertimiento	8900828	363072	4	
V-PY-199-30	URB. SAN HILARION - CAYHUAYNITA	Vertimiento	8900458	362774	18	
V-PY-199-29	PILLKO MARCA -04 - URB. GUARDIA CIVIL	Vertimiento	8899657	363537	5	
V-PY-199-27	PILLKO MARCA -03 - JR. ALISOS	Vertimiento	8899500	363554	6	
V-PY-199-26	PILLKO MARCA -02 - JR. ALMENDROS	Vertimiento	8899240	363775	7	EPS SEDA HUANUCO
V-PY-199-25	PILLKO MARCA -01 - JR. MIRAFLORES	Vertimiento	8899077	363896	8	
V-PY-199-24	AA.HH. SAN GERMAN	Vertimiento	8899956	363337	1	
V-PY-19-23	PUENTE HUALLAGA	Vertimiento	8900530	362770	2	
V-PY-199-22	ZONA CERO - JR. ICA	Vertimiento	8907360	364075	4	
V-PY-199-21	ZONA CERO - MAL. HUALLAGA	Vertimiento	8902187	364703	6	
V-PY-199-20	CH. FONAVI-1	Vertimiento	8903094	364783	19	
V-PY-199-19	PSJ. WATSON	Vertimiento	8903782	364702	5	
V-PY-199-17	ISTAP	Vertimiento	8904750	364876	6	
V-PY-199-16	URB. LOS PINOS	Vertimiento	8906537	365845	10	
V-PY-199-15	URB. HUAYOPAMPA	Vertimiento	8906253	365514	8	
V-PY-199-13	CHUNAPAMPA II - POSTA	Vertimiento	8900879	363029	1	
V-PY-199-11	CHUNAPAMPA I - BADEN 3	Vertimiento	9901151	363347	2	
V-PY-199-9	KILOMBO	Vertimiento	8901420	364116	2	
V-PY-199-8	JR. SEICHI IZUMI	Vertimiento	8901151	363347	4	
V-PY-199-7	TARAPACA-02 CDRA. 5	Vertimiento	8901420	364116	2	

V-PY-199-6	TARAPACA-01 CDRA. 6	Vertimiento	8901443	364137	6	
V-PY-199-5	CIRCUNVALACION - HUANUCO	Vertimiento	8903438	364738	12	
V-PY-199-4	CIRCUNVALACION	Vertimiento	8903436	364742	8	
V-PY-199-3	CIRCUNVALACION - 01 A.H. ARBULU PINEDA	Vertimiento	8903456	364737	2	
V-PY-199-2	AA.HH. LEONCIO PRADO	Vertimiento	8904125	364592	2	
V-PY-900-4		Vertimiento	8896925	363811	2	M.D. AMARILIS
V-PY-137-3		Vertimiento	8898271	363888	1	
V-PY-137-2		Vertimiento	8896121	363715.8 5	2	M.D. PILLCO MARCA
V-PY-137-1		Vertimiento	8895746	364173	9	
V-PY-165-1		Vertimiento	8890154	365186	1.1	M.D. CONCHAMARCA
		Vertimiento	8891322	365087	1.1	

Fuente: ALA Alto Huallaga

Las ubicaciones registradas comprenden puntos distribuidos entre centros poblados, instituciones educativas, urbanizaciones, asentamientos humanos y municipalidades distritales. En muchos casos, los caudales permitidos superan los 10 l/s, lo cual representa una carga significativa de materia orgánica, nutrientes y posiblemente contaminantes emergentes. Destacan vertimientos como los de la EPS SEDA Huánuco en la Urbanización Guardia Civil, entre otros ubicados en distritos como Amarilis, Pillco Marca y Conchamarca. Este inventario permite identificar con precisión las fuentes puntuales autorizadas que, en la práctica, actúan como presiones permanentes sobre el río Huallaga, en tanto sus descargas carecen de infraestructura de tratamiento o de control de calidad continua. Esta situación refuerza la necesidad de considerar, en la evaluación del impacto antrópico sobre los cuerpos de agua, no solo las fuentes informales de contaminación, sino también aquellas de carácter institucional, a fin de lograr una apreciación más completa de las presiones que afectan la calidad del recurso hídrico.

4.1.5. Inventario de los puntos de vertimiento de aguas residuales e industriales no autorizados

En la siguiente tabla, se muestran los puntos de vertimiento, tanto domésticos como industriales, que descargan sus aguas residuales directamente en el río Huallaga a lo largo

del tramo de estudio que abarca desde RHual 1 hasta RHual 3. Estos vertimientos no cuentan con la autorización de la Autoridad Nacional del Agua (ANA) y, además, no tienen sistemas adecuados para un tratamiento previo. Esto incrementa notablemente su impacto negativo en la calidad del agua del río. De todos los puntos registrados, 14 son vertimientos de origen doméstico, que se distinguen por la descarga de aguas turbias, con una clara presencia de aguas grises y residuos orgánicos. Estas descargas provienen tanto de viviendas individuales como de colectores informales, y se vierten al cauce a través de sistemas precarios, como tuberías directas, canales de concreto o conexiones improvisadas al alcantarillado, todos en condiciones de “sin autorización”. Esto resalta la deficiente gestión de las aguas residuales en el área de estudio.

Además, se encontraron cinco vertimientos de agua residual industriales que provienen de lavaderos de vehículos. Estos lugares presentan características de aguas residuales que contienen detergentes, grasas y aceites, lo que representa una contaminación físico-química bastante significativa. En su mayoría, estas descargas no cuentan con un sistema de tratamiento adecuado y son dirigidas directamente al cauce a través de sistemas de alcantarillado no autorizados. Es importante mencionar que uno de los puntos más críticos es el vertimiento del Camal Municipal de Huánuco, que se clasifica como doméstico-industrial. Las aguas que se vierten aquí están llenas de sangre, material orgánico y varios residuos biológicos, lo que representa un gran riesgo tanto para la salud pública como para el equilibrio ambiental de la zona. Este tipo de desechos puede facilitar la proliferación de bacterias, virus y otros microorganismos patógenos, además de provocar malos olores y atraer plagas como insectos y roedores. El vertimiento se realiza a través de un canal de concreto que desemboca directamente en el río, sin ningún tipo de tratamiento o purificación previa, lo que aumenta la contaminación del agua, afecta su calidad y pone en peligro a las comunidades que dependen de esta fuente para sus actividades diarias, agrícolas o recreativas.

Este inventario pone de manifiesto el gran impacto que las actividades humanas tienen sobre el río Huallaga. Esto se debe, en gran parte, a los vertimientos domésticos y a pequeñas actividades productivas e industriales que operan sin la debida autorización ni un tratamiento adecuado. Estas descargas se vierten directamente en el cauce del río, lo que aumenta la carga orgánica y la cantidad de microorganismos, alterando así los parámetros microbiológicos y fisicoquímicos del agua. Esto, a su vez, afecta su calidad y sus diferentes usos. Por lo tanto, identificar estas fuentes es crucial para incluirlas en el análisis del Índice de Calidad del Agua Peruano (ICA-PE). Esto permitirá una evaluación más precisa del estado real

del río y proporcionará información técnica que apoye acciones de control, gestión y protección del recurso hídrico. Además, facilitará la implementación de medidas para la recuperación ambiental en el tramo evaluado y el fortalecimiento de estrategias de monitoreo y fiscalización de los vertimientos.

Tabla 11. Inventario de aguas residuales domésticas e industriales no autorizados

Actividad	Fuente de agua residual	Características del agua	Descarga directa	Sistema de recolección	Estado legal
Vertimiento -1	Doméstico	Turbio, presencia aguas grises	Río Huallaga	Alcantarillado	Sin Autorización
Vertimiento -2	Doméstico	Turbio, presencia aguas grises	Río Huallaga	Tubería directa	Sin Autorización
Vertimiento -3	Doméstico	Turbio, presencia aguas grises	Río Huallaga	Tubería directa	Sin Autorización
Vertimiento -4	Doméstico	Turbio, presencia aguas grises	Río Huallaga	Alcantarillado	Sin Autorización
Vertimiento -5	Doméstico	Turbio, presencia aguas grises	Río Huallaga	Alcantarillado	Sin Autorización
Vertimiento -6	Doméstico	Turbio, presencia aguas grises	Río Huallaga	Tubería directa	Sin Autorización
Vertimiento -7	Doméstico	Turbio, presencia aguas grises	Río Huallaga	Alcantarillado	Sin Autorización
Vertimiento -8	Doméstico	Turbio, presencia aguas grises	Río Huallaga	Tubería directa	Sin Autorización
Vertimiento -9	Doméstico	Turbio, presencia aguas grises	Río Huallaga	Tubería directa	Sin Autorización
Vertimiento -10 Camal Municipal HCO	Doméstico - industrial	Turbio, presencia de sangre, material orgánico y material biológico	Río Huallaga	Canal de concreto directo	Sin Autorización
Vertimiento -11	Doméstico	Turbio, presencia aguas grises	Río Huallaga	Tubería directa	Sin Autorización
Vertimiento -12	Doméstico	Turbio, presencia aguas grises	Río Huallaga	Tubería directa	Sin Autorización
Vertimiento -13	Doméstico	Turbio, presencia aguas grises	Río Huallaga	Tubería directa	Sin Autorización
Vertimiento -14	Doméstico	Turbio, presencia aguas grises	Río Huallaga	Tubería directa	Sin Autorización
Lavadero 1	Industrial	Turbio, presencia de detergentes, grasas y aceites	Río Huallaga	Alcantarillado	Sin Autorización
Lavadero 2	Industrial	Turbio, presencia de detergentes, grasas y aceites	Río Huallaga	Alcantarillado	Sin Autorización

Lavadero 3	Industrial	Turbio, presencia de detergentes, grasas y aceites	Río Huallaga	Alcantarillado	Sin Autorización
Lavadero 4	Industrial	Turbio, presencia de detergentes, grasas y aceites	Río Huallaga	Alcantarillado	Sin Autorización
Lavadero 5	Industrial	Turbio, presencia de detergentes, grasas y aceites	Río Huallaga	Canal de concreto directo	Sin Autorización

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos muestran una variedad de actividades que están ejerciendo una presión directa sobre la calidad del agua del río Huallaga en el tramo que se estudió. Esto crea un escenario de intervención humana constante, con fuentes que van desde lo doméstico hasta lo industrial y extractivo. Se encontraron vertimientos no autorizados de aguas residuales de viviendas, que presentan características de aguas grises, turbidez y residuos orgánicos, los cuales son descargados a través de tuberías directas o conexiones improvisadas. Además, los lavaderos de vehículos contribuyen con detergentes, grasas y aceites que alteran los parámetros fisicoquímicos del agua. Es especialmente preocupante el vertimiento del Camal Municipal de Huánuco, que contiene sangre y residuos biológicos, lo que representa un riesgo ambiental y sanitario significativo. Esta situación coincide con lo que señala Aguilar (2023), quien menciona que los vertimientos sin tratamiento impactan de manera considerable los parámetros microbiológicos y la calidad ecológica del río Huallaga. También se identificaron 31 puntos RUPAP que descargan directamente al río; aunque no cuentan con una autorización definitiva, son parte del proceso de adecuación progresiva de las EPS para obtener su autorización de vertimiento.

Los puntos de vertimiento registrados en el RUPAP corresponden a descargas de aguas residuales que llegan directamente al río sin tratamiento previo; este registro es emitido por la Dirección General de Asuntos Ambientales del Ministerio de Vivienda y, aunque forma parte de un proceso de adecuación, evidencia una situación que puede contradecir los objetivos del marco regulatorio y generar impactos ambientales severos si no se implementan sistemas de tratamiento. Esta problemática es coherente con lo señalado por Cerna et al. (2022), quienes atribuyen la presencia de coliformes y DBO elevadas en la cuenca del Huallaga tanto a fuentes legales como informales de descarga. A ello se suman las zonas de extracción de material de acarreo, autorizadas y no autorizadas, identificándose 26 puntos que alteran la morfología del cauce, favorecen la colmatación, el arrastre de sedimentos y la pérdida de capacidad de autodepuración del río. Situación similar ha sido reportada por Cerna Cueva et al. (2022) y por

Encarnación y Valle (2024), quienes indican que las actividades extractivas y las descargas acumuladas modifican la dinámica fluvial y comprometen la calidad del agua y la sostenibilidad del río Huallaga.

La interconexión de estas actividades humanas ha sido documentada a nivel internacional, lo que nos ayuda a entender mejor la problemática del río Huallaga en un contexto más amplio. Nyagongo et al. (2024) informaron que en la cuenca del río Lukosi, en Tanzania, las actividades agrícolas, industriales y domésticas han aumentado la carga de contaminantes, elevando los valores del Índice de Calidad del Agua (WQI) por encima de los límites permitidos. Los autores destacan que las descargas directas de aguas residuales y la mala gestión de residuos han alterado los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua, disminuyendo la capacidad de autodepuración del río. Esta situación es similar a la que se observa en el río Huallaga, donde las descargas domésticas, productivas y extractivas ejercen una presión constante sobre la calidad del agua. En ambos casos, la infraestructura de tratamiento limitada y el control insuficiente de los vertimientos contribuyen al deterioro progresivo del recurso hídrico, lo que pone de manifiesto la necesidad de fortalecer las acciones de gestión, monitoreo y control para su conservación.

4.2. Caracterización y comparación de parámetros fisicoquímicos y biológicos con respecto a los estándares de calidad ambiental.

4.2.1. Determinación de puntos de muestreo

Se establecieron tres puntos de muestreo estratégicamente ubicados a lo largo del tramo urbano del río Huallaga, desde el puente Tomayquichua hasta las cercanías de la PTAR San Andrés, en el distrito de Amarilis. El objetivo es obtener información representativa sobre la calidad del agua en áreas con diferentes niveles de intervención humana. Los puntos, llamados R Hual 1, R Hual 2 y R Hual 3, fueron elegidos teniendo en cuenta la accesibilidad, la dinámica del cauce y la proximidad a posibles fuentes de descarga, así como también referenciados en los puntos de monitoreo establecidos por la Administración Local de Agua Alto Huallaga. Esto permite realizar un análisis comparativo de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del río en zonas con distintos grados de presión humana. Además, se georreferenciaron las coordenadas UTM y las elevaciones de cada punto bajo el sistema WGS 84 – Zona 18L, asegurando la precisión de su ubicación y la posibilidad de replicar el monitoreo en futuras evaluaciones. Los detalles de su localización se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 12. Puntos de muestreo

Puntos de muestreo	Coordenadas UTM WGS 84 – 18 L			Referencia
	Este (m)	Norte (m)	Elevación (m)	
R Hual 1	366866	8886412	2007	Cerca al Puente Tomayquichua
R Hual 2	363046	8900786	1906	Intersección del Río Huallaga y Río Higueras
R Hual 3	367119	8906972	1859	Cerca de la PTAR San Andrés

La selección de estos puntos de muestreo se realizó con base en criterios técnicos y estratégicos, con el fin de cubrir zonas diferenciadas según el grado de exposición a actividades humanas; el mapa de ubicación correspondiente se presenta en el Anexo, figura 41, de la presente investigación. En el punto RHual 1, ubicado aguas arriba del tramo urbano, cerca del puente Tomayquichua, se identificaron principalmente vertimientos de aguas residuales domésticas y zonas de extracción no autorizadas. Este sector cumple la función de punto de referencia inicial del estudio, representando un área con menor intervención directa en comparación con los demás tramos, ya que también cuenta con menor población. Sin embargo, estas prácticas ejercen una presión directa sobre el ecosistema fluvial al incorporar contaminantes orgánicos e inorgánicos. Gonzales et al. (2022) señalan que la proximidad de asentamientos urbanos y actividades no reguladas a los cauces incrementa la vulnerabilidad de los ríos, favoreciendo procesos de deterioro de la calidad del agua y sedimentación acelerada. Ortega Quispe et al. (2025) evidencian que los vertimientos domésticos sin tratamiento incrementan la carga orgánica y la presencia de coliformes termotolerantes en los ríos, generando una mayor vulnerabilidad del recurso hídrico frente a procesos de deterioro.

En el punto RHual 2, localizado en la confluencia del río Huallaga con el río Higueras, se constató una mayor concentración de actividades antrópicas, predominando los lavaderos informales de vehículos, las descargas de aguas residuales domésticas e institucionales y la presencia de zonas de extracción autorizadas y no autorizadas. Este tramo constituye una zona crítica donde confluyen múltiples fuentes de presión. Encarnación y Valle (2024) advirtieron que la coexistencia de descargas domésticas y falta de infraestructura sanitaria compromete la calidad del agua en Colpa Baja (Huánuco). De manera complementaria, Guerrero Padilla y Cabrera Carranza (2021) sostienen que cuando múltiples vertimientos urbanos se concentran en un mismo cauce, los impactos ambientales se intensifican y generan efectos acumulativos. Esto se relaciona con lo planteado por Yuan et al. (2019), quienes evidenciaron que las urbanizaciones con mayor densidad poblacional impactan

negativamente en la calidad del agua debido a la carga de nutrientes y microorganismos. Asimismo, Custodio et al. (2024) destacan que los aportes acumulados de contaminantes en ríos incrementan el riesgo ecológico a mediano plazo. A ello se suman los registros del RUPAP que refuerzan esta condición crítica al evidenciar descargas continuas en zonas como Pillco Marca y la zona centro de Huánuco, con caudales que oscilan entre los 6 l/s y 18 l/s. En este sentido, RHual 2 refleja un escenario altamente vulnerable que exige medidas urgentes de control y regulación.

En el punto RHual 3, situado en las inmediaciones de la PTAR San Andrés, se constató una menor intensidad de actividad en comparación con RHual 2; no obstante, se registraron extracciones y descargas puntuales cercanas al cauce. Este sector recoge el estado final del cuerpo de agua antes de salir del tramo urbano principal, reflejando las condiciones acumuladas del río. Encarnación y Valle (2024) señalan que, incluso en zonas con menor densidad de actividades, las descargas domésticas sin tratamiento siguen comprometiendo la calidad del agua destinada a riego. De manera complementaria, Guerrero Padilla y Cabrera Carranza (2021) sostienen que los tramos urbanos funcionan como zonas de transición donde la presión antrópica condiciona procesos ecológicos esenciales, mientras que Custodio et al. (2024) advierten que la acumulación de contaminantes en sedimentos y aguas superficiales puede generar riesgos ecológicos persistentes. Asimismo, Villanueva et al. (2023) recalcan que los impactos crónicos derivados de la urbanización requieren un monitoreo constante para prevenir afectaciones severas en la biota acuática. A esto se añaden los vertimientos reportados en el RUPAP, como los de Los Pinos, Huayopampa y Tarapacá, con caudales que oscilan entre 2 y 12 l/s, confirmando que incluso aguas abajo se mantienen aportes de carga contaminante. En este sentido, RHual 3 se configura como un punto donde la presión ambiental es incipiente en comparación con RHual 2, pero donde los registros RUPAP evidencian la necesidad de un monitoreo constante para prevenir afectaciones más severas y garantizar la sostenibilidad del recurso hídrico. Esta distribución de los puntos de monitoreo permite establecer un análisis comparativo entre aguas arriba, zona media y aguas abajo.

4.2.2. Caracterización de las muestras de agua Río Huallaga del año 2024

➤ Análisis in situ

Tabla 13. Datos obtenidos por el multiparámetro

Repetición	Puntos de muestreo	T (°C)	pH	OD (mg/L)	Conductividad eléctrica (µS/cm)
------------	--------------------	--------	----	-----------	---------------------------------

	R Hual 1	18.3	8.64	6.62	416
Repetición 1	R Hual 2	18.6	8.48	5.95	431
	R Hual 3	20.8	8.07	4.58	447
	R Hual 1	21.4	8.37	8.09	432
Repetición 2	R Hual 2	20.8	8.60	7.34	425
	R Hual 3	21.1	7.73	4.18	482
	R Hual 1	22.4	8.56	6.87	355
Repetición 3	R Hual 2	22.0	8.30	5.56	382
	R Hual 3	22.7	7.82	4.25	387

El análisis de las muestras de agua nos permitió conocer los valores de varios parámetros, como la temperatura, el pH, el oxígeno disuelto y la conductividad eléctrica. Estos datos fueron medidos directamente en el campo (in situ) utilizando el equipo multiparámetro WTW MultiLine 3620 IDS. Las mediciones se llevaron a cabo en tres puntos de muestreo: R Hual 1, R Hual 2 y R Hual 3, durante el monitoreo del año 2024. Para garantizar la precisión y confiabilidad de los datos, se realizaron tres repeticiones en cada punto. Al tomar los datos en el campo, pudimos registrar las condiciones reales del río en el momento del muestreo, lo que ayudó a minimizar cualquier alteración que pudiera ocurrir durante el transporte, almacenamiento o manipulación de las muestras. Además, estos parámetros son fundamentales para evaluar el estado físico-químico del agua y entender cómo se relacionan con las actividades humanas en la zona. Los resultados obtenidos son la base para un análisis comparativo entre los diferentes puntos de monitoreo en el tramo evaluado, y se presentan de manera detallada en la Tabla 13.

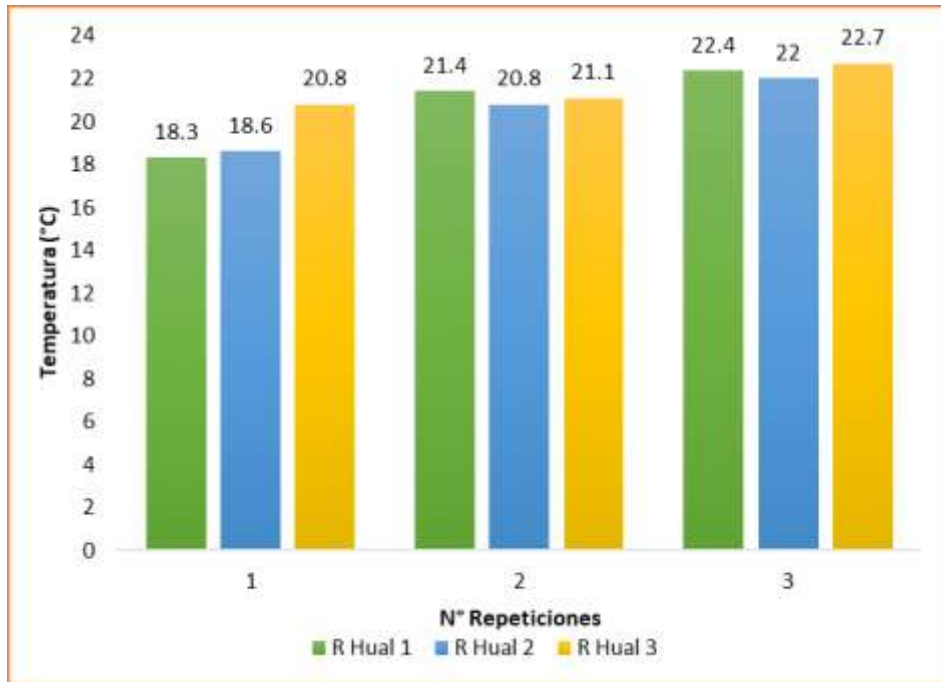


Figura 3. Nivel de temperatura en los puntos de muestreo

En el gráfico se observa el registro de la temperatura entre un rango de 18.3 °C y 22.7 °C. Se observa que las temperaturas más bajas se registraron en la primera repetición de agosto, mientras que los valores más elevados se evidenciaron en la tercera repetición de octubre, posiblemente influenciados por la radiación solar y condiciones climáticas del momento de muestreo. En términos generales, se aprecia una ligera tendencia al incremento de temperatura conforme el río avanza aguas abajo, lo cual podría estar relacionado con la menor cobertura vegetal ribereña, la mayor urbanización del entorno y el efecto de la acumulación de vertimientos de aguas residuales, tal como lo señalan Custodio et al. (2024) y Cerna et al. (2022), quienes relacionan la temperatura con la alteración térmica provocada por fuentes antrópicas. Aunque este parámetro no representa un riesgo directo por sí solo, sí influye en la solubilidad del oxígeno y en la actividad biológica del ecosistema acuático (García Ávila et al., 2022), por lo que debe interpretarse en conjunto con otros indicadores del ICA-PE.

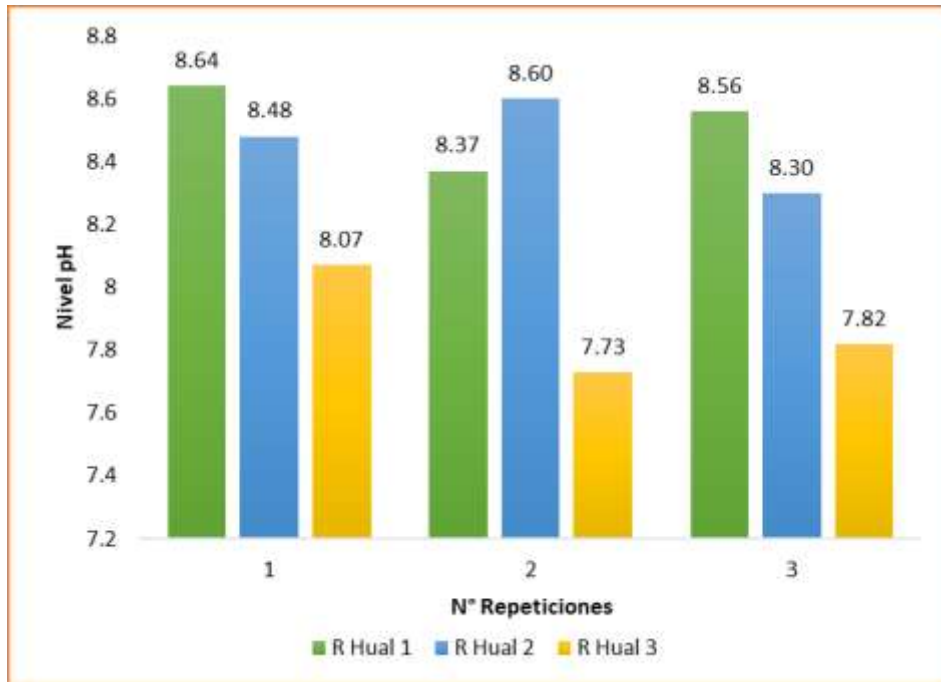


Figura 4. Nivel de pH en los puntos de muestreo

La Figura 4 muestra la variación de los valores de pH obtenidos en los tres puntos de muestreo del río Huallaga durante las tres repeticiones realizadas en el año 2024, observándose que este parámetro se mantiene dentro de un rango ligeramente alcalino, con valores entre 7.73 y 8.64; el punto R Hual 1 presenta en general los valores más altos, mientras que R Hual 3 registra valores ligeramente menores y una tendencia descendente en la segunda repetición. En términos normativos, los valores se encuentran dentro del rango permitido por el ECA-Agua categoría 4 (6.5–8.5), salvo una leve superación en R Hual 1 (8.64), lo cual podría estar asociado a la influencia de descargas urbanas con compuestos alcalinos, como detergentes o aguas residuales sin tratamiento. Este comportamiento coincide con lo señalado por Custodio et al. (2024), quienes indican que la actividad antrópica en ríos puede modificar parámetros físicoquímicos como el pH y generar variaciones en la calidad del recurso hídrico; si bien no representa un riesgo inmediato, sí evidencia la presencia de presión antrópica en el tramo superior del río.

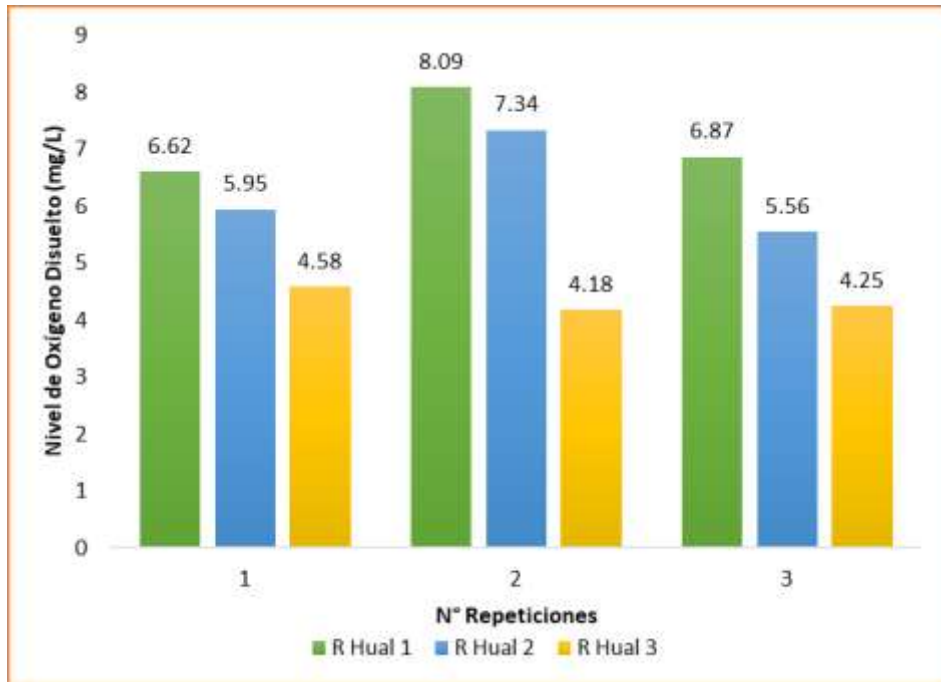


Figura 5. Nivel de oxígeno disuelto en los puntos de muestreo

El gráfico ilustra los niveles de oxígeno disuelto (OD) que se registraron en tres puntos de muestreo del río Huallaga durante las tres repeticiones realizadas en 2024. Se observan variaciones que oscilan entre 4.18 mg/L y 8.09 mg/L. En particular, el punto R Hual 1 mostró el valor más alto en la segunda repetición, lo que sugiere que las condiciones de aireación son más favorables y que hay menos influencia directa de descargas en esa área. Por otro lado, el punto R Hual 3 presentó los valores más bajos en todas las repeticiones, lo que podría estar relacionado con una mayor cantidad de materia orgánica proveniente de vertimientos domésticos, así como con una menor turbulencia del flujo y un mayor estancamiento del agua en ese tramo. Estas condiciones tienden a favorecer el consumo de oxígeno debido a los procesos de descomposición biológica, lo que reduce su disponibilidad en el agua. Resultados similares fueron reportados por Oré et al. (2022) en ríos de la región Huánuco, donde se evidenció que el aumento de la carga orgánica y las descargas urbanas contribuyen a la disminución del oxígeno disuelto y a la alteración de la calidad del recurso hídrico.

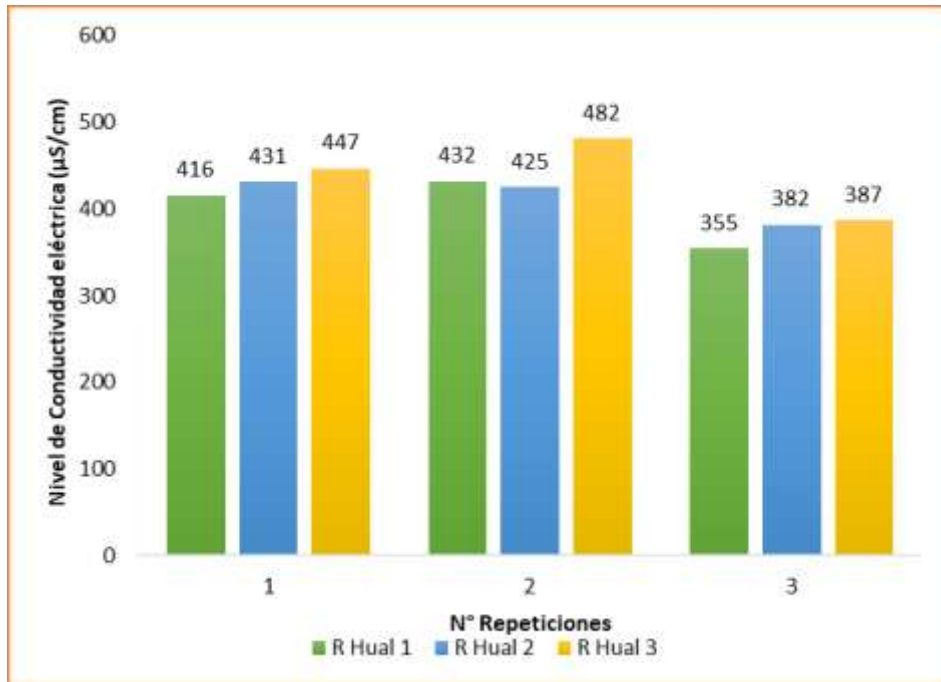


Figura 6. Nivel de conductividad eléctrica en los puntos de muestreo

La Figura 6 ilustra los valores de conductividad eléctrica que se obtuvieron en los tres puntos de muestreo del río Huallaga, los cuales variaron entre 355 y 482 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Se registraron los valores más altos en el punto R Hual 3 durante las dos primeras repeticiones, seguido de una disminución general en la tercera. En términos generales, la conductividad eléctrica se mantuvo dentro de rangos aceptables para aguas superficiales; sin embargo, los niveles más altos en R Hual 3 podrían estar relacionados con la presencia de sales disueltas, detergentes y otros residuos urbanos que entran al cauce a través de descargas domésticas. Este comportamiento es consistente con lo que reportaron Condori y Córdova (2024) en el río San Juan de Pillo, en Huancavelica, donde se observó que los vertimientos domésticos y el uso de detergentes aumentan la conductividad eléctrica en tramos urbanos. También coincide con lo señalado por Guerrero Padilla y Cabrera Carranza (2021), quienes relacionaron este parámetro con la influencia de descargas no tratadas en ríos urbanos de Latinoamérica.

➤ **Análisis ex situ**

En la tabla 14 se observa el resultado del análisis de los parámetros químicos y microbiológicos realizados por el laboratorio SGS del Perú SAC.

Tabla 14. Análisis químico y microbiológico de las muestras de agua

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA	1RA REPETICIÓN			2DA REPETICIÓN			3ERA REPETICIÓN		
	R Hual1	R Hual2	R Hual3	R Hual1	R Hual2	R Hual3	RHual 1	RHual 2	RHual 3
	16/08/2024	16/08/2024	16/08/2024	13/09/2024	13/09/2024	13/09/2024	31/10/2024	31/10/2024	31/10/2024
	AGUA NATURAL SUPERFICIAL AGUA DE RIO	AGUA NATURAL SUPERFICIAL AGUA DE RIO	AGUA NATURAL SUPERFICIAL AGUA DE RIO	AGUA NATURAL SUPERFICIAL AGUA DE RIO	AGUA NATURAL SUPERFICIAL AGUA DE RIO	AGUA NATURAL SUPERFICIAL AGUA DE RIO	AGUA NATURAL SUPERFICIAL	AGUA NATURAL SUPERFICIAL	AGUA NATURAL SUPERFICIAL
Parámetro	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado
Análisis Generales									
Sólidos Totales en Suspensión	54.00	29.00	11.00	20.00	33.00	13.00	41.00	117.00	48.00
Nitrógeno Total	0.82	1.55	4.17	0.82	1.13	6.06	0.94	1.88	2.64
Fósforo Total	0.05	0.03	0.08	0.07	0.13	0.69	0.11	0.33	0.35
Demanda Bioquímica de Oxígeno	<2.6	<2.6	<2.6	<2.6	<2.6	<2.6	<2.6	<2.6	<2.6
Demanda Química de Oxígeno	<4.5	<4.5	<4.5	<4.5	4.50	<4.5	9.50	7.80	12.10
Aceites y Grasas	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4
S.A.A.M.(Detergentes)	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050
Aniones									
Cloruro	12.03	12.84	16.34	11.96	12.60	16.47	11.38	12.26	12.17
Fluoruro	0.08	0.09	0.09	0.07	0.08	0.08	0.04	0.04	0.04
Nitrato	0.47	0.86	0.93	0.53	0.76	2.00	<0.062	<0.062	<0.062
Nitrito	0.04	0.09	0.83	<0.006	0.58	3.17	<0.006	<0.006	<0.006
Sulfato	60.38	59.73	52.51	58.21	57.15	55.57	42.49	31.59	44.49
Análisis Microbiológicos									
Numeración de Coliformes fecales o termotolerantes	33.00	49.00	46.00	79.00	130.00	79.00	7.80	33.00	<1.8
Numeración de Escherichia coli	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8
Metales Totales									
Aluminio Total	1.442	0.710	0.305	0.419	0.693	0.282	1.119	5.670	2.008
Antimonio Total	<0.00013	<0.00013	<0.00013	<0.00013	<0.00013	<0.00013	0.00154	0.00209	0.00138
Arsénico Total	0.01321	0.00808	0.00547	0.00457	0.00717	0.00539	0.00753	0.01419	0.01131
Bario Total	0.0577	0.0506	0.0461	0.0490	0.0599	0.0544	0.0503	0.1043	0.0574
Berilio Total	0.00010	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	0.00017	0.00007
Bismuto Total	0.000230	<0.00003	<0.00003	<0.00003	<0.00003	<0.00003	<0.00003	0.00031	<0.00003
Boro Total	0.116	0.113	0.099	0.127	0.125	0.106	0.085	0.076	0.073
Cadmio Total	0.00042	<0.00003	<0.00003	<0.00003	0.00004	<0.00003	0.00033	0.00028	0.00007
Calcio Total	46.452	49.359	47.706	51.247	58.766	50.652	37.820	41.614	39.114
Cerio Total	0.00261	0.00175	0.00049	0.00073	0.00136	0.00052	0.00196	0.00764	0.00300
Cesio Total	0.0046	0.0039	0.0029	0.0047	0.0042	0.0036	0.0047	0.0059	0.0038
Cobalto Total	0.00153	0.00075	0.00050	0.00050	0.00078	0.00048	0.00102	0.00486	0.00174
Cobre Total	0.00826	0.00368	0.00353	0.00240	0.00381	0.00323	0.00564	0.01852	0.00754
Cromo Total	0.0022	0.0009	0.0006	0.0006	0.0010	0.0006	<0.0003	0.0100	0.0011
Estaño Total	<0.00010	<0.00010	<0.00010	<0.00010	<0.00010	0.00016	<0.00010	<0.00010	<0.00010

Estroncio Total	0.3586	0.3676	0.3426	0.3524	0.3644	0.3306	0.3367	0.3480	0.3276
Fósforo Total	0.107	0.143	0.637	0.065	0.133	0.688	0.108	0.320	0.344
Galio Total	0.00044	0.00028	0.00027	0.00017	0.00015	0.00014	0.00045	0.00316	0.00234
Germanio Total	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006
Hafnio Total	<0.00015	<0.00015	<0.00015	<0.00015	<0.00015	<0.00015	<0.00015	0.00017	0.00019
Hierro Total	2.5109	1.1930	0.4953	0.7625	1.3560	0.5586	1.9299	9.6091	3.2998
Lantano Total	<0.0015	<0.0015	<0.0015	<0.0015	<0.0015	<0.0015	<0.0015	0.0035	<0.0015
Litio Total	0.0660	0.0650	0.0570	0.0706	0.0708	0.0592	0.0386	0.0346	0.0320
Lutecio Total	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006
Magnesio Total	12.213	12.973	12.724	11.143	11.986	11.639	10.774	14.717	13.063
Manganeso Total	0.13089	0.06959	0.05515	0.04663	0.07587	0.07105	0.07823	0.31523	0.13482
Mercurio Total	<0.00009	<0.00009	<0.00009	<0.00009	<0.00009	<0.00009	<0.00009	<0.00009	<0.00009
Molibdeno Total	0.00184	0.00161	0.00155	0.00131	0.00132	0.00118	0.00140	0.00209	0.00171
Niobio Total	<0.0015	<0.0015	<0.0015	<0.0015	<0.0015	<0.0015	<0.0015	<0.0015	<0.0015
Niquel Total	0.0025	0.0018	0.0010	0.0010	0.0021	0.0020	0.0011	0.0115	0.0041
Plata Total	0.000205	<0.000010	<0.000010	<0.000010	<0.000010	<0.000010	<0.000010	0.000028	<0.000010
Plomo Total	0.0578	0.0026	0.0014	0.0018	0.0044	0.0016	0.0050	0.0222	0.0065
Potasio Total	2.56	2.80	3.99	2.22	2.46	3.81	2.36	4.23	3.39
Rubidio Total	0.0104	0.0095	0.0086	0.0089	0.0092	0.0094	0.0094	0.0164	0.0104
Selenio Total	<0.0013	<0.0013	<0.0013	<0.0013	<0.0013	0.0016	<0.0013	0.0014	<0.0013
Silice Total	12.67	11.21	12.07	6.21	7.46	h8.54	12.43	32.95	19.45
Silicio Total	5.924	5.238	5.642	2.902	3.487	3.993	5.811	15.400	9.090
Sodio Total	13.312	16.065	22.050	11.964	13.182	18.199	11.513	14.296	15.646
Talio Total	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	0.00006	<0.00006
Tantalio Total	<0.0021	<0.0021	<0.0021	<0.0021	<0.0021	<0.0021	<0.0021	<0.0021	<0.0021
Teluro Total	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
Thorio Total	<0.00019	<0.00019	<0.00019	<0.00019	<0.00019	<0.00019	<0.00019	<0.00019	<0.00019
Titanio Total	0.0294	0.0149	0.0108	0.0060	0.0174	0.0069	0.0225	0.1065	0.0421
Uranio Total	0.000655	0.000557	0.000510	0.000496	0.000585	0.000541	0.000289	0.000357	0.000324
Vanadio Total	0.0013	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	0.0018	0.0213	0.0148
Wolframio Total	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006
Yterbio Total	0.000070	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	0.000200	0.000080
Zinc Total	0.1052	0.0152	0.0123	0.0100	0.0168	0.0095	0.0160	0.0495	0.0212
Zirconio Total	<0.00045	<0.00045	0.00	<0.00045	<0.00045	<0.00045	<0.00045	0.00086	0.00069

Fuente: Laboratorio SGS del Perú SAC

El análisis de las muestras de agua nos permitió conocer los valores de los parámetros físicos y químicos básicos, como la temperatura, el pH, el oxígeno disuelto y la conductividad eléctrica. Estos fueron medidos directamente en el campo (in situ) utilizando el equipo multiparámetro WTW MultiLine 3620 IDS. Estos parámetros son esenciales para evaluar las condiciones ambientales del cuerpo de agua en el momento del muestreo, ya que reflejan de manera inmediata el estado del sistema hídrico, las características del entorno y las posibles variaciones que pueden surgir tanto de factores naturales como de la influencia de actividades humanas en la zona de estudio. Medir in situ asegura una mayor precisión y

confiabilidad en los resultados, ya que evita alteraciones físicas, químicas o biológicas que podrían ocurrir durante el transporte y almacenamiento de las muestras. Esto nos permite obtener datos que realmente representan la situación del cuerpo de agua. Además, la evaluación conjunta de estos parámetros nos da una primera idea sobre la calidad del recurso hídrico y su comportamiento durante el periodo de monitoreo, sirviendo como base para un análisis más completo y una posterior comparación con los estándares de calidad ambiental establecidos por la normativa vigente. Los valores obtenidos se presentan de manera detallada en la siguiente tabla para su análisis e interpretación.

Tabla 15. Datos resumen de medición de puntos de muestreo RHual 1, RHual 2 y RHual 3 con 3 repeticiones del 2024.

Parámetros	Unidad de medida	PUNTOS DE MUESTREO									
		RHual 1			RHual 2			RHual 3			
		R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	
Temperatura	°C	18.30000	21.40000	22.40000	18.60000	20.80000	22.00000	20.80000	21.10000	22.70000	
Conductividad eléctrica	µS/cm	416.00000	432.00000	355.00000	431.00000	425.00000	382.00000	447.00000	482.00000	387.00000	
pH	Unidad de pH	8.64000	8.37000	8.56000	8.48000	8.60000	8.30000	8.07000	7.73000	7.82000	
Físicos - Químicos	Oxígeno Disuelto	mg/L	6.62000	8.09000	6.87000	5.95000	7.34000	5.56000	4.58000	4.18000	4.25000
	SST	mg/L	54.00000	20.00000	41.00000	29.00000	33.00000	117.00000	11.00000	13.00000	48.00000
	DBO5	mg/L	2.60000	2.60000	2.60000	2.60000	2.60000	2.60000	2.60000	2.60000	2.60000
	DQO	mg/L	4.50000	4.50000	9.50000	4.50000	4.50000	7.80000	4.50000	4.50000	12.10000
	Nitrógeno total	mg/L	0.82000	0.82000	0.94000	1.55000	1.13000	1.88000	4.17000	6.06000	2.64000
	Fosforo total	mg/L	0.04500	0.07000	0.11000	0.03000	0.13000	0.33000	0.08000	0.69000	0.35000
	Detergentes (SAAM)	mg/L	0.05000	0.05000	0.05000	0.05000	0.05000	0.05000	0.05000	0.05000	0.05000
	Fluoruros	mg/L	0.08000	0.07300	0.04100	0.09000	0.07700	0.04100	0.09000	0.08000	0.04000
	Nitratos	mg/L	0.47000	0.53000	0.06200	0.85700	0.75900	0.06200	0.93000	2.00000	0.06200
	Nitritos	mg/L	0.04000	0.00600	0.00600	0.08900	0.57500	0.00600	0.83000	3.17000	0.00600

	Sulfatos	mg/L	60.38000	58.21000	42.49000	59.73000	57.15000	31.59000	52.51000	55.57000	44.49000
	Cloruros	mg/L	12.03300	11.96000	11.38300	12.84100	12.60400	12.26000	16.34100	16.47000	12.17000
	Aceites y grasas	mg/L	0.40000	0.40000	0.40000	0.40000	0.40000	0.40000	0.40000	0.40000	0.40000
Inorgánico (Metales totales)	Antimonio	mg/L	0.00013	0.00013	0.00154	0.00013	0.00013	0.00209	0.00013	0.00209	0.00138
	Aluminio Total	mg/L	1.44200	0.41900	1.11900	0.71000	0.69300	5.67000	0.30500	0.28200	2.00800
	Arsénico Total	mg/L	0.01321	0.00457	0.00753	0.00808	0.00717	0.01419	0.00547	0.00539	0.01131
	Berilio	mg/L	0.00010	0.00006	0.00006	0.00006	0.00006	0.00017	0.00006	0.00006	0.00007
	Boro	mg/L	0.11600	0.12700	0.08500	0.11300	0.12500	0.07600	0.09900	0.10800	0.07300
	Bario Total	mg/L	0.05770	0.04900	0.05030	0.05060	0.05990	0.10430	0.04610	0.10430	0.05740
	Bismuto Total	mg/L	0.000230	0.00003	0.00003	0.00003	0.00003	0.00003	0.00003	0.00003	0.00003
	Cadmio Total	mg/L	0.00042	0.00003	0.00003	0.00003	0.00004	0.00028	0.00003	0.00003	0.00007
	Calcio	mg/L	46.4520	51.2470	37.8200	49.3590	58.7660	41.6140	47.7060	50.652	39.1140
	Cromo Total	mg/L	0.00220	0.00060	0.00030	0.00090	0.00100	0.01000	0.00060	0.00060	0.00110
	Cobalto	mg/L	0.00153	0.00050	0.00102	0.00075	0.00078	0.00486	0.00050	0.00048	0.00174
	Litio Total	mg/L	0.06600	0.07060	0.03860	0.08500	0.07080	0.03460	0.05700	0.05920	0.03200
	Cobre Total	mg/L	0.00826	0.00240	0.00584	0.00368	0.00381	0.01852	0.00353	0.00323	0.00754
	Estaño	mg/L	0.00010	0.00010	0.00010	0.00010	0.00010	0.00010	0.00010	0.00010	0.00010
	Estroncio	mg/L	0.3586	0.3524	0.3367	0.3676	0.3644	0.3480	0.3426	0.3306	0.3276
	Hierro Total	mg/L	2.51090	0.76250	1.92990	1.19300	1.35600	9.60910	0.49530	0.55860	3.29980

La Tabla 15 presenta los resultados de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en los puntos RHual 1, RHual 2 y RHual 3 durante tres campañas en 2024 (agosto, septiembre y octubre). La temperatura varió entre 18.3 °C y 22.7 °C, con valores mayores en RHual 3, mientras que la conductividad osciló entre 355 y 482 $\mu\text{S}/\text{cm}$, reflejando mayor acumulación de sales en tramos urbanos. El pH se mantuvo entre 7.7 y 8.6, con valores más altos en el punto RHual 1, indicando condiciones ligeramente alcalinas. El oxígeno disuelto disminuyó aguas abajo, con mínimos de 4.18 mg/L en RHual 3, y los sólidos suspendidos alcanzaron picos de 117 mg/L en RHual 2. La DQO registró valores máximos en RHual 3 (12.1 mg/L), mientras que los nutrientes mostraron incrementos notables, especialmente en septiembre con 6.06 mg/L de nitrógeno total y 0.69 mg/L de fósforo total en RHual 3. En los metales, aluminio, hierro y manganeso fueron más altos en RHual 2 y RHual 3 en octubre (Fe: 9.60 mg/L; Al: 5.67 mg/L). En RHual 2, los valores más altos de fósforo total (0.69 mg/L) y los coliformes termotolerantes oscilaron entre 7.8 y 130 NMP/100 mL, lo que se asocia con la concentración de lavaderos informales, descargas domésticas y zonas de extracción, tanto autorizadas como no autorizadas, en línea con lo reportado por Encarnación y Valle (2024), quienes advirtieron que estas prácticas incrementan la carga de nutrientes y microorganismos en el agua, afectando su calidad para riego agrícola. En cuanto a parámetros microbiológicos, la *Escherichia coli* se mantuvo en niveles mínimos de detección (1.8 NMP/100 mL), mientras que los coliformes termotolerantes superaron los 100 NMP/100 mL en algunos puntos de RHual 2. En general, los resultados muestran un deterioro progresivo hacia aguas abajo, con mayor impacto en RHual 2 y RHual 3.

4.2.3. Comparación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos con respecto a los estándares de calidad ambiental del río Huallaga

Se calcularon los valores promedio de cada parámetro en cada punto de muestreo para obtener una representación más estable del comportamiento de la calidad del agua en los tramos evaluados del río Huallaga. Luego, estos valores se compararon con los estándares establecidos en el ECA-Agua vigente para determinar su nivel de cumplimiento. Para esta evaluación, se tomó en cuenta la Categoría 3, que se destina al riego de vegetales y al consumo de animales, así como la Categoría 4, que se enfoca en la conservación del ambiente acuático. Dentro de estas categorías, se incluyeron las subcategorías D1 y D2 para el riego de vegetales y el consumo de animales, respectivamente, además de la subcategoría E2, que se refiere a los ríos de la costa y la sierra, dado que los puntos de monitoreo están ubicados en la zona de la sierra del río Huallaga. Esta comparación ayudó a identificar de manera más clara si

los valores registrados se encuentran dentro de los rangos permisibles o si muestran posibles alteraciones relacionadas con la presión humana en cada tramo, conectando los resultados obtenidos en campo y laboratorio con los usos potenciales del recurso hídrico y la protección del ecosistema acuático durante el periodo de estudio.

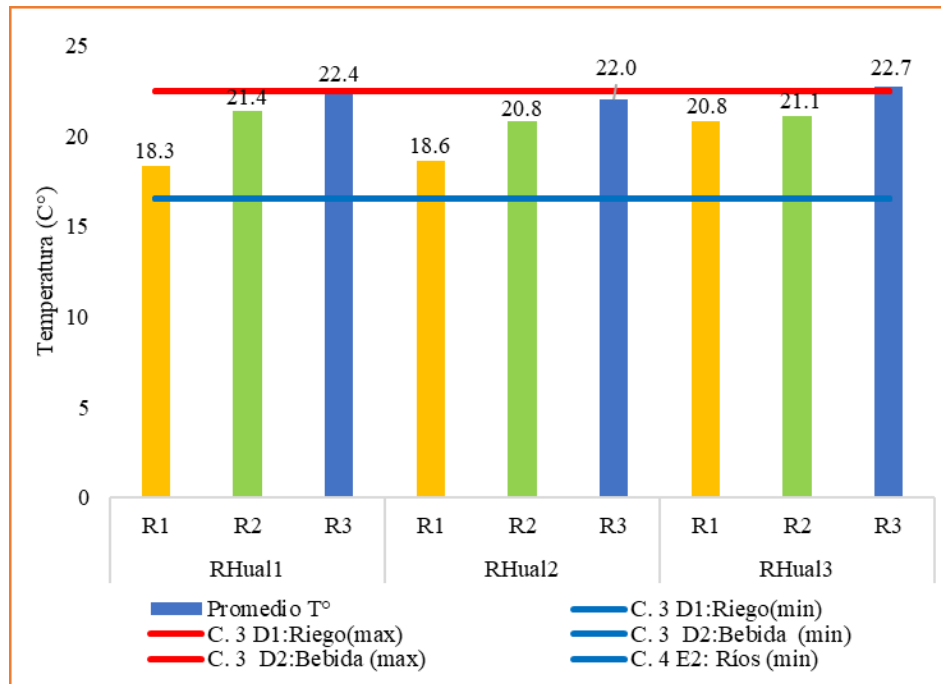


Figura 7. Variación de la Temperatura según el ECA

La Figura 7 ilustra cómo ha variado la temperatura media en los puntos RHual 1, RHual 2 y RHual 3 del río Huallaga durante los monitoreos R1, R2 y R3 realizados en 2024. Se puede notar un aumento gradual de la temperatura desde RHual 1 hasta RHual 3, lo que indica que factores ambientales y humanos tienen un impacto mayor a medida que el río pasa por áreas con más intervención humana. Las temperaturas registradas fluctuaron entre 18.3 °C (RHual 1-R1) y 22.7 °C (RHual 3-R3), mostrando que la sección inferior del río tiene condiciones térmicas un poco más altas. En general, estos valores se encuentran dentro del rango aceptable establecido por el ECA-Agua para cuerpos de agua de categorías 3 y 4 (16.5 °C a 22.5 °C), aunque en RHual 3-R3 se observa una ligera superación del límite superior. Esto podría estar relacionado con la menor cobertura vegetal en las orillas, una mayor exposición a la radiación solar y posibles descargas de aguas residuales o efluentes urbanos que elevan la temperatura del agua. Además, la figura revela que en varios puntos los valores se acercan al límite superior del estándar, lo que indica una tendencia creciente en la temperatura superficial del tramo evaluado. Esta situación es importante, ya que aumentos sostenidos en la temperatura pueden afectar la solubilidad del oxígeno disuelto, la actividad biológica y el equilibrio del

ecosistema acuático. Aunque los resultados no indican una alteración crítica, sí sugieren que hay presiones ambientales y humanas que podrían intensificarse si no se mantienen condiciones adecuadas para el manejo y la protección del río.

La temperatura del agua en el tramo de estudio y de acuerdo con la población urbana que realiza sus actividades cerca al río Huallaga, mostró un incremento progresivo desde RHual 1 hasta RHual 3, alcanzando en este último un valor de 22.7 °C en octubre, que superó el límite máximo del ECA para la subcategoría C4 (22 °C). En RHual 1, ubicado aguas arriba cerca del puente Tomayquichua, los valores se mantuvieron dentro de lo normado (18.3–20.8 °C), lo cual es coherente con su condición de punto de referencia. En RHual 2, situado en la confluencia con el río Higueras, los valores aumentaron (20.8–21.4 °C) en correspondencia con la mayor densidad de actividades antrópicas en este tramo, donde se identificaron lavaderos informales, descargas domésticas y zonas de extracción autorizadas y no autorizadas. A estas actividades se suman vertimientos RUPAP de gran caudal, como San Hilarión (18 l/s), FONAVI-1 (19 l/s), Circunvalación (12 l/s), Tarapacá (6 l/s), Zona Cero Jr. Ica (4 l/s) y Zona Cero–Malecón (6 l/s), cuya descarga de aguas grises más cálidas favorece el aumento térmico del cauce. Finalmente, en RHual 3, cercano a la PTAR San Andrés, se registró la superación puntual del límite normativo, explicada por la acumulación de vertimientos provenientes de RHual 1 y RHual 2, sumada a la influencia directa de RUPAP locales como Urb. Los Pinos (10 l/s), Huayopampa (8 l/s) y San Germán (1 l/s), además de la menor cobertura vegetal ribereña que incrementa la radiación solar directa. Este patrón coincide con lo señalado por García Ávila et al. (2022), quienes resaltaron que la pérdida de cobertura vegetal y el aporte de aguas residuales domésticas favorecen los incrementos térmicos en ríos andinos, y con lo reportado por Custodio et al. (2024), quienes advierten que temperaturas elevadas reducen la solubilidad del oxígeno y aceleran la descomposición de materia orgánica, afectando la biota acuática. Así, el registro en RHual 3 confirma un desequilibrio térmico progresivo asociado a la proximidad y densidad de los RUPAP y actividades humanas identificadas, lo que evidencia la necesidad de medidas preventivas y un monitoreo continuo.

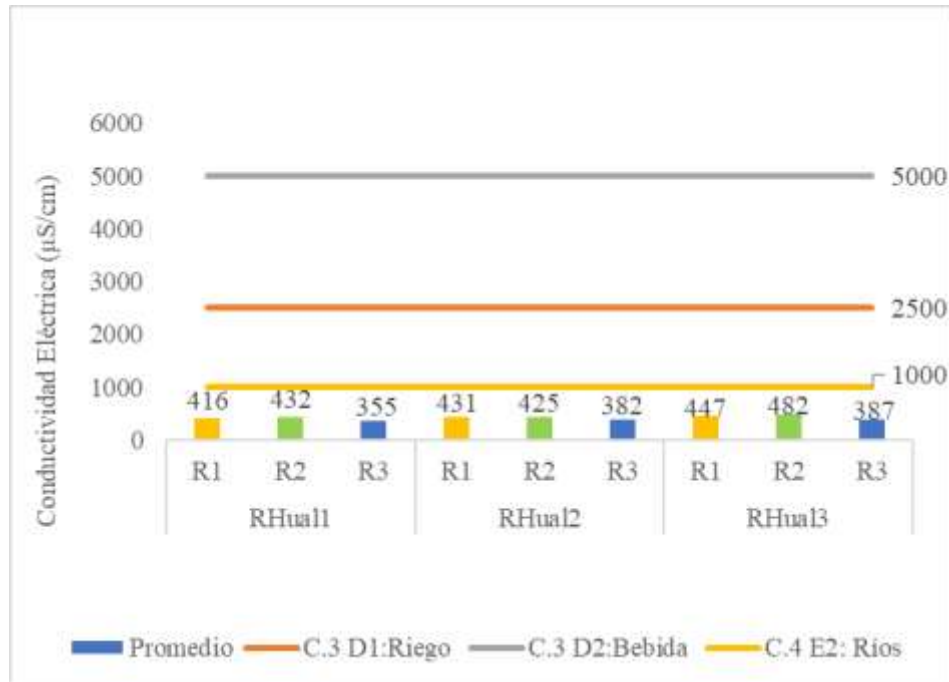


Figura 8. Variación de la Conductividad Eléctrica según el ECA

La Figura 8 muestra cómo ha cambiado la conductividad eléctrica en los puntos RHual 1, RHual 2 y RHual 3 del río Huallaga durante las mediciones realizadas en agosto, septiembre y octubre de 2024. Los valores variaron entre 355 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (RHual 1-R3) y 482 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (RHual 3-R2), permaneciendo por debajo del límite máximo permitido por el ECA para riego (2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$) y para el agua potable de animales (5000 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Se observa un ligero aumento en la conductividad al ir de RHual 1 a RHual 3, lo que podría estar relacionado con la presencia de sales disueltas, detergentes y otros desechos urbanos, especialmente en la zona con mayor actividad humana. El valor más alto registrado en RHual 3-R2 indica una mayor concentración de iones en esa área, posiblemente debido a vertidos domésticos y a una menor dilución del flujo. Sin embargo, los resultados no superan los estándares establecidos para aguas superficiales, lo que significa que el parámetro se mantiene dentro de límites aceptables, aunque muestra una tendencia al alza que debe ser vigilada de manera continua.

Los valores de conductividad eléctrica en el tramo urbano del río Huallaga se mantuvieron dentro de los límites establecidos por el ECA-Agua ($\leq 1000 \mu\text{S}/\text{cm}$), lo que indica una salinidad moderada. Sin embargo, se ha notado un aumento progresivo de aguas arriba hacia aguas abajo, alcanzando un máximo de 482 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en septiembre en RHual 3. En RHual 1, los registros (416–431 $\mu\text{S}/\text{cm}$) muestran una condición relativamente estable, aunque están influenciados por vertimientos domésticos provenientes de los RUPAP de Pillco Marca, Miraflores, Alisos, Almendros y Guardia Civil, además de extracciones no autorizadas que

añaden sales disueltas al cauce. En RHual 2, los valores aumentaron ligeramente (425–432 $\mu\text{S}/\text{cm}$), lo que coincide con la mayor presencia de lavaderos informales, descargas domésticas e institucionales, y vertimientos de mayor caudal como los de San Hilarión, FONAVI-1, Circunvalación y Tarapacá, que contribuyen a la concentración iónica. Finalmente, en RHual 3, cerca de la PTAR San Andrés, se registró el valor más alto del monitoreo (482 $\mu\text{S}/\text{cm}$), lo que refleja la acumulación de descargas de aguas arriba y la menor capacidad de dilución del tramo. Este comportamiento se alinea con estudios de ríos urbanos que relacionan el aumento de la conductividad con la suma de vertimientos domésticos y el uso de detergentes. Así, aunque los valores se mantienen dentro del estándar, la tendencia ascendente hacia RHual 3 evidencia una presión antrópica que requiere un monitoreo continuo.

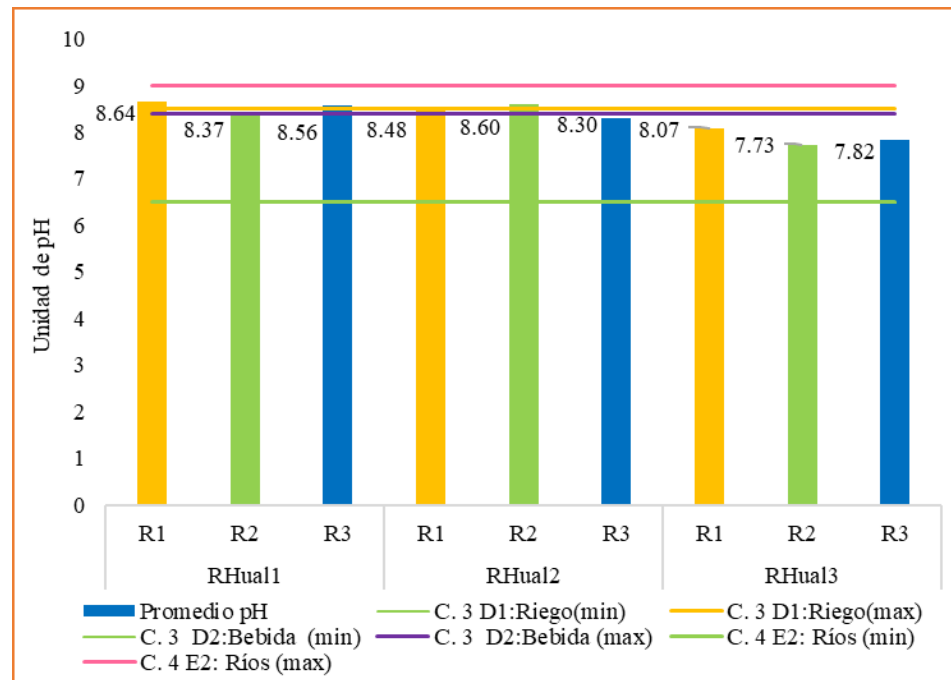


Figura 9. Variación del pH según el ECA

La Figura 9 ilustra cómo ha variado el pH en los puntos RHual 1, RHual 2 y RHual 3 del río Huallaga durante las tres rondas de monitoreo que se llevaron a cabo en agosto, septiembre y octubre de 2024. Los valores fluctuaron entre 7.73 y 8.64 unidades, y en su mayoría se mantuvieron dentro de los límites establecidos por el ECA-Agua para las subcategorías D1: Riego (6.5–9.0), D2: Bebida de animales (6.5–9.0) y E2: Ríos (6.5–8.5). Sin embargo, dos mediciones específicas (RHual 1-R1 y RHual 2-R2) superaron ligeramente el límite superior de esta última categoría. En general, los resultados muestran que los tramos RHual 1 y RHual 2 tienen una condición ligeramente alcalina (8.37–8.64), lo que probablemente se debe a la influencia de descargas domésticas y el uso de detergentes. Por otro

lado, en RHual 3, los valores son más cercanos a la neutralidad (7.73–8.07), con una leve tendencia a disminuir hacia aguas abajo. Este patrón sugiere una variación moderada en el equilibrio ácido-base del agua, sin que se registren valores ácidos ni cambios bruscos, lo que indica que no hay riesgos inmediatos para el ecosistema. Sin embargo, la ligera superación de los estándares en algunos puntos resalta la influencia de la actividad humana en el tramo urbano del río y la importancia de mantener un monitoreo constante.

En RHual 1, la alcalinidad inicial se puede explicar porque aguas arriba del punto RHual 1, aproximadamente a 200 m, se encuentran zonas de cultivo que en su mayoría utilizan fertilizante agrícola para aportar nutrientes, así como la menor intervención directa, aunque influenciada por los vertimientos domésticos, y en relación con los hallazgos de Li et al. (2023) quienes evidencian en su estudio que el uso excesivo de fertilizantes en la cuenca agrícola puede elevar el pH de los lagos oligotróficos hasta valores cercanos a 9.0 durante verano y otoño, el valor obtenido en el punto RHual 1 (pH 8.64) confirma una tendencia similar de alcalinidad, aunque en un nivel moderado. Este resultado permite inferir que los mismos procesos descritos por el autor, particularmente la alteración en la composición iónica de las aguas tributarias y la pérdida de dióxido de carbono libre por precipitación de carbonatos podrían estar incidiendo también en el punto RHual 1, aunque sin alcanzar condiciones extremas.

En RHual 2, los valores se mantuvieron en rango alcalino debido a la mayor presión antrópica de este sector y también influenciado por las aguas provenientes de RHual 1. En este punto convergen lavaderos informales, descargas domésticas y zonas de extracción, además de la carga proveniente de vertimientos RUPAP de alto caudal como San Hilarión (18 l/s), FONAVI-1 (19 l/s), Circunvalación (12 l/s) y Tarapacá (6 l/s), los cuales descargan aguas grises y detergentes que incrementan la alcalinidad, en concordancia con lo señalado por García Ávila et al. (2022), quienes reportaron que la dilución y el ingreso de aguas domésticas influyen directamente en la variación de pH en ríos andinos. En RHual 3, el pH descendió hasta valores cercanos a la neutralidad (7.73 en septiembre), lo que se relaciona con la acumulación de materia orgánica en descomposición y la mayor carga de nutrientes aportada desde aguas arriba, además de la influencia de vertimientos locales como Los Pinos (10 l/s), Huayopampa (8 l/s) y San Germán (1 l/s) y la proximidad de la PTAR San Andrés, que incrementan la presión química en el tramo. Este patrón concuerda con lo descrito por Guerrero Padilla y Cabrera Carranza (2021), quienes vincularon descensos de pH a procesos de descomposición orgánica y bajo oxígeno disuelto, y con lo advertido por Villanueva et al. (2023), quienes señalan que

desviaciones del rango normativo pueden alterar la biodisponibilidad de metales y afectar la biota sensible. Así, aunque la mayoría de los registros permanecen dentro del rango permitido, la superación en RHual 1 y RHual 2 y la tendencia a neutralidad en RHual 3 evidencian la interferencia directa de los RUPAP y actividades antrópicas, confirmando una presión química sostenida que requiere control y monitoreo preventivo.

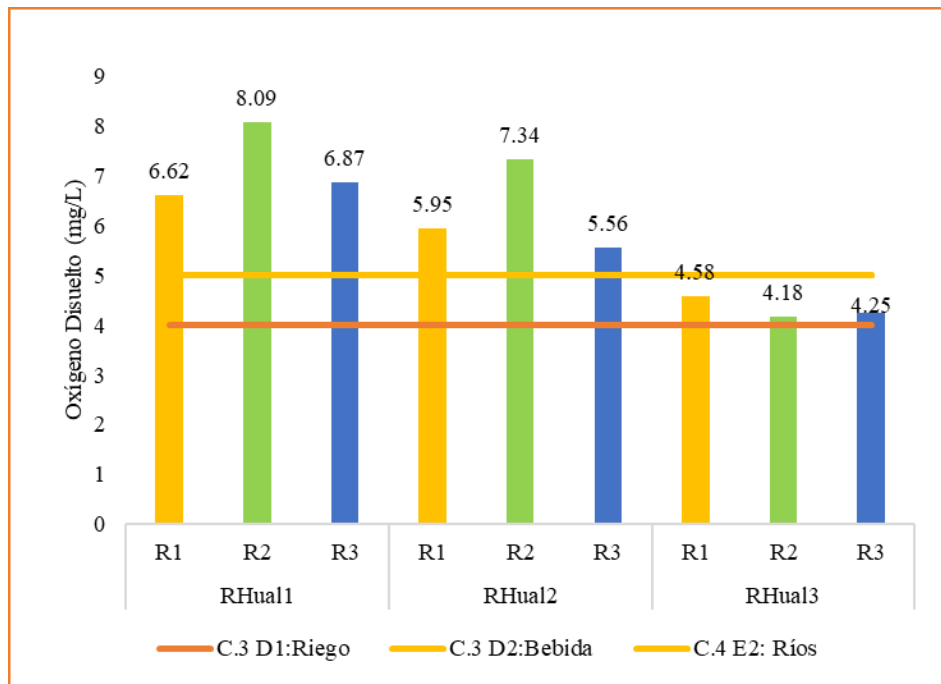


Figura 10. Variación del Oxígeno Disuelto según el ECA

La Figura 10 ilustra cómo varió el oxígeno disuelto (OD) en los puntos RHual 1, RHual 2 y RHual 3 del río Huallaga durante las tres rondas de monitoreo realizadas en 2024. Los valores fluctuaron entre 4.18 mg/L (RHual 3-R2) y 8.09 mg/L (RHual 1-R2), mostrando una tendencia a la baja del OD desde la parte superior del río hacia la zona inferior. El punto RHual 1 tuvo las concentraciones más altas, lo que se relaciona con un flujo más turbulento y una menor acumulación de contaminantes, mientras que RHual 3 mostró consistentemente los valores más bajos, sugiriendo una mayor presencia de materia orgánica, descargas domésticas y una capacidad de dilución reducida en esa área. Aunque los valores aún están cerca de los mínimos requeridos por el ECA-Agua para las subcategorías D2 y E2, esta disminución progresiva indica un deterioro gradual en la capacidad de oxigenación del río en la zona urbana. En este contexto, el comportamiento del OD resalta la influencia de la presión humana a lo largo del tramo evaluado y subraya la importancia de mantener acciones de control y monitoreo constantes para evitar un mayor impacto en el equilibrio ecológico del cuerpo de agua.

Los valores de oxígeno disuelto en el tramo urbano del río Huallaga mostraron una tendencia decreciente desde RHual 1 (6.62 mg/L en agosto) hasta RHual 3 (4.18–4.25 mg/L en septiembre y octubre), situándose estos últimos en el límite inferior del ECA para la subcategoría C4 (≥ 4 mg/L), lo que evidencia condiciones subóptimas para la biota acuática. En RHual 1, los niveles relativamente altos se relacionan con la menor presión antrópica, aunque los vertimientos domésticos de Pillco Marca, Miraflores (8 l/s), Alisos (6 l/s), Almendros (7 l/s), Guardia Civil (5 l/s) y las extracciones no autorizadas aportan materia orgánica que, si bien aún no reduce significativamente el OD, constituye una fuente de presión incipiente, en línea con lo señalado por García Ávila et al. (2022), quienes destacaron que en tramos con menor densidad poblacional la capacidad de dilución amortigua las variaciones de oxígeno. En RHual 2, los valores descendieron (5.56–7.34 mg/L) debido a la mayor concentración de lavaderos informales, descargas domésticas y zonas de extracción, reforzadas por los vertimientos RUPAP de alto caudal como San Hilarión (18 l/s), FONAVI-1 (19 l/s), Circunvalación (12 l/s), Tarapacá (6 l/s) y Zona Cero (4–6 l/s), los cuales descargan aguas grises y detergentes que favorecen el consumo de oxígeno por descomposición microbiana, lo que concuerda con lo descrito por Guerrero Padilla y Cabrera Carranza (2021), quienes señalaron que la proliferación de bacterias heterótrofas y la descomposición orgánica reducen el oxígeno en ríos urbanos. Finalmente, en RHual 3, cercano a la PTAR San Andrés, se registraron los valores más críticos (4.18–4.58 mg/L), resultado de la acumulación de vertimientos aguas arriba sumados a la influencia de RUPAP locales como Los Pinos (10 l/s), Huayopampa (8 l/s) y San Germán (1 l/s), además de las descargas puntuales de la planta de tratamiento que pueden incrementar la materia orgánica residual. Este comportamiento coincide con lo documentado por Encarnación y Valle (2024), quienes encontraron que en Colpa Baja los vertimientos domésticos sin tratamiento deterioraron la calidad del agua y redujeron el oxígeno disponible para riego. De manera complementaria, Villanueva et al. (2023) advierten que valores cercanos al límite normativo de OD son señales tempranas de hipoxia en tramos urbanos, lo que refuerza que la disminución progresiva de OD hacia RHual 3 está estrechamente vinculada a la densidad y caudal de los RUPAP y a las actividades antrópicas identificadas, reflejando una presión acumulativa que amenaza el equilibrio ecológico del río Huallaga.

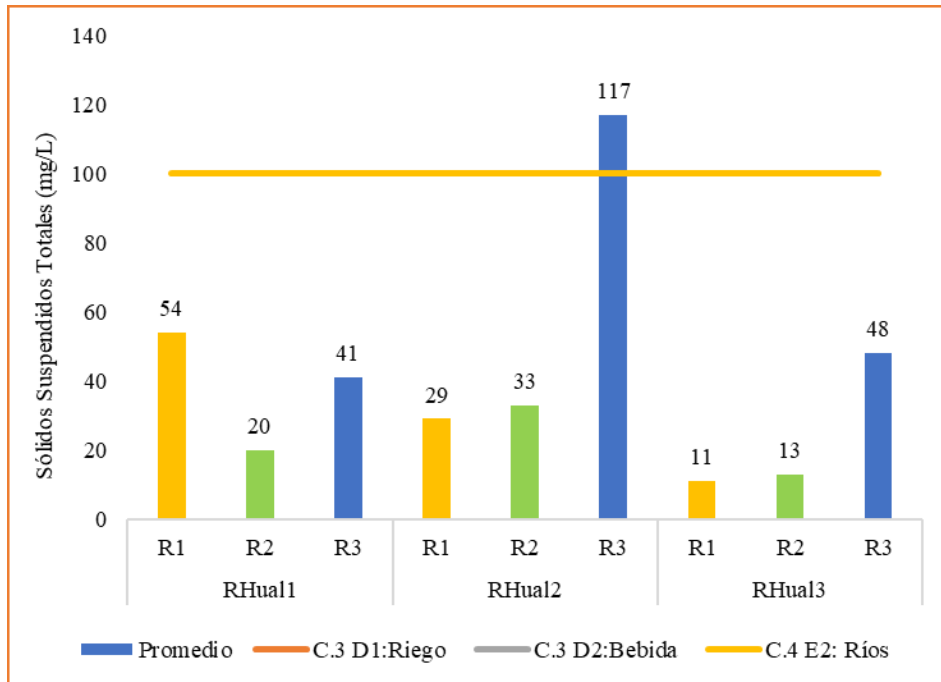


Figura 11. Variación de los Sólidos suspendidos totales según el ECA

La Figura 11 muestra cómo han variado los Sólidos Suspendidos Totales (SST) en los puntos RHual 1, RHual 2 y RHual 3 del río Huallaga durante las tres repeticiones: la primera en agosto, la segunda en septiembre y la tercera en octubre de 2024. Los valores fluctuaron entre 11 mg/L en RHual 3 durante la Repetición 1 y 117 mg/L en RHual 2 durante la Repetición 3, siendo este último el único que supera el límite máximo permitido por el ECA-Agua para la subcategoría C.4 E2: Ríos, que es de 100 mg/L. En general, RHual 3 presentó los valores más bajos en las tres evaluaciones, lo que sugiere que tiene menos influencia de fuentes de sedimentos o una mayor capacidad para diluirlos en esa sección del río. Por otro lado, RHual 2 mostró un notable aumento en octubre, lo que indica un cambio significativo en comparación con los meses anteriores. Este comportamiento podría estar vinculado a una descarga inusual, actividades humanas en las áreas cercanas o un mayor arrastre de sedimentos debido a las lluvias recientes. Además, la tendencia observada entre agosto y octubre sugiere que podría haber una influencia estacional en la dinámica de los SST. En resumen, aunque la mayoría de los valores se mantienen dentro de los límites establecidos, el aumento registrado en RHual 2-R3 merece atención y seguimiento para evitar impactos en la calidad del agua y en los ecosistemas acuáticos relacionados.

Los sólidos suspendidos totales presentaron variaciones marcadas entre los puntos de monitoreo, con un valor crítico en RHual 2-R3 (117 mg/L en octubre) que supera el límite del ECA para la categoría C4 (100 mg/L), evidenciando la influencia directa de las

actividades antrópicas y vertimientos identificados en este sector. En RHual 1, los valores oscilaron entre 11 y 54 mg/L, dentro de lo permitido, reflejando la menor intervención en esta zona; no obstante, la descarga de los RUPAP de Pillco Marca, Miraflores (8 l/s), Alisos (6 l/s), Almendros (7 l/s) y Guardia Civil (5 l/s), junto con las extracciones no autorizadas, aportan partículas y residuos que explican los picos iniciales, especialmente tras lluvias que favorecen el arrastre de sedimentos. En RHual 2, el incremento sostenido de SST (20–117 mg/L) se relaciona con la mayor densidad de actividades, como lavaderos informales, descargas domésticas y extracciones, además de vertimientos de alto caudal como San Hilarión (18 l/s), FONAVI-1 (19 l/s), Circunvalación (12 l/s), Tarapacá (6 l/s) y Zona Cero (4–6 l/s), cuya descarga de aguas grises y arrastre de partículas favorecen la turbidez del agua. Finalmente, en RHual 3, los valores oscilaron entre 13 y 48 mg/L, manteniéndose dentro del ECA, pero reflejando la acumulación de aportes desde aguas arriba y la influencia de RUPAP locales como Los Pinos (10 l/s), Huayopampa (8 l/s) y San Germán (1 l/s), además de la proximidad a la PTAR San Andrés, que puede generar descargas puntuales de sólidos. Este patrón coincide con lo señalado por Cerna Cueva et al. (2022), quienes indicaron que la remoción de vegetación ribereña y el uso inadecuado del suelo incrementan la carga de partículas en ríos altoandinos, y con lo descrito por Encarnación y Valle (2024), quienes encontraron que en Colpa Baja (Huánuco) la acumulación de descargas domésticas y aguas grises favoreció el aumento de turbidez y sólidos. Así, los resultados evidencian que la superación registrada en RHual 2 y la acumulación en RHual 3 están directamente asociadas a la densidad y caudal de los RUPAP y a las actividades antrópicas, confirmando una presión creciente sobre la transparencia y la calidad física del agua.

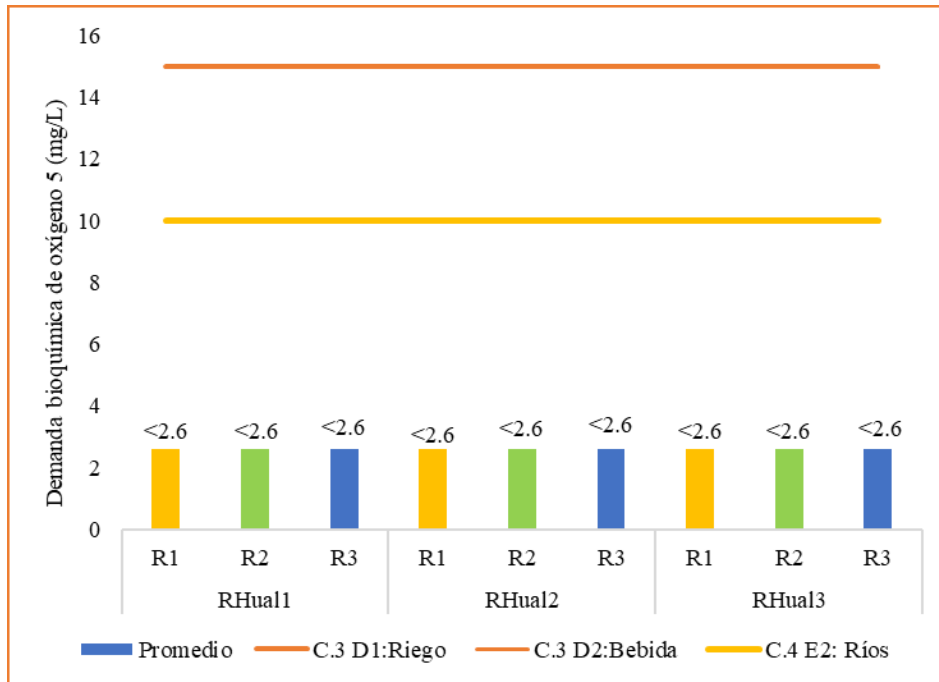


Figura 12. Variación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno 5 según el ECA

La Figura 12 ilustra cómo ha variado la Demanda Bioquímica de Oxígeno a 5 días (DBO₅) en los puntos RHual 1, RHual 2 y RHual 3 del río Huallaga durante las mediciones realizadas en agosto, septiembre y octubre de 2024. En todas las evaluaciones, se registró un valor constante de menos de 2.6 mg/L, lo que está muy por debajo de los límites máximos establecidos por el ECA-Agua para las categorías D1 (10 mg/L), D2 (15 mg/L) y E2 (10 mg/L). Esta consistencia sugiere que hay una baja concentración de materia orgánica biodegradable en el agua, lo que indica que las descargas domésticas, agrícolas o industriales tienen una influencia reducida en los puntos monitoreados. Además, la estabilidad observada a lo largo de los tres meses sugiere que no hubo variaciones significativas relacionadas con cambios estacionales o eventos puntuales de contaminación. En resumen, los resultados reflejan condiciones de calidad del agua bastante favorables y un buen equilibrio para el mantenimiento de la vida acuática.

Los valores de DBO₅ se mantuvieron constantes en <2.6 mg/L en los tres puntos y repeticiones, por debajo del límite del ECA (≤ 5 mg/L), reflejando una baja carga orgánica biodegradable en el tramo urbano del Huallaga. Ortega Quispe et al. (2025) también reportaron que la descarga de aguas residuales domésticas sin tratamiento incrementa la carga orgánica y coliformes en el río Ichu, aunque en condiciones controladas de caudal se mantiene cierta estabilidad en los valores de DBO₅. En RHual 1, la influencia de los vertimientos de Pillco Marca (Miraflores 8 l/s, Alisos 6 l/s, Almendros 7 l/s, Guardia Civil 5 l/s) y de

extracciones no autorizadas no se tradujo en aumentos significativos de DBO₅, en concordancia con lo señalado por García Ávila et al. (2022), quienes sostienen que en tramos con menor densidad poblacional los vertimientos dispersos generan presiones incipientes, pero la capacidad de dilución amortigua la demanda bioquímica. En RHual 2, pese a la fuerte presión antrópica (lavaderos informales, descargas y extracciones), reforzada por RUPAP como San Hilarión (18 l/s) y FONAVI-1 (19 l/s), los valores no excedieron el estándar, lo que concuerda con Guerrero Padilla y Cabrera Carranza (2021), quienes atribuyeron esta estabilidad en ríos urbanos a la dispersión rápida de materia orgánica en el flujo principal. Finalmente, en RHual 3, los vertimientos acumulados desde aguas arriba, sumados a los aportes de Los Pinos (10 l/s), Huayopampa (8 l/s) y San Germán (1 l/s) y la cercanía a la PTAR San Andrés, tampoco elevaron la DBO₅, aunque sí coincidieron con descensos en oxígeno disuelto, lo que refuerza lo señalado por Villanueva et al. (2023): valores bajos de DBO₅ pueden ocultar efectos negativos cuando se analizan de manera aislada.

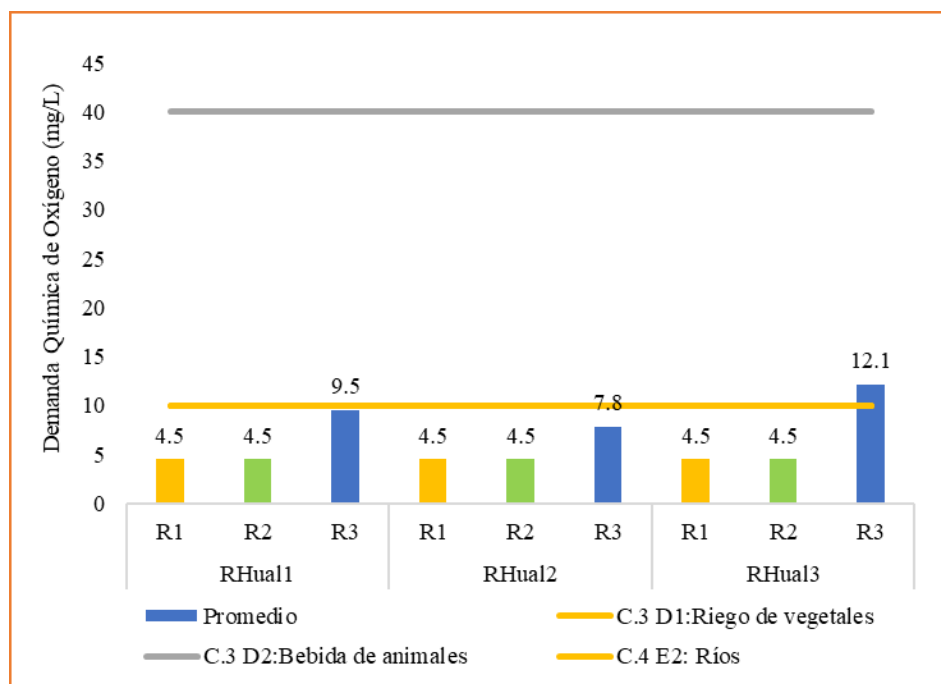


Figura 13. Variación de la Demanda Química de Oxígeno según el ECA

La Figura 13 muestra la variación de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) en los puntos RHual 1, RHual 2 y RHual 3 del río Huallaga durante las repeticiones de agosto, septiembre y octubre de 2024, registrándose valores entre 4.5 mg/L y 12.1 mg/L. En RHual 1 y RHual 2, las concentraciones se mantuvieron dentro del límite máximo permitido por el ECA-Agua para riego y ríos (10 mg/L), lo que indica niveles aceptables de materia orgánica y compuestos oxidables en estos tramos. Sin embargo, en RHual 3-R3 (octubre) se

evidenció una superación puntual del estándar, alcanzando 12.1 mg/L. Aunque este valor no excede el límite establecido para bebida de animales (40 mg/L), el incremento observado podría estar asociado a aportes temporales de escorrentía, descargas locales de aguas residuales tanto doméstica, como industriales, así como variaciones estacionales. Por ello, se recomienda mantener el monitoreo para determinar si se trata de un evento aislado o de una tendencia que pueda afectar progresivamente la calidad del agua.

Los valores de DQO se mantuvieron bajos en la mayoría de las mediciones, aunque se observaron picos en RHual 1-R3 (9.5 mg/L), RHual 2-R3 (7.8 mg/L) y especialmente en RHual 3-R3 (12.1 mg/L), superando este último el umbral de 10 mg/L establecido en el ECA para riego (C.3 D1) y ríos (C.4 E2). En RHual 1, los vertimientos de los RUPAP de Pillco Marca, Miraflores (8 l/s), Alisos (6 l/s) y Almendros (7 l/s) aportan materia orgánica y compuestos oxidables, aunque la dilución natural del cauce evitó que el OD descendiera por debajo de los 6 mg/L, en línea con lo señalado por García Ávila et al. (2022), quienes explican que la capacidad de dilución en tramos con menor presión antrópica permite mantener niveles estables de oxígeno disuelto. En RHual 2, el incremento de DQO en octubre se relaciona con la fuerte presión de vertimientos como San Hilarión (18 l/s), FONAVI-1 (19 l/s) y Circunvalación (12 l/s), sumados a la presencia de lavaderos informales y zonas de extracción, lo que concuerda con lo planteado por Guerrero Padilla y Cabrera Carranza (2021), quienes reportaron que las escorrentías urbanas y descargas simultáneas elevan la carga oxidante y reducen progresivamente el oxígeno. En este punto, el OD descendió a 5.56 mg/L, evidenciando la correlación negativa entre ambos parámetros. Finalmente, en RHual 3, el valor máximo de DQO (12.1 mg/L) coincidió con el mínimo de OD registrado (4.18–4.25 mg/L), reflejando el efecto acumulativo de los vertimientos aguas arriba junto con los aportes locales de Los Pinos (10 l/s), Huayopampa (8 l/s) y San Germán (1 l/s), además de la influencia de la PTAR San Andrés. Este patrón confirma lo expuesto por Encarnación y Valle (2024) en Colpa Baja, Huánuco, quienes señalaron que las descargas domésticas y la limitada infraestructura de tratamiento condicionan incrementos en la carga orgánica y reducciones en el oxígeno. En coherencia, Villanueva et al. (2023) recalcan que el análisis de la DQO debe realizarse en conjunto con el OD, pues el incremento de la carga oxidante suele generar condiciones hipóxicas en tramos urbanos, como se verificó en RHual 3. En este sentido, los resultados muestran que la relación DQO–OD es un indicador claro de la presión antrópica acumulada, siendo RHual 3 el sector más crítico en el tramo urbano del Huallaga.

Podemos observar que, a medida que la temperatura sube, también lo hace la DQO. Esto se debe a que el calentamiento del agua facilita la descomposición de la materia orgánica, lo que a su vez incrementa el consumo de oxígeno. Varios estudios coinciden en que un aumento en la temperatura acelera los procesos de mineralización y degradación de compuestos orgánicos, resultando en valores más altos de DQO y afectando la calidad del agua. Este fenómeno se explica porque las reacciones químicas y biológicas se llevan a cabo más rápidamente a temperaturas elevadas, lo que intensifica la actividad microbiana y la oxidación de las sustancias presentes en el medio acuático. Además, esto se alinea con lo que señala Chapra (2021), quien argumenta que el calentamiento acelera la descomposición del carbono orgánico a un ritmo más rápido que los procesos de reaeración, generando una mayor demanda de oxígeno en los cuerpos de agua y potencialmente alterando el equilibrio ecológico del sistema acuático.

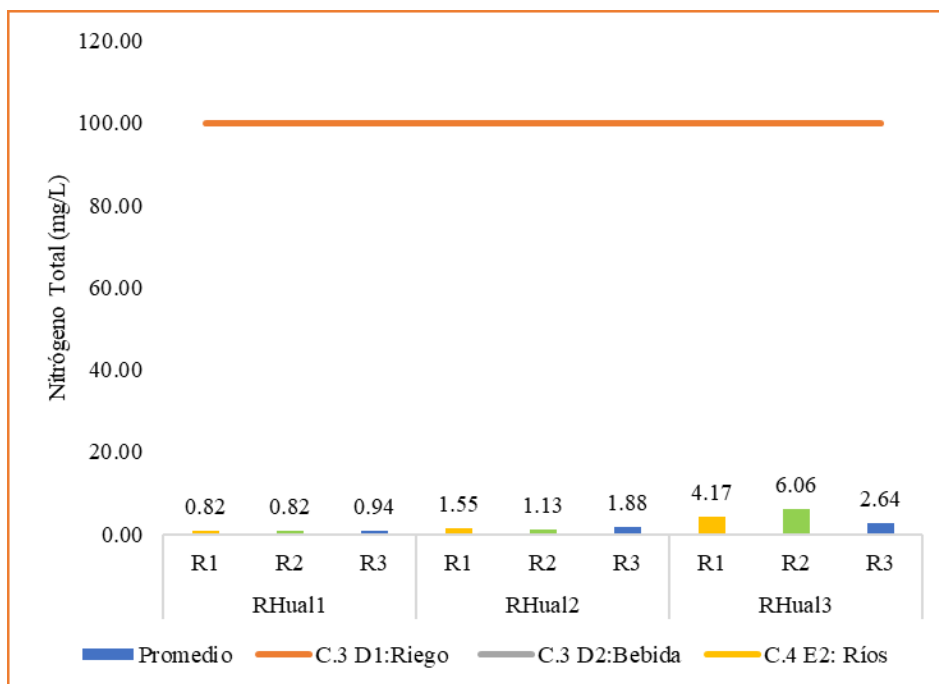


Figura 14. Variación del Nitrógeno Total según el ECA

La Figura 14 muestra cómo varía el Nitrógeno Total en los puntos RHual 1, RHual 2 y RHual 3 del río Huallaga durante las mediciones de agosto, septiembre y octubre de 2024. Los valores fluctuaron entre 0.82 mg/L (en RHual 1-R1 y R2) y 6.06 mg/L (en RHual 3-R2), lo que está muy por debajo del límite establecido por el ECA-Agua para cuerpos naturales, que es de 100 mg/L. Sin embargo, se nota un aumento progresivo a medida que se avanza río abajo, siendo RHual 3 el punto con las concentraciones más altas, especialmente durante la Repetición 2 en septiembre. Esto sugiere que hay fuentes difusas de contaminación, como la

escorrentía agrícola, los vertimientos domésticos o el arrastre natural de nutrientes. Aunque los niveles aún están dentro de lo permitido, este incremento podría favorecer el enriquecimiento nutricional y el crecimiento excesivo de algas o plantas acuáticas si se mantiene en el tiempo. Por lo tanto, es crucial seguir monitoreando para evaluar cómo evoluciona el nitrógeno total en el espacio y el tiempo, y así prevenir posibles impactos en la calidad del agua y el equilibrio ecológico del río.

Los valores de nitrógeno total se mantuvieron por debajo del límite del ECA (100 mg/L), aunque en RHual 3-R2 se alcanzó el máximo registrado (6.06 mg/L), que triplica los valores de RHual 1 y RHual 2. En este sector, la proximidad a vertimientos de gran caudal como Los Pinos (10 l/s), Huayopampa (8 l/s) y San Germán (1 l/s), además de la influencia de la PTAR San Andrés, explican la mayor acumulación de compuestos nitrogenados, coincidiendo con lo reportado por Ortega y Palomino (2022) en microcuencas urbanas de Huánuco, donde las aguas grises sin tratamiento incrementan este parámetro. En RHual 1, los valores fueron menores (0.82–0.94 mg/L), reflejando la presión más limitada de descargas de los RUPAP de Pillco Marca, Miraflores, Alisos y Almendros—, lo que concuerda con Rivera y Gómez (2023), quienes señalaron que en tramos con menor densidad de vertimientos la variación del nitrógeno es baja y generalmente amortiguada por el caudal. En RHual 2, los valores intermedios (1.13–1.88 mg/L) se vinculan a la alta concentración de actividades como lavaderos informales, descargas domésticas y vertimientos significativos como San Hilarión (18 l/s) y FONAVI-1 (19 l/s); este comportamiento coincide con lo planteado por Carranza et al. (2021), quienes asociaron incrementos de nitrógeno en ríos urbanos al aporte constante de residuos fecales y lixiviados. Además, los picos de nitrógeno en septiembre coinciden con los valores más altos de fósforo total (0.69 mg/L en RHual 3), lo que confirma lo advertido por Villanueva Alvarado et al. (2023): el análisis conjunto de nutrientes es clave para prever procesos de eutrofización, especialmente cuando el oxígeno disuelto se aproxima a los valores mínimos normativos, como ocurrió en RHual 3. En línea con Custodio et al. (2024), que destacan la sensibilidad de los ecosistemas amazónicos a pequeñas variaciones de nutrientes, los resultados evidencian que el nitrógeno total refleja la presión acumulativa de vertimientos domésticos y urbanos, siendo más crítico en RHual 3 por su posición aguas abajo y la mayor densidad de RUPAP.

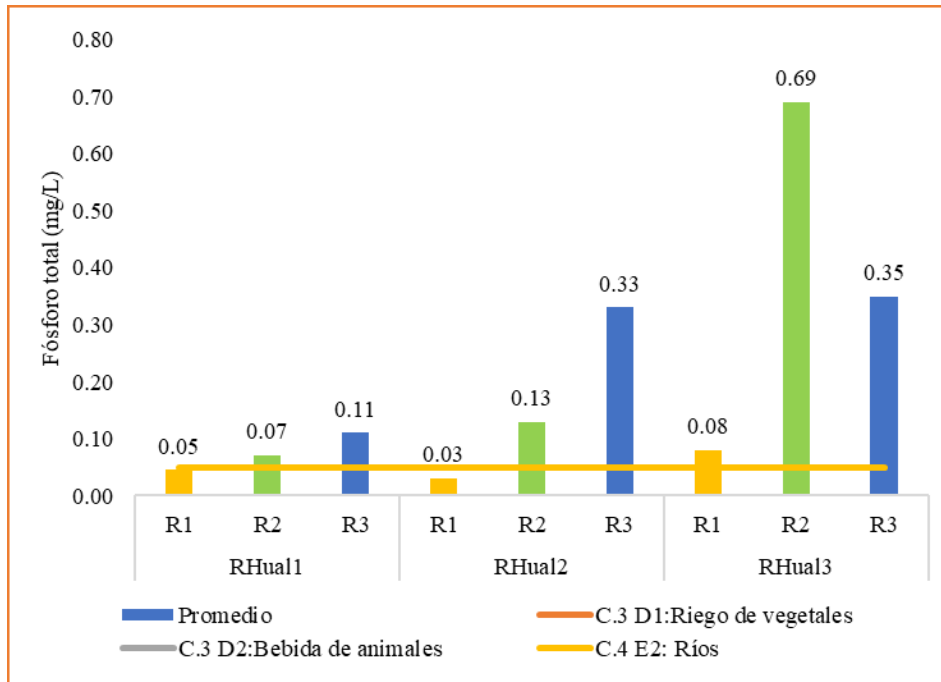


Figura 15. Variación del Fósforo Total según el ECA

La Figura 15 muestra cómo han variado los niveles de Fósforo Total en los puntos RHual 1, RHual 2 y RHual 3 del río Huallaga durante las mediciones realizadas en agosto, septiembre y octubre de 2024. Los valores fluctuaron entre 0.03 mg/L en RHual 1-R3 y 0.69 mg/L en RHual 3-R2, evidenciando diferencias significativas entre los tramos y las mediciones. Todos los registros, a excepción de RHual 1-R1 (0.05 mg/L), igualan o superan el límite máximo establecido por el ECA-Agua para ríos (C.4 E2). Es especialmente alarmante el caso de RHual 3-R2, que presenta una concentración 13 veces mayor a la permitida. Este aumento sugiere que hay fuentes puntuales o acumulativas de fósforo, probablemente provenientes de fertilizantes agrícolas, desechos domésticos o el arrastre de sedimentos ricos en nutrientes. La alta concentración de fósforo total plantea un riesgo potencial de eutrofización, lo que podría desencadenar un crecimiento desmedido de algas y alterar el equilibrio ecológico del río. Por ello, es fundamental llevar a cabo un monitoreo constante y considerar medidas de mitigación para evitar impactos ambientales significativos.

Los valores de fósforo total mostraron un incremento progresivo hacia aguas abajo, con un máximo en RHual 3-R2 (0.69 mg/L) que superó ampliamente el límite del ECA (0.1 mg/L), confirmando una condición crítica de riesgo de eutrofización. En RHual 1, los valores se mantuvieron bajos (0.05–0.11 mg/L), influenciados por descargas domésticas menores donde el aporte de detergentes y aguas residuales dispersas no generó acumulaciones significativas, en línea con lo observado por García Ávila et al. (2022), quienes sostienen que

en tramos con menor densidad poblacional el fósforo tiende a mantenerse amortiguado por la capacidad de dilución del río. En RHual 2, los valores intermedios (0.13–0.33 mg/L) se asocian directamente a la mayor densidad de actividades antrópicas, como lavaderos informales y descargas domésticas, además de vertimientos de alto caudal como San Hilarión (18 l/s), FONAVI-1 (19 l/s) y Circunvalación (12 l/s); este patrón coincide con lo planteado por Guerrero Padilla y Cabrera Carranza (2021), quienes encontraron que el fósforo se intensifica en zonas urbanas donde confluyen múltiples descargas. En RHual 3, la concentración máxima (0.69 mg/L en septiembre) se explica por la acumulación de vertimientos desde aguas arriba, sumados a los aportes locales de Los Pinos (10 l/s), Huayopampa (8 l/s) y San Germán (1 l/s), además de la influencia de la PTAR San Andrés, donde las descargas parciales de aguas tratadas pueden aportar fósforo residual. Esta condición coincide con lo reportado por Encarnación y Valle (2024) en Colpa Baja, Huánuco, quienes identificaron que las descargas domésticas y el uso de detergentes contribuyen a la presencia de nutrientes en el agua, comprometiendo su calidad para riego. Además, la coincidencia del pico de fósforo con el máximo de nitrógeno total (6.06 mg/L en RHual 3-R2) confirma lo advertido por Villanueva et al. (2023): la relación N–P es determinante para anticipar eventos de eutrofización. En conjunto, estos resultados muestran que los valores obtenidos en RHual 2 y especialmente en RHual 3 reflejan un estado de presión antrópica severa que amerita control y monitoreo prioritario.

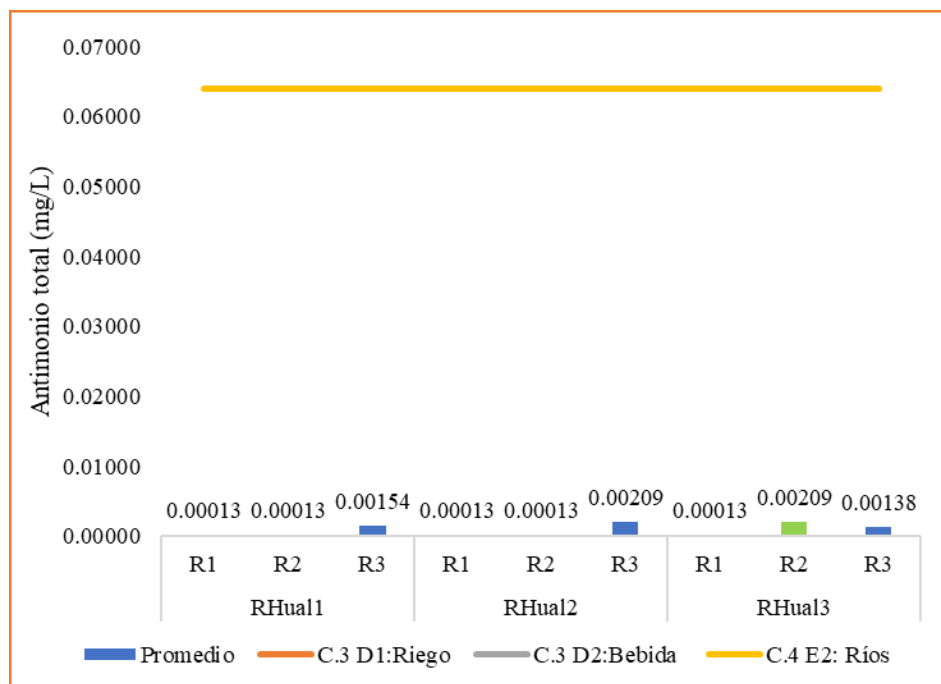


Figura 16. Variación del Antimonio total según el ECA

La Figura 16 ilustra cómo han variado las concentraciones de antimonio total en los puntos de monitoreo RHual 1, RHual 2 y RHual 3 del río Huallaga, correspondientes a las tres repeticiones de monitoreo: Repetición 1 (agosto), Repetición 2 (septiembre) y Repetición 3 (octubre) de 2024. Los valores registrados fluctuaron entre 0.00013 mg/L y 0.00209 mg/L, muy por debajo del límite máximo permitido por el ECA-Agua para ríos (0.064 mg/L). Esto sugiere que, desde una perspectiva normativa, no hay riesgos de contaminación por este metal. Los niveles más altos se encontraron en RHual 2-R2 y RHual 3-R1, ambos alcanzando 0.00209 mg/L, sin que esto implique sobrepasar los límites, lo que indica que la presencia de antimonio en el río es mínima y no representa una amenaza inmediata para la calidad del agua ni para los organismos acuáticos. Además, la estabilidad en las concentraciones a lo largo de los tres meses sugiere que no ha habido aportes significativos o descargas puntuales de este metal, lo que refleja condiciones de calidad favorables en los tramos evaluados.

Los valores de antimonio se mantuvieron muy bajos en todo el tramo urbano del Huallaga, con registros entre 0.00013 y 0.00209 mg/L, es decir, menos del 3% del límite establecido por el ECA (0.07 mg/L para C.3 D1 y C.4 E2), lo que refleja una baja presión antrópica vinculada a este elemento. En RHual 1, la estabilidad de los valores (0.00013–0.00154 mg/L) coincide con la menor intervención registrada en este sector, y son fundamentalmente domésticos, sin descargas industriales que puedan aportar antimonio, lo que concuerda con lo señalado por Condori y Córdova (2024) en el río San Juan de Pillo (Huancavelica), donde la ausencia de minería e industrias químicas permitió que los metales se mantuvieran en niveles bajos. En RHual 2, aunque se registró un ligero aumento (máximo 0.00209 mg/L), este valor sigue siendo marginal y se asocia a la acumulación de descargas domésticas de gran caudal como San Hilarión (18 l/s), FONAVI-1 (19 l/s) y Circunvalación (12 l/s); este comportamiento es coherente con lo descrito por Guerrero Padilla y Cabrera Carranza (2021), quienes reportaron que pequeñas variaciones de antimonio pueden presentarse en ríos urbanos por el arrastre de residuos sólidos o lixiviados superficiales. Finalmente, en RHual 3, el rango (0.00013–0.00138 mg/L) se mantuvo igualmente bajo, pese a la influencia de vertimientos aguas arriba y los aportes locales de Los Pinos (10 l/s), Huayopampa (8 l/s) y San Germán (1 l/s), lo que coincide con lo documentado por Custodio et al. (2024), quienes señalaron que, aunque las concentraciones de antimonio suelen ser bajas en sedimentos y aguas superficiales, su acumulación puede representar un riesgo ecológico. No obstante, como advierten Villanueva et al. (2023), incluso niveles bajos de este metal pueden tener efectos acumulativos en la biota acuática, mientras que Encarnación y Valle (2024) resaltan la

necesidad de un monitoreo y control permanente de los vertimientos domésticos, ya que la expansión urbana y la limitada infraestructura sanitaria podrían modificar estas condiciones en el futuro.

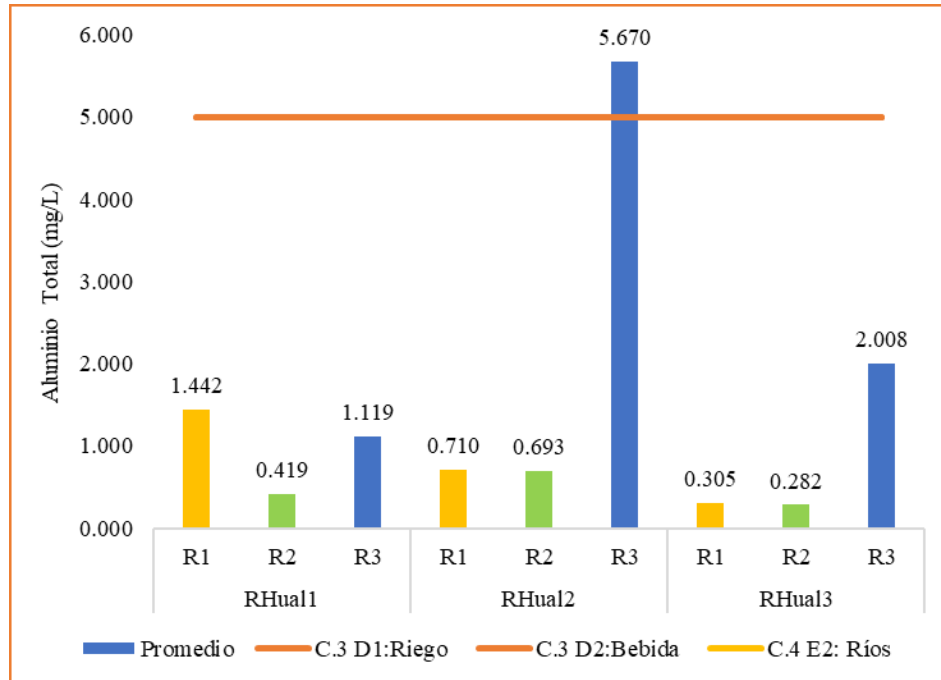


Figura 17. Variación del Aluminio total según el ECA

La Figura 17 ilustra cómo varían las concentraciones de aluminio total en los puntos RHual 1, RHual 2 y RHual 3 del río Huallaga durante las diferentes rondas de monitoreo: Repetición 1 (agosto), Repetición 2 (septiembre) y Repetición 3 (octubre) de 2024. Los valores observados oscilaron entre 0.282 mg/L (RHual 3-R2) y 5.670 mg/L (RHual 2-R3), siendo este último el único que supera el límite establecido por el ECA-Agua para el agua destinada a la bebida de animales, mientras que los demás registros se mantienen por debajo de ese umbral. También se nota un aumento puntual en RHual 3-R3, con 2.008 mg/L, que corresponde al segundo valor más alto de la serie. Esto podría indicar la influencia de aportes temporales de aluminio debido a actividades humanas o procesos naturales de arrastre de sedimentos. Esta variabilidad sugiere que, aunque en general las concentraciones están dentro de niveles seguros para la mayoría de los usos, hay episodios específicos que podrían impactar la calidad del agua, lo que resalta la necesidad de un monitoreo continuo para prevenir posibles riesgos para la salud de la fauna y la calidad del recurso hídrico.

Los valores de aluminio variaron notablemente entre los puntos de monitoreo, con registros bajos en RHual 1 (0.419–1.442 mg/L), intermedios en RHual 2 (0.693–5.670 mg/L) y máximos en RHual 3 (2.008 mg/L en octubre), superando en algunos casos el límite

del ECA para bebida de animales (1.0 mg/L, C.3 D2). En RHual 1, los valores iniciales, aunque menores, se explican por el aporte de vertimientos domésticos que, aunque no industriales, pueden arrastrar aluminio desde suelos erosionados o materiales de construcción, en concordancia con lo reportado por Condori y Córdova (2024) en Huancavelica, quienes demostraron que en zonas con baja presión industrial el aluminio puede liberarse por erosión natural y descargas domésticas dispersas. En RHual 2, el pico de 5.670 mg/L (octubre) representa un nivel crítico que coincide con la alta concentración de vertimientos urbanos de gran caudal, como San Hilarión (18 l/s), FONAVI-1 (19 l/s) y Circunvalación (12 l/s), sumados a las actividades de lavaderos informales y extracciones cercanas. Este comportamiento es coherente con lo descrito por Guerrero Padilla y Cabrera Carranza (2021), quienes demostraron que la erosión de taludes sin cobertura vegetal y el arrastre de residuos urbanos intensifican los niveles de aluminio en ríos urbanos durante la época de lluvias. Finalmente, en RHual 3, el valor de 2.008 mg/L refleja la acumulación aguas abajo de todos los vertimientos previos, además de los aportes locales de Los Pinos (10 l/s), Huayopampa (8 l/s) y San Germán (1 l/s), junto con la descarga de la PTAR San Andrés, donde los tratamientos incompletos no eliminan completamente los metales. Según Custodio et al. (2024), la presencia de aluminio y otros metales por encima de 1.0 mg/L altera la flora acuática y modifica el pH, afectando la solubilidad y movilidad de otros elementos. De manera complementaria, Villanueva et al. (2023) advierten que la persistencia de picos de aluminio, aunque intermitentes, puede tener efectos acumulativos en la biota acuática y en la biodisponibilidad de nutrientes. En este contexto, los resultados del presente estudio evidencian que el aluminio constituye un parámetro crítico en RHual 2 y RHual 3, directamente relacionado con la densidad de RUPAP y la acumulación de actividades antrópicas a lo largo del tramo urbano.

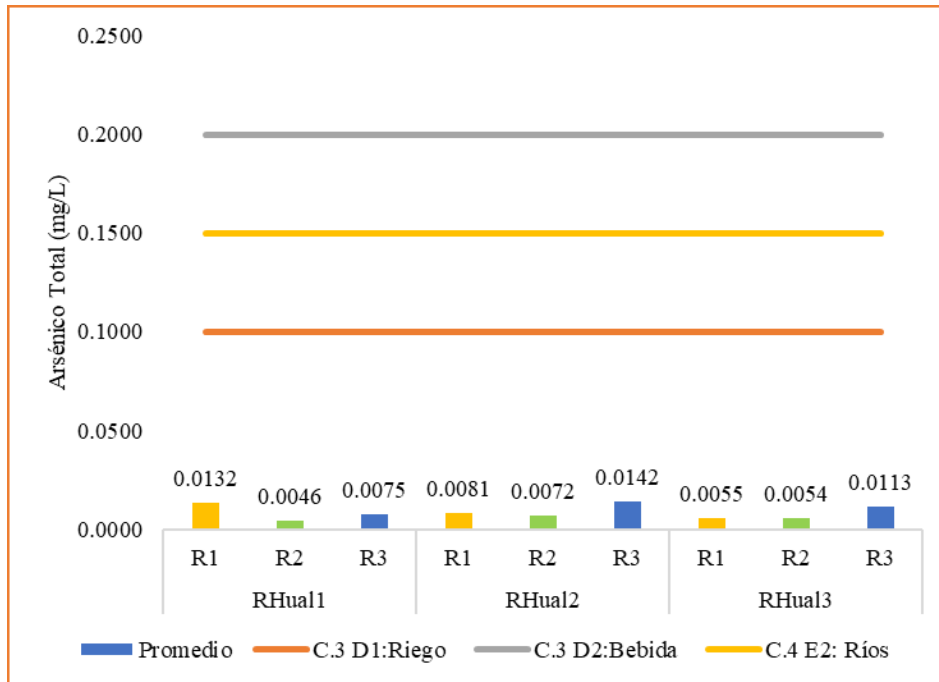


Figura 18. Variación del Arsénico total según el ECA

La Figura 18 muestra los niveles de arsénico total en los puntos RHual 1, RHual 2 y RHual 3 del río Huallaga, correspondientes a las Repeticiones 1 (agosto), 2 (septiembre) y 3 (octubre) de 2024. Las concentraciones observadas variaron entre 0.0046 mg/L (RHual 1-R2) y 0.0142 mg/L (RHual 2-R3), y se mantuvieron muy por debajo de los límites establecidos por el ECA-Agua para todas las categorías evaluadas, que incluyen ríos, riego y agua para animales. El punto con la mayor concentración se registró en RHual 2 durante la Repetición 3, aunque este nivel no representa un riesgo inmediato para la salud humana ni para los ecosistemas acuáticos. La estabilidad de las concentraciones a lo largo de los tres meses sugiere que no hay fuentes puntuales de contaminación por arsénico en los tramos monitoreados, lo que indica que el río se encuentra en buenas condiciones en relación a este metal pesado. Sin embargo, es recomendable continuar con el seguimiento para detectar cualquier cambio que pueda afectar la calidad del agua a mediano o largo plazo.

Los valores de arsénico total oscilaron entre 0.00457 y 0.01419 mg/L, todos por debajo del límite establecido en el ECA para riego y bebida de animales (0.05 mg/L, C.3 D1 y C.3 D2), aunque con variaciones relevantes entre puntos. En RHual 1, los valores iniciales (0.01321–0.00753 mg/L) reflejan la influencia de vertimientos domésticos que, aunque no industriales, aportan aguas residuales capaces de movilizar trazas de metales desde suelos y materiales de construcción, tal como señalan García Ávila et al. (2022) en estudios de ríos andinos impactados por descargas domésticas. En RHual 2, los registros fueron ligeramente

más altos (0.00717–0.01419 mg/L), coincidiendo con vertimientos de gran caudal como San Hilarión (18 l/s), FONAVI-1 (19 l/s) y Circunvalación (12 l/s), además de la presencia de lavaderos informales. Este comportamiento se alinea con lo descrito por Guerrero Padilla y Cabrera Carranza (2021), quienes vincularon el incremento de metales a descargas urbanas mezcladas con residuos sólidos y escorrentías superficiales. En RHual 3, aunque los valores (0.00539–0.01131 mg/L) no superan los límites normativos, reflejan el efecto acumulativo de los vertimientos aguas arriba y los aportes locales de Los Pinos (10 l/s), Huayopampa (8 l/s), San Germán (1 l/s) y la PTAR San Andrés, donde los procesos de tratamiento incompletos pueden liberar pequeñas cantidades de metales residuales. Encarnación y Valle (2024) advierten que la persistencia de descargas domésticas sin tratamiento compromete la calidad del agua y favorece la acumulación de contaminantes, incluso en bajas concentraciones. De forma complementaria, Custodio et al. (2024) documentaron que la falta de control en los vertimientos de EPS locales contribuye a la presencia de metales en el cauce. Finalmente, Villanueva et al. (2023) advierten que el arsénico, al ser un contaminante persistente, debe ser monitoreado periódicamente, ya que su efecto acumulativo puede generar riesgos crónicos incluso en condiciones subnormativas. En este contexto, los resultados evidencian que, aunque el arsénico aún no representa un riesgo inmediato, su distribución en los tres puntos confirma la influencia de los vertimientos urbanos y su acumulación progresiva aguas abajo.

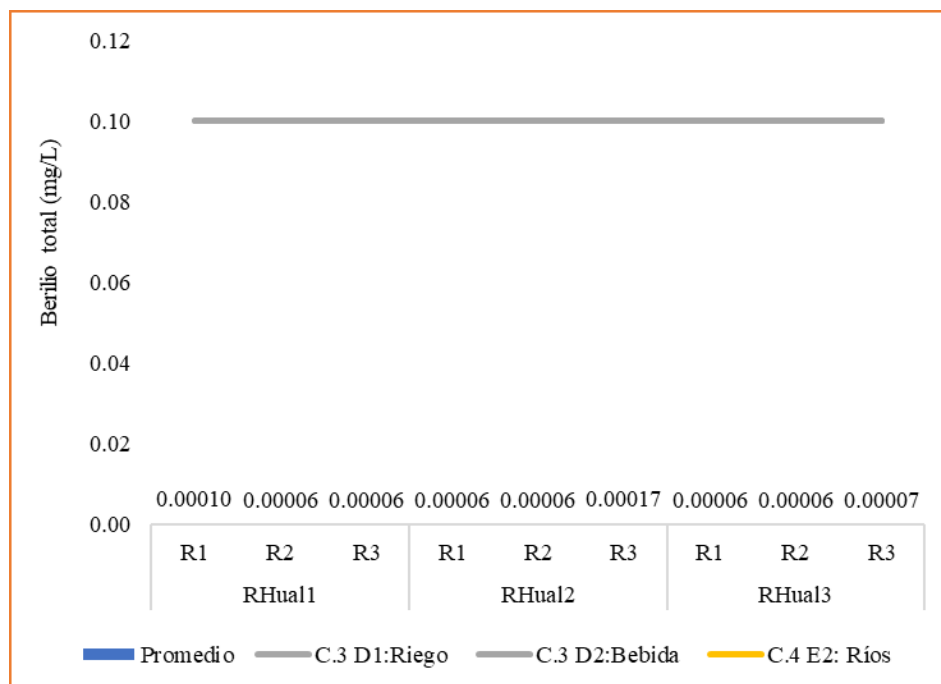


Figura 19. Variación del Berilio total según el ECA

La Figura 19 muestra las concentraciones totales de berilio que se registraron en los tres puntos de monitoreo del río Huallaga durante las repeticiones de agosto, septiembre y octubre de 2024. Los valores variaron entre 0.00006 mg/L y 0.00017 mg/L, siendo el más alto detectado en el punto RHual 2 durante la Repetición 3 (octubre). Todos los registros se mantuvieron muy por debajo del límite máximo permitido por el ECA-Agua (0.1 mg/L), sin que se haya registrado ninguna superación normativa. Esto indica que la presencia de berilio en el río es mínima y no representa un riesgo para la calidad del agua ni para los organismos acuáticos. La baja variabilidad entre los puntos y las repeticiones sugiere que no hay aportes significativos o descargas puntuales de este metal, lo que refleja condiciones favorables y estables en los tramos evaluados. Estos resultados permiten concluir que, bajo las condiciones observadas durante el periodo de monitoreo, el berilio no es un factor de preocupación para la gestión ambiental del río Huallaga.

El berilio es un metal poco abundante en aguas naturales, y su presencia está generalmente asociada a fuentes geológicas específicas o a vertimientos industriales relacionados con fundiciones, fabricación de aleaciones o componentes electrónicos. Los valores de berilio total se mantuvieron muy bajos en todos los puntos de monitoreo, con registros entre 0.00006 y 0.00017 mg/L, es decir, muy por debajo del límite establecido en el ECA para riego y bebida de animales (0.07 mg/L, C.3 D1 y C.3 D2). En RHual 1, los valores iniciales (0.00006–0.00010 mg/L) reflejan la baja presión antrópica en este sector, donde los vertimientos de agua residual son principalmente domésticos y no presentan fuentes industriales vinculadas al berilio, lo que coincide con lo documentado por García Ávila et al. (2022) en ríos andinos impactados por descargas domésticas. En RHual 2, el ligero incremento detectado en octubre (0.00017 mg/L) puede asociarse al aporte acumulado de vertimientos urbanos de gran caudal como San Hilarión (18 l/s), FONAVI-1 (19 l/s) y Circunvalación (12 l/s), además de actividades como lavaderos informales, que podrían arrastrar residuos metálicos de vehículos, lo que concuerda con lo planteado por Guerrero Padilla y Cabrera Carranza (2021) respecto al transporte de trazas metálicas en zonas urbanas densamente intervenidas. Finalmente, en RHual 3, los valores (0.00006–0.00007 mg/L) se mantuvieron bajos y cercanos al límite de detección, lo que sugiere que la influencia de los vertimientos locales como Los Pinos (10 l/s), Huayopampa (8 l/s) y San Germán (1 l/s) y la descarga de la PTAR San Andrés no genera un aporte significativo de este metal. Sin embargo, tal como advierten Custodio et al. (2024), la acumulación de metales en sedimentos puede representar un riesgo ecológico a largo plazo, incluso cuando las concentraciones en el agua son mínimas. En esa línea, Villanueva et al.

(2023) subrayan la importancia de mantener la vigilancia de elementos traza como el berilio, ya que cambios en el uso del suelo o la intensificación de actividades urbanas podrían modificar esta situación en el futuro.

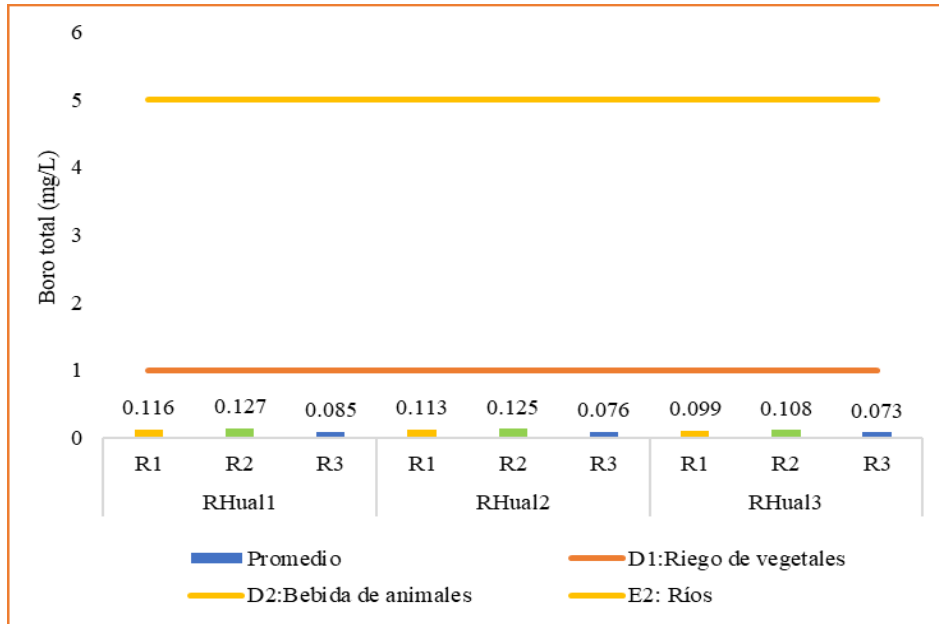


Figura 20. Variación del Boro total según el ECA

La Figura 20 ilustra las concentraciones de boro total que se registraron en los tres puntos de monitoreo del río Huallaga durante las repeticiones de agosto, septiembre y octubre de 2024. Los valores variaron entre 0.073 mg/L (RHual 3, Repetición 3 – octubre) y 0.127 mg/L (RHual 1, Repetición 2 – septiembre), y todos se mantuvieron muy por debajo de los límites máximos permitidos por el ECA-Agua para las diferentes categorías evaluadas, que incluyen riego, bebida de animales y cuerpos naturales. El punto RHual 1 mostró las concentraciones más elevadas, pero incluso estas no alcanzaron ni el 15 % del límite establecido para riego, lo que indica que la presencia de boro en el río es mínima y no representa un riesgo para la calidad del agua ni para los usos agrícolas o ganaderos. La estabilidad de las concentraciones a lo largo de los tres meses y en los diferentes puntos sugiere que no hay aportes significativos de este elemento, reflejando condiciones favorables y consistentes en los tramos evaluados. En resumen, los resultados indican que el río Huallaga mantiene niveles de boro seguros para los ecosistemas acuáticos y para los diversos usos del recurso hídrico.

Los valores de boro total en el tramo urbano del río Huallaga oscilaron entre 0.073 y 0.127 mg/L, todos muy por debajo del límite del ECA para riego y bebida de animales (0.75 mg/L, C.3 D1 y C.3 D2), lo que indica que este parámetro no representa un riesgo inmediato en la calidad del agua. En RHual 1, los valores (0.099–0.127 mg/L) se relacionan

con descargas domésticas menores, donde el boro puede provenir de detergentes y productos de limpieza de uso cotidiano, en línea con lo documentado por García Ávila et al. (2022), quienes señalaron que las descargas residenciales constituyen una fuente constante de compuestos químicos en ríos andinos. En RHual 2, los valores (0.106–0.125 mg/L) reflejan la influencia de descargas de mayor caudal como San Hilarión (18 l/s), FONAVI-1 (19 l/s) y Circunvalación (12 l/s), además de la presencia de lavaderos informales, donde jabones y detergentes con compuestos de boro pueden incrementar su concentración, lo que coincide con lo observado por Encarnación y Valle (2024) en el tramo de Colpa Baja, donde identificaron que el uso de detergentes domésticos compromete la calidad del agua para riego. En RHual 3, los registros (0.073–0.108 mg/L) muestran una ligera disminución respecto a RHual 2, atribuida a la dilución parcial del cauce, aunque persiste el aporte de vertimientos locales como Los Pinos (10 l/s), Huayopampa (8 l/s) y San Germán (1 l/s), además de la descarga de la PTAR San Andrés. De acuerdo con Custodio et al. (2024), incluso elementos en bajas concentraciones, como el boro, pueden acumularse en sedimentos y representar un riesgo ecológico a largo plazo. En ese sentido, aunque en este estudio el boro no representa un problema crítico, su persistencia en todos los puntos de muestreo confirma la influencia de descargas domésticas y urbanas como fuente principal de este parámetro.

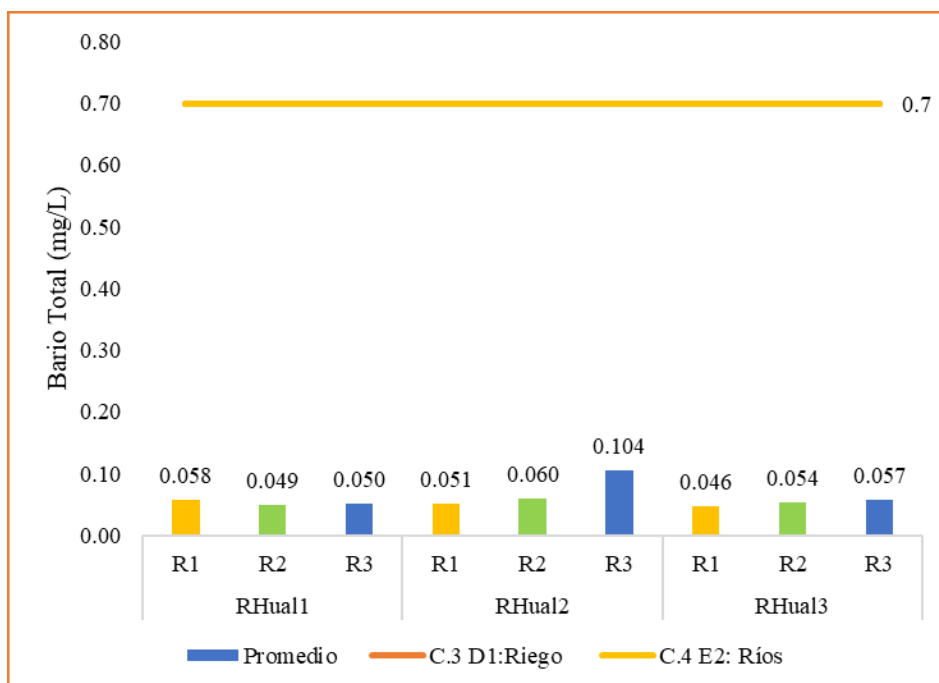


Figura 21. Variación del Promedio de la Bario total según el ECA

La Figura 21 muestra cómo han variado las concentraciones de bario total en los puntos RHual 1, RHual 2 y RHual 3 del río Huallaga durante las mediciones realizadas en

agosto, septiembre y octubre de 2024. Los valores fluctuaron entre 0.046 mg/L en RHual 3 durante la Repetición 2 y 0.104 mg/L en RHual 2 y RHual 3 en la Repetición 3, todos por debajo del límite máximo permitido por el ECA-Agua, que es de 0.7 mg/L para riego y cuerpos de agua naturales. Los niveles más altos se registraron en RHual 3 en octubre, lo que podría indicar aportes puntuales de bario o cambios naturales relacionados con el arrastre de sedimentos. A pesar de estos aumentos, las concentraciones se mantienen dentro de un rango seguro, sin representar un riesgo para la calidad del agua ni para su uso agrícola o ecológico. La estabilidad general observada entre los diferentes puntos y repeticiones sugiere que el bario no es un motivo de preocupación en el tramo monitoreado, aunque se recomienda seguir con el monitoreo para detectar cualquier cambio que pudiera afectar la calidad del recurso hídrico.

Los valores de bario total en el tramo urbano del río Huallaga oscilaron entre 0.046 y 0.104 mg/L, todos por debajo del límite del ECA para riego y bebida de animales (1.0 mg/L, C.3 D1 y C.4 E2), aunque con variaciones que reflejan la influencia de las actividades antrópicas en cada punto. En RHual 1, los valores iniciales (0.049–0.058 mg/L) se relacionan con vertimientos domésticos menores, donde el aporte de aguas residuales puede arrastrar trazas de metales desde materiales de construcción y suelos erosionados, en concordancia con lo señalado por García Ávila et al. (2022), quienes identificaron que los vertimientos domésticos constituyen una fuente de compuestos inorgánicos en ríos andinos. En RHual 2, el incremento hasta 0.104 mg/L coincide con la mayor densidad de descargas de gran caudal como San Hilarión (18 l/s), FONAVI-1 (19 l/s) y Circunvalación (12 l/s), además de la presencia de lavaderos informales, donde detergentes y productos químicos pueden aportar sales que incrementan este parámetro, lo que concuerda con lo reportado por Encarnación y Valle (2024), quienes señalaron que los vertimientos domésticos y el uso de detergentes afectan la calidad del agua del Huallaga. Finalmente, en RHual 3, los valores (0.046–0.057 mg/L) reflejan la acumulación aguas abajo de los vertimientos anteriores junto con los aportes locales de Los Pinos (10 l/s), Huayopampa (8 l/s), San Germán (1 l/s) y la PTAR San Andrés, donde los procesos de tratamiento no eliminan completamente las trazas metálicas. De acuerdo con Custodio et al. (2024), incluso concentraciones bajas de metales pueden acumularse en sedimentos y generar un riesgo ecológico a largo plazo. En ese sentido, aunque en este estudio el bario no supera los límites normativos, los picos observados en RHual 2 y RHual 3 sugieren una presión antrópica vinculada a los vertimientos urbanos.

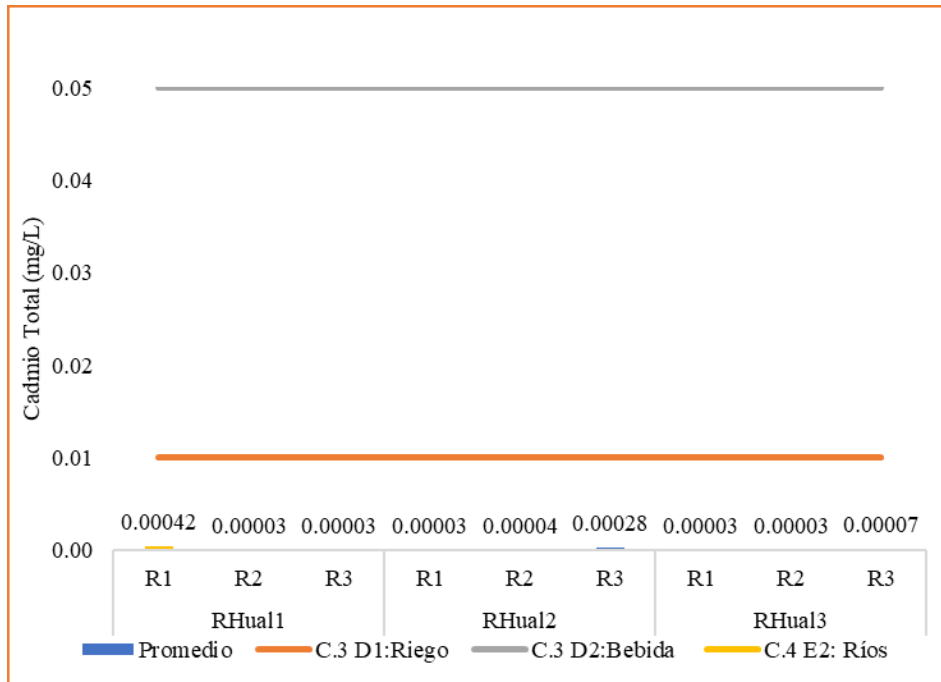


Figura 22. Variación del Cadmio total según el ECA

La Figura 22 muestra la variación del cadmio total en los tres puntos de muestreo del río Huallaga (RHual 1, RHual 2 y RHual 3) durante las repeticiones de agosto (R1), septiembre (R2) y octubre (R3) del año 2024. Los valores obtenidos fluctuaron entre 0.00003 mg/L y 0.00042 mg/L, ubicándose todos muy por debajo del valor máximo permitido por el ECA-Agua, que establece 0.01 mg/L para riego (C3 D1) y 0.05 mg/L para bebida de animales (C3 D2). Esta baja presencia de cadmio indica que, en los tramos monitoreados, no existen aportes significativos de este metal pesado y que su concentración no representa un riesgo para la calidad del agua ni para los ecosistemas acuáticos. La estabilidad observada entre los distintos puntos y repeticiones también sugiere la ausencia de fuentes puntuales de contaminación, reflejando condiciones favorables y consistentes en el río Huallaga durante el periodo de estudio. Estos resultados permiten concluir que, bajo las condiciones registradas, el cadmio no constituye un factor de preocupación para los usos del agua ni para la salud de los organismos que dependen de este recurso.

Los valores de cadmio total en el tramo urbano del río Huallaga se mantuvieron en rangos bajos (0.00003–0.00042 mg/L), aunque en RHual 1-R1 (0.00042 mg/L) se registró un valor que, si bien no supera el límite del ECA para riego y bebida de animales (0.01 mg/L, C.3 D1 y C.3 D2), sí evidencia la presencia puntual de este metal en el cauce. En RHual 1, la detección inicial de cadmio puede estar vinculada a descargas domésticas, donde residuos de pinturas, plásticos o baterías descartadas pueden liberar este metal, en línea con lo

señalado por García Ávila et al. (2022), quienes documentaron que las descargas residenciales constituyen fuentes relevantes de contaminantes en ríos andinos. En RHual 2, los valores (0.00003–0.00028 mg/L) reflejan la acumulación de descargas de gran caudal como San Hilarión (18 l/s), FONAVI-1 (19 l/s) y Circunvalación (12 l/s), además de lavaderos informales, lo que coincide con lo reportado por Encarnación y Valle (2024) en Colpa Baja, donde detectaron que los vertimientos domésticos y detergentes generan aportes significativos de contaminantes al Huallaga. En RHual 3, los valores (0.00003–0.00007 mg/L) fueron más bajos, lo que sugiere un efecto de dilución parcial, aunque persiste la influencia de vertimientos locales como Los Pinos (10 l/s), Huayopampa (8 l/s) y San Germán (1 l/s), además de la PTAR San Andrés. Según Custodio et al. (2024), incluso niveles bajos de metales pesados como el cadmio pueden acumularse en sedimentos y representar un riesgo ecológico crónico. De forma complementaria, Villanueva Alvarado et al. (2023) encontraron superaciones de cadmio en el río Chacapalca, atribuyéndolas a la presión antrópica de la minería y a descargas domésticas, lo que confirma la necesidad de un monitoreo constante. En este contexto, aunque los valores encontrados en el Huallaga cumplen con la normativa, la presencia constante de cadmio confirma la influencia de las descargas domésticas y comerciales, y la necesidad de vigilancia estricta para evitar futuros riesgos de acumulación.

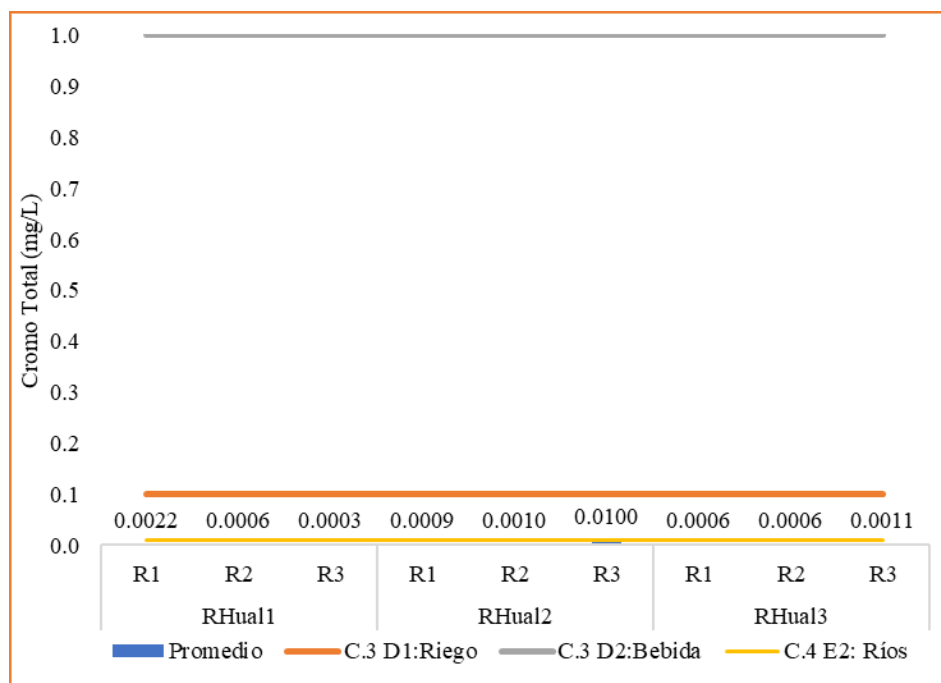


Figura 23. Variación del Cromo total según el ECA

La Figura 23 presenta la variación de las concentraciones de cromo total en los puntos RHual 1, RHual 2 y RHual 3 del río Huallaga durante las repeticiones de monitoreo

R1 (agosto), R2 (septiembre) y R3 (octubre) de 2024. Los valores registrados oscilaron entre 0.0003 mg/L (RHual 1-R3) y 0.0100 mg/L (RHual 2-R2), manteniéndose en todos los casos muy por debajo de los límites máximos establecidos por el ECA-Agua: 0.1 mg/L para riego (C3 D1), 1 mg/L para bebida de animales (C3 D2) y 0.011 mg/L para ríos (C4 E2). Esta baja presencia de cromo indica que el río Huallaga no presenta aportes significativos de este metal pesado y que, bajo las condiciones evaluadas, no existen riesgos inmediatos para la calidad del agua ni para los organismos acuáticos que dependen de ella. La estabilidad observada entre los distintos puntos y repeticiones sugiere la ausencia de descargas puntuales o fuentes antrópicas importantes de cromo, reflejando condiciones favorables y consistentes en los tramos monitoreados. En general, los resultados muestran que las concentraciones de cromo total se mantienen dentro de niveles seguros para los distintos usos del agua y no representan un factor de preocupación ambiental en el río Huallaga durante el periodo estudiado.

Los valores de cromo total en el tramo urbano del río Huallaga oscilaron entre 0.0003 y 0.010 mg/L, todos por debajo del límite del ECA para riego y bebida de animales (0.05 mg/L, C.3 D1 y C.3 D2), aunque con variaciones que reflejan la influencia de las actividades humanas cercanas. En RHual 1, los valores bajos (0.0003–0.0022 mg/L) se relacionan con la descarga de residuos domésticos como pinturas, materiales de construcción y plásticos que pueden aportar trazas de cromo, en concordancia con lo señalado por García Ávila et al. (2022), quienes documentaron que las descargas residenciales son fuentes significativas de contaminantes inorgánicos en ríos andinos. En RHual 2, el valor más alto (0.010 mg/L en septiembre) coincide con la mayor densidad de descargas de gran caudal como San Hilarión (18 l/s), FONAVI-1 (19 l/s) y Circunvalación (12 l/s), además de la presencia de lavaderos informales, lo que concuerda con lo reportado por Encarnación y Valle (2024) en Colpa Baja, donde identificaron que las descargas domésticas y el uso de detergentes incrementan la presencia de nutrientes y metales en el cauce. En RHual 3, los valores (0.0006–0.0011 mg/L) reflejan la acumulación de descargas aguas arriba junto con los aportes locales de Los Pinos (10 l/s), Huayopampa (8 l/s) y San Germán (1 l/s), además de la descarga de la PTAR San Andrés, que, aunque reduce la carga orgánica, no elimina completamente los metales. Según Custodio et al. (2024), el cromo y otros metales pesados tienden a acumularse en sedimentos, representando un riesgo ecológico crónico incluso en concentraciones bajas en el agua. De manera complementaria, Villanueva Alvarado et al. (2023) evidenciaron que en el río Chacapalca los metales pesados presentan mayores concentraciones en época seca, debido a la menor capacidad de dilución, lo que explica los picos observados en septiembre en el Huallaga.

En este contexto, aunque el cromo total cumple con los límites normativos, la influencia de los vertimientos urbanos y de actividades comerciales ribereñas confirma su presencia constante en el tramo estudiado.

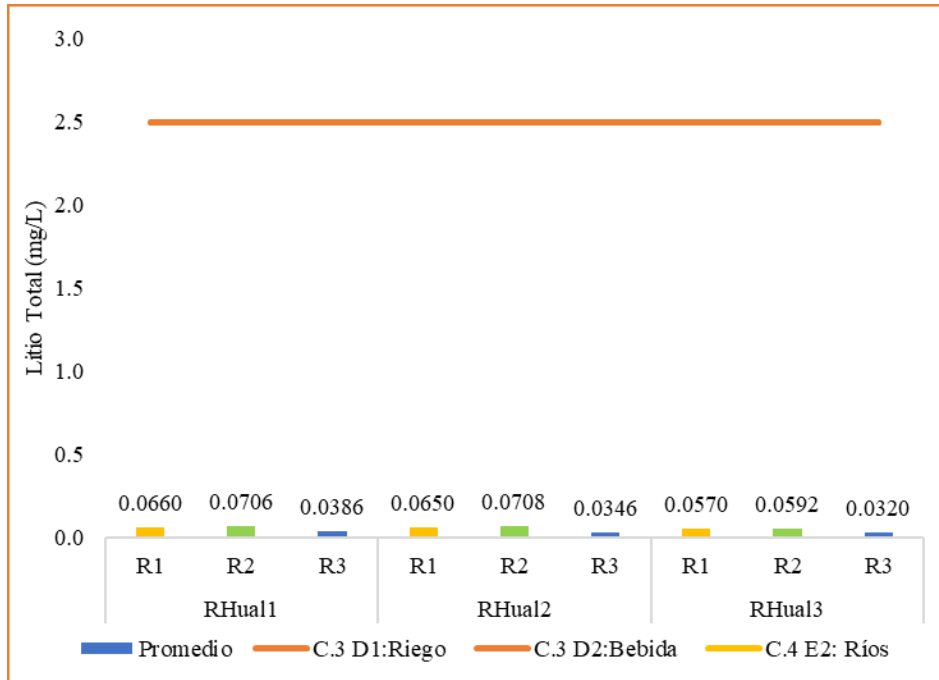


Figura 24. Variación del Litio total según el ECA

La Figura 24 muestra cómo ha variado la cantidad total de litio en los puntos de muestreo RHual 1, RHual 2 y RHual 3 del río Huallaga durante las tres rondas de monitoreo: R1 (agosto), R2 (septiembre) y R3 (octubre) de 2024. Los valores que se registraron fluctuaron entre 0.0320 mg/L (RHual 3 – R3) y 0.071 mg/L (RHual 2 – R2), todos muy por debajo del límite máximo permitido por el ECA-Agua para el agua de riego, que es de 2.5 mg/L. Esto indica que el litio no representa un riesgo para los usos agrícolas ni para la calidad del agua en los tramos analizados. En RHual 1, se notó un ligero descenso progresivo a lo largo de las tres mediciones, mientras que en RHual 2 se observó una reducción más significativa entre R1 y R3, lo que podría estar relacionado con cambios estacionales en el caudal o con el arrastre de sedimentos y minerales. Por otro lado, RHual 3 mostró valores bastante constantes en las tres mediciones, sin superar los 0.06 mg/L, lo que evidencia una estabilidad en este tramo del río. En resumen, estos resultados sugieren que las concentraciones de litio en el río Huallaga son bajas y estables, lo que refleja condiciones favorables y sin señales de contaminación puntual por este elemento durante el periodo de estudio.

Los valores de litio total en el tramo urbano del río Huallaga oscilaron entre 0.032 y 0.085 mg/L, todos dentro de los límites establecidos en el ECA para riego y bebida de

animales (2.5 mg/L, C.3 D1 y C.3 D2), lo que indica que no representa un riesgo inmediato, aunque su presencia confirma la influencia de descargas domésticas y urbanas. En RHual 1, los valores (0.038–0.066 mg/L) se relacionan con aportes de vertimientos de aguas residuales, donde detergentes y productos de uso cotidiano pueden aportar trazas de litio, en línea con lo descrito por García Ávila et al. (2022), quienes documentaron que las descargas residenciales constituyen una fuente relevante de contaminantes inorgánicos en ríos andinos. En RHual 2, los registros (0.034–0.071 mg/L) reflejan el efecto acumulativo de vertimientos de gran caudal como San Hilarión (18 l/s), FONAVI-1 (19 l/s) y Circunvalación (12 l/s), además de la influencia de lavaderos informales, lo que concuerda con lo señalado por Encarnación y Valle (2024) en Colpa Baja, donde las descargas domésticas y detergentes contribuyen a la presencia de nutrientes y metales en el cauce. En RHual 3, los valores (0.032–0.059 mg/L) fueron ligeramente más bajos, lo que podría asociarse a la dilución parcial del cauce, aunque persiste la influencia de vertimientos locales como Los Pinos (10 l/s), Huayopampa (8 l/s) y San Germán (1 l/s), junto con la descarga de la PTAR San Andrés, donde el tratamiento convencional no está diseñado para remover este tipo de elementos. Según Custodio et al. (2024), incluso metales presentes en bajas concentraciones tienden a acumularse en sedimentos y pueden generar efectos ecológicos a largo plazo. De forma complementaria, Guerrero Padilla y Cabrera Carranza (2021) advierten que la suma de múltiples descargas en zonas urbanas incrementa la presión química en los cuerpos de agua y condiciona procesos de deterioro progresivo. En este contexto, aunque los niveles de litio cumplen con la normativa, su persistencia en todos los puntos de monitoreo confirma la influencia de los vertimientos urbanos, lo que justifica mantener un control preventivo.

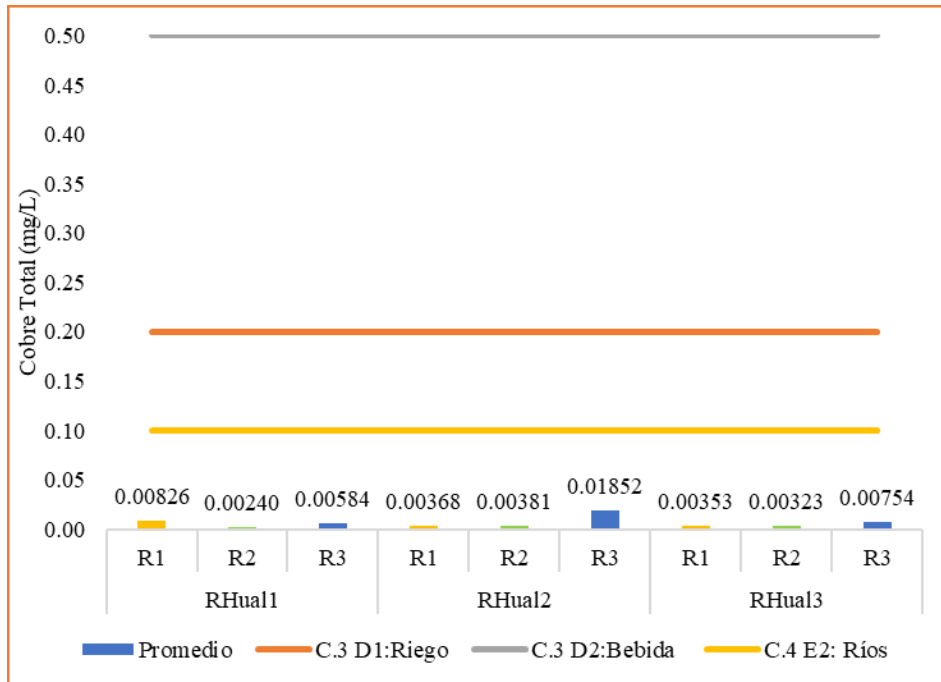


Figura 25. Variación del Cobre total según el ECA

La Figura 25 presenta los niveles de cobre total registrados en los puntos RHual 1, RHual 2 y RHual 3 del río Huallaga durante las tres rondas de monitoreo: R1 (agosto), R2 (septiembre) y R3 (octubre) de 2024. Los valores observados fluctuaron entre 0.00240 mg/L (RHual 1 – R2) y 0.01852 mg/L (RHual 2 – R3), permaneciendo en todos los casos por debajo del límite máximo establecido por el ECA-Agua para riego (0.2 mg/L), agua potable para animales (0.5 mg/L) y ríos (0.1 mg/L). El punto RHual 2 – R3 mostró la concentración más alta de toda la serie, lo que podría indicar una ligera carga puntual o intermitente de cobre durante ese tiempo, posiblemente relacionada con actividades humanas o el arrastre de sedimentos que contienen este metal. A pesar de este aumento temporal, las concentraciones se mantienen dentro de niveles seguros y no representan un riesgo inmediato para la calidad del agua, la salud de los organismos acuáticos ni para los usos agrícolas del recurso. La estabilidad general observada en los otros puntos y repeticiones sugiere condiciones favorables y consistentes en los tramos monitoreados del río Huallaga.

Los valores de cobre total en el tramo urbano del río Huallaga variaron entre 0.0024 y 0.0185 mg/L, todos dentro del límite del ECA para riego y bebida de animales (0.2 mg/L, C.3 D1 y C.3 D2), aunque con incrementos puntuales que reflejan la influencia directa de actividades urbanas. En RHual 1, los valores bajos (0.0024–0.0083 mg/L) se vinculan con vertimientos domésticos, donde el cobre puede provenir de cañerías corroídas, pinturas y residuos domiciliarios. Esta situación es coherente con lo señalado por García Ávila et al. (2022), quienes indicaron que las descargas residenciales en ríos andinos constituyen una fuente

relevante de contaminantes inorgánicos. En RHual 2, se registró el valor máximo de 0.0185 mg/L en septiembre, asociado a la concentración de descargas de gran caudal como San Hilarión (18 l/s), FONAVI-1 (19 l/s) y Circunvalación (12 l/s), además de la actividad de lavaderos informales, lo que concuerda con lo descrito por Encarnación y Valle (2024) en Colpa Baja, donde las descargas domésticas y detergentes incrementaron la presencia de contaminantes en el Huallaga. En RHual 3, los valores (0.0032–0.0075 mg/L) fueron menores, aunque persiste el aporte acumulado de aguas arriba sumado a descargas locales como Los Pinos (10 l/s), Huayopampa (8 l/s) y San Germán (1 l/s), además de la influencia de la PTAR San Andrés, que no elimina completamente los metales pesados. Según Custodio et al. (2024), el cobre, incluso en concentraciones bajas, puede acumularse en sedimentos y generar efectos crónicos en organismos acuáticos sensibles. De manera complementaria, Villanueva Alvarado et al. (2023) demostraron que en el río Chacapalca los niveles de cobre y otros metales pesados se incrementan en sectores urbanos debido a la presión antrópica y la falta de control de vertimientos, lo que confirma la necesidad de monitoreo constante. En este contexto, aunque el cobre total no supera los valores normativos, los picos observados en RHual 2 evidencian la estrecha relación entre este parámetro y las actividades identificadas, lo que demanda medidas de control específicas.

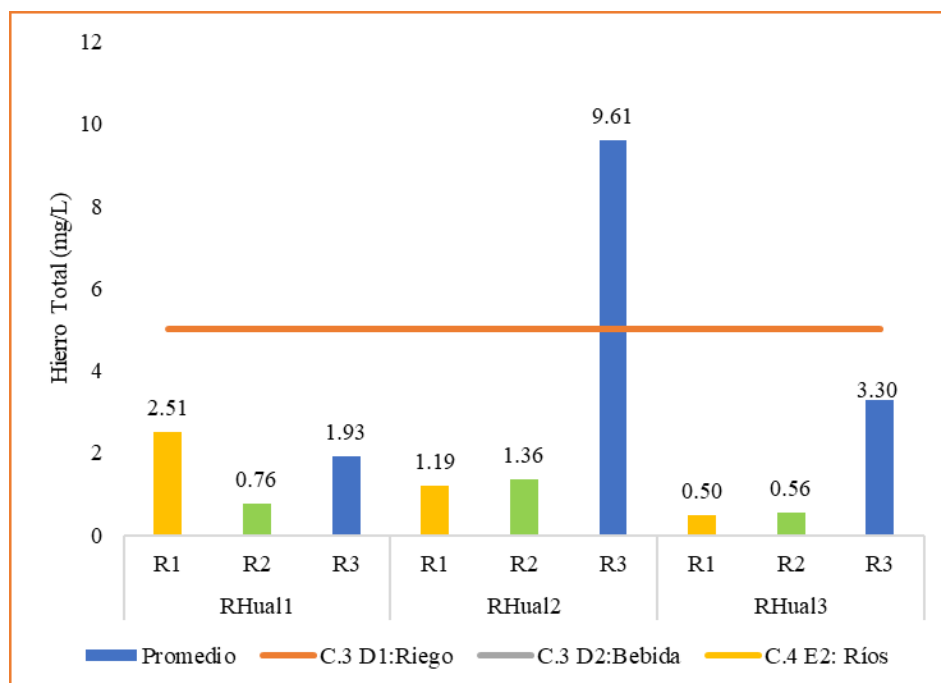


Figura 26. Variación del Hierro total según el ECA

En la Figura 26, se muestra la concentración total de hierro en los puntos RHual 1, RHual 2 y RHual 3 durante las repeticiones de monitoreo R1 (agosto), R2

(septiembre) y R3 (octubre) de 2024. Los valores variaron entre 0.50 mg/L (RHual 3 – R1) y 9.61 mg/L (RHual 2 – R3), superando el límite máximo permitido por el ECA-Agua para cuerpos de agua destinados a riego, que es de 5 mg/L, en el caso de RHual 2 – R3. En los puntos RHual 1 y RHual 3, aunque las concentraciones se mantuvieron por debajo del límite establecido, se nota una ligera tendencia al alza durante la Repetición 3. Esto podría ser un indicativo de aportes puntuales de hierro, ya sea por procesos naturales de arrastre de sedimentos o por descargas locales. Este comportamiento sugiere que, aunque la mayoría de los tramos se encuentran dentro de niveles aceptables, es crucial llevar a cabo un monitoreo continuo para detectar posibles aumentos futuros que puedan impactar la calidad del agua, el equilibrio ecológico del río y los usos agrícolas del recurso hídrico.

Los valores de hierro total en el tramo urbano del río Huallaga oscilaron entre 0.495 y 9.609 mg/L, con picos significativos que superan ampliamente el ECA para riego (5 mg/L, C.3 D1), lo que evidencia una fuerte influencia antrópica. En RHual 1, los valores iniciales (0.762–2.511 mg/L) se encontraron por debajo del estándar para riego, reflejando la influencia de descargas domésticas dispersas. En RHual 2, el valor más alto se registró en octubre (9.609 mg/L), coincidiendo con descargas de gran caudal como San Hilarión (18 l/s), FONAVI-1 (19 l/s) y Circunvalación (12 l/s), además de la actividad de lavaderos informales. Este comportamiento concuerda con lo señalado por Encarnación y Valle (2024) en Colpa Baja, donde se detectaron concentraciones elevadas de hierro y manganeso asociadas a descargas domésticas y falta de tratamiento adecuado. En RHual 3, los valores (0.558–3.300 mg/L) reflejan la acumulación de descargas aguas arriba, sumada a aportes locales como Los Pinos (10 l/s), Huayopampa (8 l/s) y San Germán (1 l/s), además de la influencia de la PTAR San Andrés, cuya descarga puede mantener trazas de metales residuales. Según Custodio et al. (2024), el hierro y otros metales, incluso en concentraciones que cumplen con los límites normativos, tienden a acumularse en sedimentos y generar riesgos ecológicos crónicos. De manera complementaria, Villanueva Alvarado et al. (2023) reportaron superaciones de hierro en el río Chacapalca vinculadas a la presión antrópica, lo que refuerza que el comportamiento observado en el Huallaga responde directamente a la densidad de descargas y actividades urbanas. En este sentido, los resultados de hierro total confirman una presión antrópica crítica en RHual 2 y RHual 3, vinculada directamente a la densidad de descargas domésticas, lavaderos y vertimientos urbanos identificados en los puntos RUPAP.

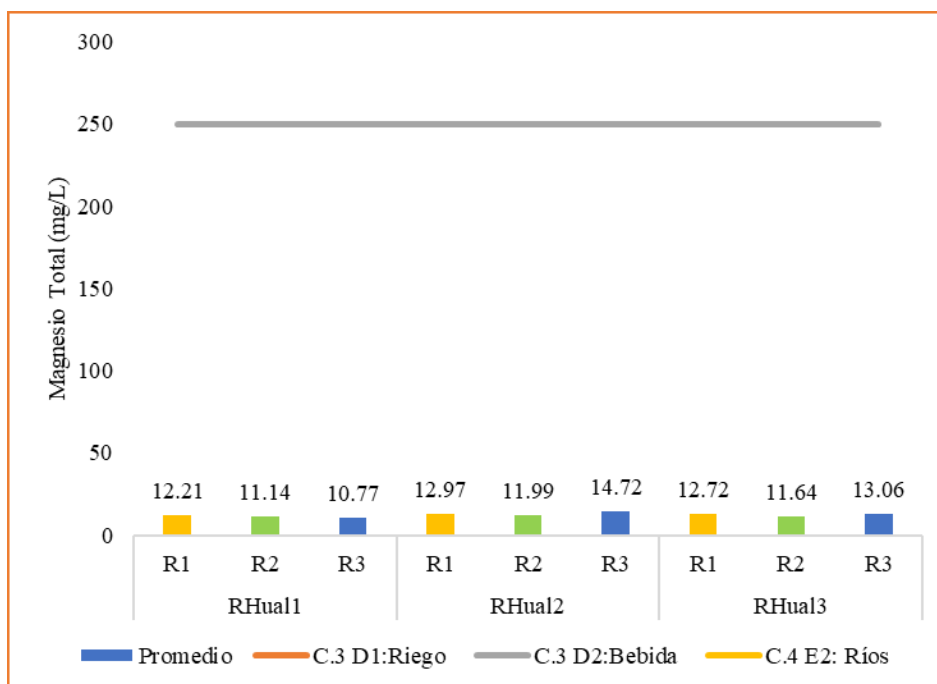


Figura 27. Variación del Magnesio total según el ECA

La Figura 27 ilustra los niveles de magnesio total que se registraron en los puntos RHual 1, RHual 2 y RHual 3 del río Huallaga durante las tres rondas de monitoreo: R1 (agosto), R2 (septiembre) y R3 (octubre). Los valores variaron entre 10.77 mg/L (RHual 1 – R3) y 13.06 mg/L (RHual 3 – R3), y se mantuvieron muy por debajo del límite máximo permitido por el ECA para cuerpos de agua destinados a la bebida de animales, que es de 250 mg/L. En términos generales, se nota una ligera variación entre los puntos de monitoreo y los meses analizados, con una leve tendencia al aumento en la tercera ronda, aunque sin cambios significativos. Estas concentraciones reflejan condiciones naturales relacionadas con la disolución de minerales en la cuenca, lo que indica que no hay aportes relevantes de origen humano ni riesgos para el uso del agua en la ganadería. En conjunto, la estabilidad de este parámetro sugiere que el río mantiene condiciones adecuadas en cuanto al magnesio total durante el periodo de estudio.

Los valores de magnesio total en el tramo urbano del río Huallaga variaron entre 10.77 y 14.71 mg/L, todos por debajo de los límites del ECA para bebida de animales (250 mg/L, C.3 D2), lo que indica que no representan un riesgo inmediato; sin embargo, sus variaciones reflejan la influencia de los vertimientos identificados. En RHual 1, los valores iniciales (11.14–12.21 mg/L) se relacionan con aportes de descargas domésticas y el arrastre de materiales de construcción que pueden aportar sales de magnesio al cauce, en concordancia con lo señalado por García Ávila et al. (2022), quienes documentaron que en ríos andinos las

descargas residenciales y urbanas modifican la composición iónica del agua. En RHual 2, los valores fueron ligeramente superiores (11.99–14.71 mg/L), especialmente en septiembre, cuando se registró el máximo, coincidiendo con descargas de gran caudal como San Hilarión (18 l/s), FONAVI-1 (19 l/s) y Circunvalación (12 l/s), además de la actividad de lavaderos informales, lo que coincide con lo descrito por Encarnación y Valle (2024) en Colpa Baja, donde las descargas domésticas y detergentes incrementaron la presencia de compuestos disueltos en el agua. En RHual 3, los valores (12.72–13.06 mg/L) reflejan tanto la acumulación de vertimientos aguas arriba como los aportes locales de Los Pinos (10 l/s), Huayopampa (8 l/s) y San Germán (1 l/s), junto con la descarga de la PTAR San Andrés, que, aunque reduce la carga orgánica, no elimina completamente las sales inorgánicas. De acuerdo con Condori & Córdova (2024), en ríos altoandinos donde no existe minería, las variaciones de sales como el magnesio se explican principalmente por descargas domésticas y arrastre de materiales urbanos. Finalmente, Custodio et al. (2024) advierten que, aunque el magnesio no supera los límites normativos, su persistencia y acumulación en sedimentos puede alterar la dureza del agua y generar riesgos ecológicos a largo plazo. En este sentido, aunque los valores cumplen con la normativa, la tendencia ascendente hacia RHual 2 refleja la presión de descargas urbanas y actividades ribereñas, lo que justifica mantener un monitoreo continuo del balance iónico en el río Huallaga.

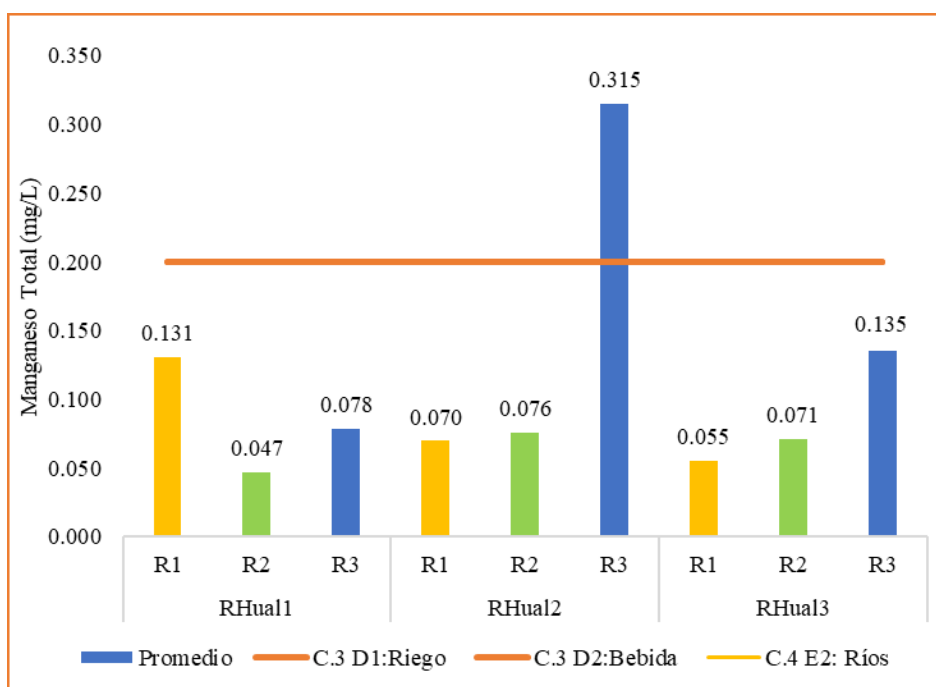


Figura 28. Variación del Manganeso Total según el ECA

La Figura 28 muestra cómo ha variado el manganeso total en los puntos RHual 1, RHual 2 y RHual 3 del río Huallaga a lo largo de tres monitoreos (R1: agosto, R2: septiembre, R3: octubre). Los niveles oscilaron entre 0.047 mg/L (RHual 1 – R2) y 0.315 mg/L (RHual 2 – R3); este último valor excede el límite máximo permitido por el ECA para el agua destinada al riego de vegetales (0.2 mg/L), mientras que los otros resultados se mantuvieron dentro de lo aceptable. En general, se nota una variación moderada entre los puntos y los meses, con concentraciones un poco más altas en octubre, lo que podría estar relacionado con el arrastre de sedimentos o la dinámica natural de la cuenca. Dado que el exceso del estándar ocurre de manera puntual, parece ser un aumento temporal más que una contaminación constante. Sin embargo, es crucial seguir monitoreando para evaluar su comportamiento y su posible impacto en el uso agrícola del agua. Además, la cercanía de los valores al límite en algunos puntos sugiere que se debe mantener una vigilancia preventiva para evitar futuros excesos del estándar.

Los valores de manganeso total en el tramo urbano del río Huallaga variaron entre 0.0466 y 0.315 mg/L, con varios registros que superan el límite del ECA para riego (0.2 mg/L, C.3 D1), lo que evidencia una presión antrópica significativa. En RHual 1, los valores iniciales (0.0466–0.131 mg/L) estuvieron dentro de los rangos normativos, aunque reflejan la influencia de descargas domésticas y el arrastre de suelos erosionados, en línea con lo señalado por Condori & Córdova (2024), quienes encontraron que en ríos altoandinos sin minería los niveles de metales permanecen bajos y están asociados principalmente a descargas residenciales. En RHual 2, se registró el valor más alto (0.315 mg/L en octubre), superando el estándar del ECA, coincidiendo con descargas de gran caudal como San Hilarión (18 l/s), FONAVI-1 (19 l/s) y Circunvalación (12 l/s), además de la actividad de lavaderos informales. Este comportamiento concuerda con lo descrito por Encarnación & Valle (2024) en Colpa Baja, donde identificaron que las descargas domésticas y detergentes incrementan las concentraciones de hierro y manganeso en el Huallaga. En RHual 3, los valores (0.071–0.135 mg/L) fueron inferiores al pico de RHual 2, aunque reflejan la acumulación de descargas aguas arriba, sumadas a aportes locales como Los Pinos (10 l/s), Huayopampa (8 l/s) y San Germán (1 l/s), así como de la PTAR San Andrés, que no elimina completamente los metales disueltos. Según Custodio et al. (2024), el manganeso y otros metales pueden acumularse en sedimentos y representar un riesgo ecológico crónico, incluso cuando los niveles en agua cumplen con la normativa. De manera complementaria, Villanueva Alvarado et al. (2023) reportaron superaciones de manganeso en el río Chacapalca asociadas a la presión antrópica, lo que refuerza la necesidad de un monitoreo permanente en ríos urbanos. En este sentido, los

resultados del Huallaga confirman la estrecha relación entre los valores elevados de manganeso y la ubicación de descargas urbanas críticas en RHual 2, lo que convierte a este tramo en un punto de atención prioritaria para la gestión de calidad del agua.

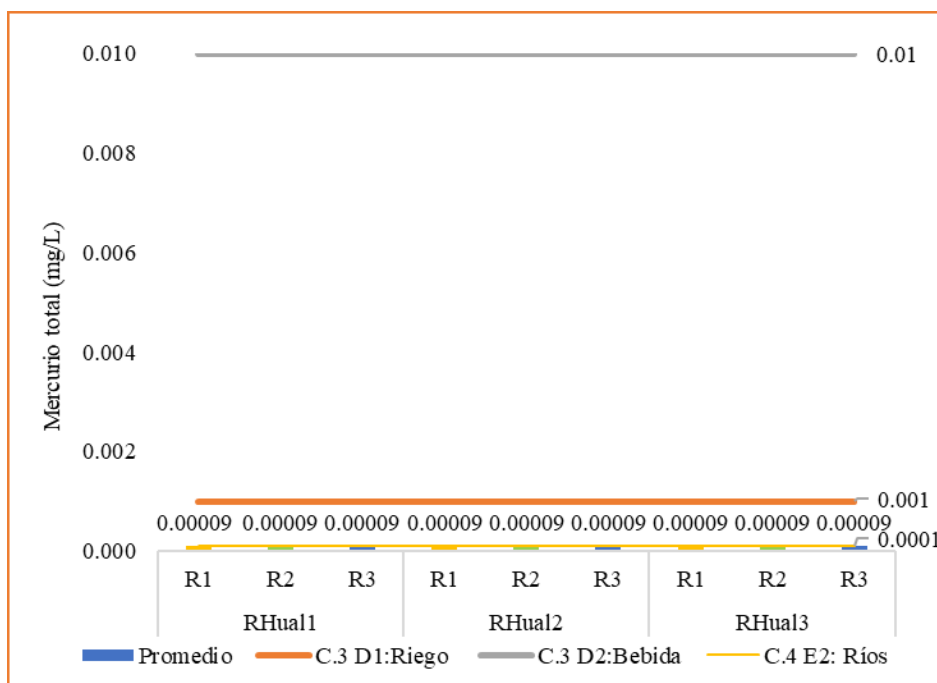


Figura 29. Variación del Mercurio total según el ECA

La Figura 29 ilustra los niveles de mercurio total en los tres puntos de monitoreo del río Huallaga (RHual 1, RHual 2 y RHual 3) a lo largo de las tres repeticiones (R1: agosto, R2: septiembre y R3: octubre). En todos los casos, se observó una concentración constante de 0.00009 mg/L, un valor que está muy por debajo de los límites establecidos por el ECA para las categorías de riego (0.001 mg/L), bebida de animales (0.01 mg/L) y conservación de flora y fauna (0.0001 mg/L). La consistencia de los resultados en los tres puntos y períodos evaluados demuestra una notable estabilidad del sistema hídrico en relación con este metal pesado, sin variaciones significativas a lo largo del tiempo ni en el espacio. Estas concentraciones tan bajas sugieren que no hay aportes relevantes de origen humano en la zona de estudio y que los niveles detectados corresponden a la presencia natural del elemento en el ambiente. En conjunto, los valores obtenidos indican que el río mantiene condiciones adecuadas en cuanto al mercurio total, sin representar un riesgo para los usos agrícolas, pecuarios ni para la conservación de los ecosistemas acuáticos durante el periodo evaluado.

Los valores de mercurio total en el tramo urbano del río Huallaga se mantuvieron constantes en 0.00009 mg/L en todos los puntos y repeticiones, representando apenas el 0.9% del límite del ECA para riego (0.01 mg/L, C.3 D1) y bebida de animales (0.01

mg/L, C.3 D2), lo que indica que no existe un riesgo inmediato por este metal. En RHual 1, los valores bajos reflejan la limitada intervención antrópica directa, donde las descargas de aguas residuales no evidencian aportes significativos de mercurio, en concordancia con lo señalado por Condori & Córdova (2024), quienes encontraron que en ausencia de minería los niveles de metales permanecen bajos y asociados principalmente a fuentes domésticas. En RHual 2, pese a la concentración de vertimientos de mayor caudal como San Hilarión (18 l/s), FONAVI-1 (19 l/s) y Circunvalación (12 l/s), además de la actividad de lavaderos informales, los valores se mantuvieron sin variaciones, lo que sugiere que las fuentes principales de contaminación en este tramo aportan más hierro, manganeso o cobre que mercurio. Esta situación coincide con lo señalado por Villanueva Alvarado et al. (2023), quienes reportaron que la presencia de mercurio en ríos altoandinos suele estar más relacionada con actividades mineras que con descargas urbanas. En RHual 3, los registros también fueron constantes, a pesar de la acumulación de vertimientos aguas arriba y de aportes locales como Los Pinos (10 l/s), Huayopampa (8 l/s) y San Germán (1 l/s), además de la descarga de la PTAR San Andrés. Según Custodio et al. (2024), este comportamiento puede explicarse porque el mercurio en bajas concentraciones tiende a acumularse en sedimentos y no siempre es detectable en el agua superficial. De manera complementaria, Encarnación & Valle (2024) señalaron que, aunque no registraron niveles elevados de mercurio en Colpa Baja, los vertimientos domésticos constantes representan un riesgo difuso que, en el largo plazo, podría intensificarse con el crecimiento urbano. En este contexto, aunque los valores de mercurio cumplen con los estándares de calidad, su persistencia en todos los puntos de monitoreo sugiere un fondo de contaminación difusa que debe ser vigilado a largo plazo, especialmente si aumentan las actividades urbanas e industriales en la cuenca.

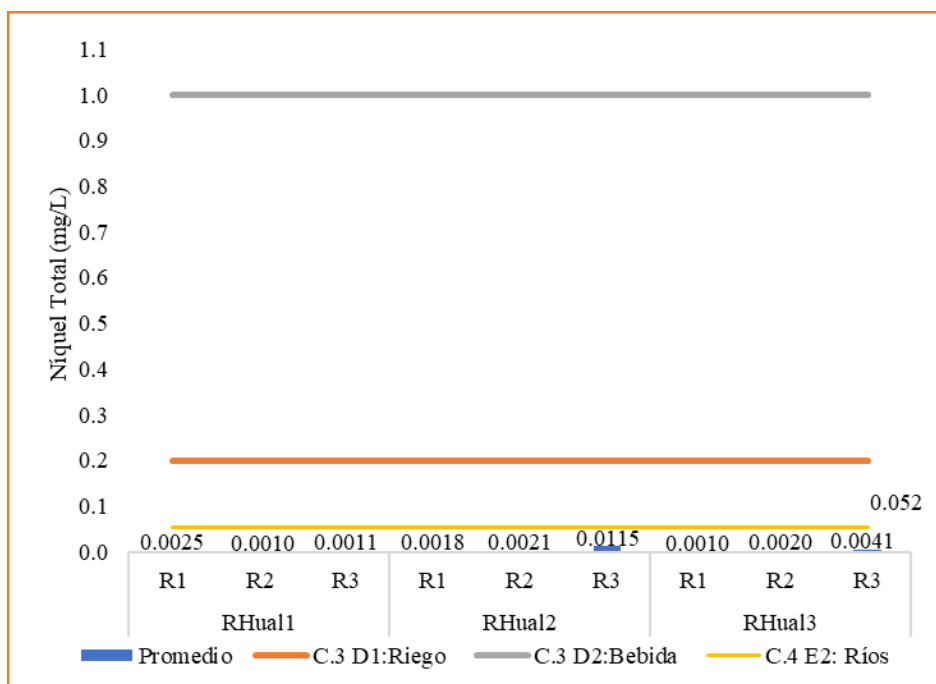


Figura 30. Variación del Níquel total según el ECA

La Figura 30 muestra los niveles de níquel total que se midieron en los puntos RHual 1, RHual 2 y RHual 3 a lo largo de tres repeticiones mensuales (R1: agosto, R2: septiembre y R3: octubre). Los valores variaron entre 0.0010 mg/L y 0.0041 mg/L, y en todos los casos se mantuvieron por debajo de los límites establecidos por el ECA para riego (0.2 mg/L), bebida de animales (1.0 mg/L) y para ríos (0.052 mg/L). Esto demuestra que se cumple con la normativa en los tres puntos y periodos evaluados. En general, se nota una ligera variación entre meses y estaciones, sin aumentos significativos que sugieran aportes externos relevantes. Estas concentraciones bajas indican que el níquel en el agua proviene principalmente de la composición natural de los suelos y rocas de la cuenca, más que de fuentes antrópicas directas. Por lo tanto, los niveles registrados no representan un riesgo para los usos agrícolas, pecuarios ni para la salud del ecosistema acuático durante el periodo de monitoreo, lo que refleja condiciones estables de calidad del agua en relación con este metal.

Los valores de níquel total en el tramo urbano del río Huallaga fluctuaron entre 0.0010 y 0.0115 mg/L, todos dentro de los límites del ECA para riego (0.2 mg/L, C.3 D1) y bebida de animales (1.0 mg/L, C.3 D2), aunque con incrementos puntuales que reflejan la influencia de actividades antrópicas cercanas. En RHual 1, los registros fueron bajos (0.0010–0.0025 mg/L), asociados principalmente a descargas domésticas, donde el níquel puede provenir del arrastre de aguas residuales con residuos metálicos y materiales de construcción. Este patrón es consistente con lo descrito por García Ávila et al. (2022), quienes señalaron que

las descargas residenciales en ríos andinos constituyen una fuente importante de contaminantes inorgánicos. En RHual 2, los valores se incrementaron, alcanzando 0.0115 mg/L en octubre, coincidiendo con descargas de gran caudal como San Hilarión (18 l/s), FONAVI-1 (19 l/s) y Circunvalación (12 l/s), además de la influencia de lavaderos informales, lo que concuerda con lo indicado por Encarnación & Valle (2024) en Colpa Baja, donde se registró que las descargas domésticas y detergentes incrementan la presencia de contaminantes, incluidos metales, en el agua del Huallaga. En RHual 3, los valores (0.0020–0.0041 mg/L) fueron más bajos que el pico de RHual 2, pero reflejan la acumulación de descargas aguas arriba, sumadas a los aportes locales de Los Pinos (10 l/s), Huayopampa (8 l/s) y San Germán (1 l/s), además de la descarga de la PTAR San Andrés. Según Custodio et al. (2024), aunque los valores estén dentro de norma, el níquel y otros metales pueden acumularse en sedimentos y representar riesgos ecológicos crónicos. De manera complementaria, Villanueva Alvarado et al. (2023) reportaron superaciones de metales pesados en el río Chacapalca vinculadas a presión antrópica, lo que refuerza que los picos de níquel observados en RHual 2 responden a la densidad de descargas urbanas. En este sentido, aunque los valores cumplen con la normativa, la persistencia y los picos registrados confirman la necesidad de un monitoreo constante en este tramo del Huallaga.

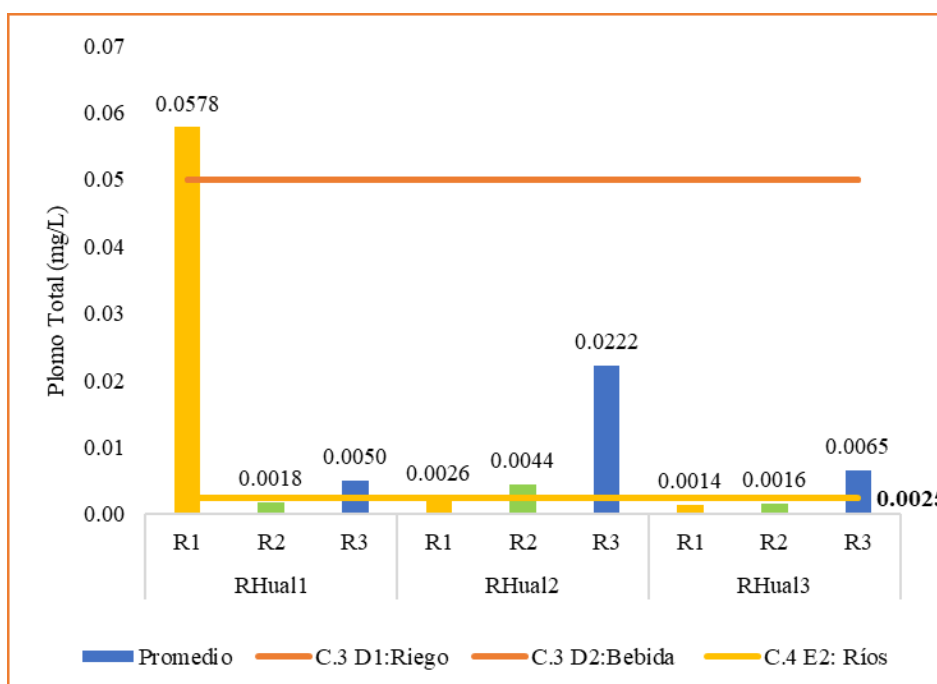


Figura 31. Variación del Plomo según el ECA

La Figura 31 ilustra las concentraciones de plomo total en los puntos RHual 1, RHual 2 y RHual 3 a lo largo de las tres repeticiones (R1: agosto, R2: septiembre y R3: octubre). En el punto RHual 1–R1, se registró un valor de 0.0578 mg/L, que supera el ECA

para riego (0.05 mg/L). Por otro lado, las demás mediciones se mantuvieron por debajo de este límite, con valores que oscilan entre 0.0014 mg/L y 0.0222 mg/L. En general, se nota una variación entre los puntos y los meses, pero la superación del estándar se da de manera puntual en el primer monitoreo, lo que podría estar relacionado con el arrastre de sedimentos o un aporte localizado en la zona. En las repeticiones posteriores, las concentraciones disminuyen y se mantienen dentro de los límites permitidos, lo que sugiere que no se trata de una condición persistente. En resumen, los resultados indican que la calidad del agua en cuanto al plomo es mayormente adecuada para riego, aunque el valor registrado en RHual 1–R1 resalta la importancia de seguir monitoreando.

Los valores de plomo total en el tramo urbano del río Huallaga oscilaron entre 0.0014 y 0.0578 mg/L, con varios registros que superan el límite del ECA para riego (0.05 mg/L, C.3 D1), lo que confirma la presencia de presión antrópica significativa. En RHual 1, se obtuvo el valor más alto (0.0578 mg/L en agosto), lo que sugiere una influencia directa de descargas domésticas y residuos urbanos, donde el plomo puede provenir de cañerías antiguas, pinturas y baterías. Este patrón coincide con lo señalado por García Ávila et al. (2022), quienes documentaron que los metales en ríos andinos suelen estar asociados a descargas residenciales y urbanas más que a fuentes industriales. En RHual 2, los valores oscilaron entre 0.0016 y 0.0222 mg/L, todos dentro de norma, pero reflejan la presión acumulada de descargas de gran caudal como San Hilarión (18 l/s), FONAVI-1 (19 l/s) y Circunvalación (12 l/s), además de los lavaderos informales, lo que concuerda con lo expuesto por Encarnación & Valle (2024), quienes en Colpa Baja confirmaron que la coexistencia de múltiples descargas domésticas incrementa la presencia de nutrientes y metales. En RHual 3, los valores (0.0014–0.0065 mg/L) fueron más bajos que en RHual 1, pero reflejan la acumulación de vertimientos aguas arriba y descargas locales de Los Pinos (10 l/s), Huayopampa (8 l/s) y San Germán (1 l/s), además de la descarga de la PTAR San Andrés. Según Custodio et al. (2024), el plomo y otros metales tienden a acumularse en sedimentos y pueden generar riesgos crónicos, incluso en concentraciones que cumplen la norma en agua superficial. Adicionalmente, Villanueva Alvarado et al. (2023) hallaron superaciones de plomo en el río Chacapalca, atribuyéndolas tanto a descargas domésticas como a la presión minera, lo que confirma que la persistencia de este metal está estrechamente ligada a actividades antrópicas. En este sentido, aunque la mayoría de los valores estuvieron dentro del rango permitido, la superación puntual en RHual 1 y los registros detectables en todos los puntos confirman que las actividades urbanas y los vertimientos identificados inciden directamente en la presencia de plomo en el río Huallaga.

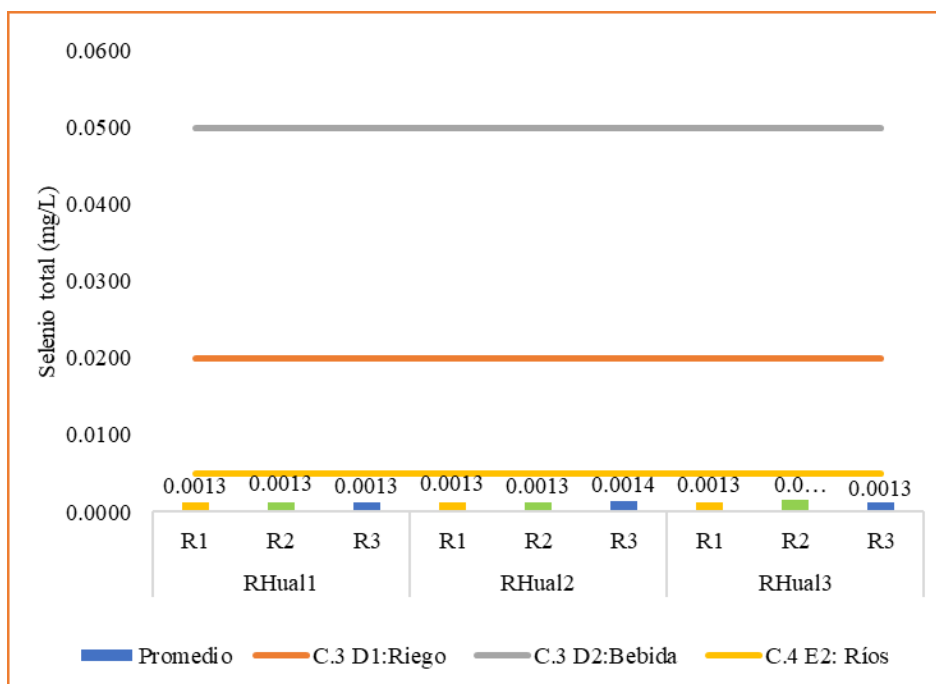


Figura 32. Variación del Selenio total según el ECA

La Figura 32 muestra los niveles de selenio total que se midieron en los puntos RHual 1, RHual 2 y RHual 3 durante las repeticiones R1 (agosto), R2 (septiembre) y R3 (octubre). Todas las concentraciones están entre 0.0013 mg/L y 0.0014 mg/L, lo que está muy por debajo de los límites establecidos por el ECA para riego (0.02 mg/L), bebida de animales (0.05 mg/L) y conservación de flora y fauna (0.005 mg/L). Esto demuestra que se cumple con la normativa en todos los casos. En general, se nota una variación mínima entre los puntos y los períodos evaluados, lo que indica una estabilidad en el comportamiento de este elemento dentro del sistema hídrico. Las bajas concentraciones que se registraron sugieren que el selenio en el agua proviene principalmente de fuentes naturales relacionadas con la geología de la cuenca, y no de aportes antrópicos significativos. Por lo tanto, los valores obtenidos no representan un riesgo para los usos agrícolas, pecuarios ni para la conservación de los ecosistemas acuáticos, lo que indica que la calidad del agua es adecuada en relación a este parámetro durante el periodo de monitoreo.

Los valores de selenio total en el tramo urbano del río Huallaga se mantuvieron entre 0.0013 y 0.0016 mg/L, todos muy por debajo de los límites establecidos en el ECA para riego (0.02 mg/L, C.3 D1) y bebida de animales (0.05 mg/L, C.3 D2), lo que sugiere una influencia antrópica mínima en la presencia de este metaloide. En RHual 1, los valores constantes (0.0013 mg/L) indican que las descargas domésticas no aportan cantidades significativas de selenio, lo que coincide con lo señalado por Condori & Córdova (2024),

quienes encontraron que, en ríos sin minería ni industria, los metales y metaloides permanecen en niveles bajos, asociados principalmente a fuentes domésticas. En RHual 2, el ligero incremento (0.0014–0.0016 mg/L) coincide con descargas de mayor caudal como San Hilarión (18 l/s), FONAVI-1 (19 l/s) y Circunvalación (12 l/s), además de la presión de lavaderos informales, lo que refleja un patrón similar al descrito por Encarnación & Valle (2024) en Colpa Baja, donde la concentración de descargas domésticas y detergentes genera aportes difusos que afectan la calidad del agua. En RHual 3, los valores (0.0013–0.0016 mg/L) permanecieron igualmente bajos, reflejando la acumulación de vertimientos aguas arriba y descargas locales de Los Pinos (10 l/s), Huayopampa (8 l/s) y San Germán (1 l/s), además de la influencia de la PTAR San Andrés. Según Custodio et al. (2024), aunque las concentraciones bajas de metales y metaloides no superen los límites normativos, estos tienden a acumularse en sedimentos y pueden generar efectos crónicos en la biota acuática. De forma complementaria, García Ávila et al. (2022) sostienen que las descargas residenciales dispersas constituyen una fuente constante de contaminantes inorgánicos en ríos andinos, lo que explica la persistencia del selenio en todo el tramo monitoreado. En este contexto, aunque los valores cumplen con la normativa y no representan riesgo inmediato, su presencia uniforme en los tres puntos evidencia un fondo de contaminación difusa que debe ser vigilado de manera preventiva en el río Huallaga.

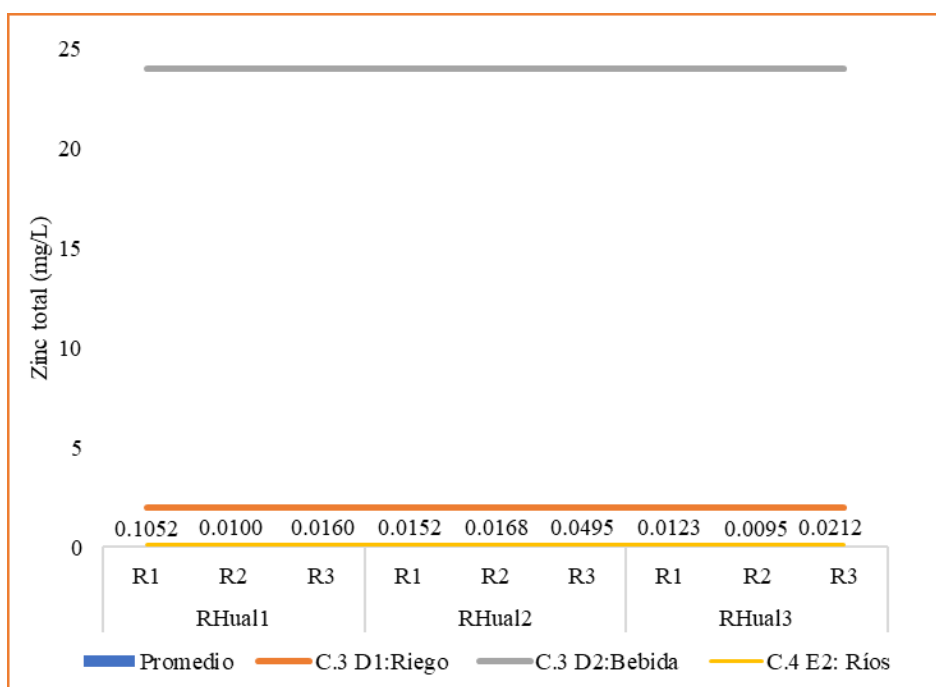


Figura 33. Variación del Zinc total según el ECA

La Figura 33 ilustra la concentración total de zinc en los puntos RHual 1, RHual 2 y RHual 3 durante las repeticiones R1 (agosto), R2 (septiembre) y R3 (octubre) de 2024. Los valores observados variaron entre 0.0095 mg/L (RHual 3–R2) y 0.1052 mg/L (RHual 1–R1), manteniéndose en todo momento por debajo de los límites establecidos en el ECA-Agua: 2 mg/L para riego (C.3 D1), 24 mg/L para el consumo de animales (C.3 D2) y 0.12 mg/L para la categoría de ríos (C.4 E2), lo que demuestra el cumplimiento de la normativa ambiental vigente. En general, se nota una variación moderada entre los puntos y meses de monitoreo, con valores ligeramente más altos en la primera repetición, aunque sin sobrepasar los estándares establecidos. Estas concentraciones son consideradas bajas y adecuadas para los usos agrícola y pecuario del recurso hídrico, así como para la conservación del ecosistema acuático. En conjunto, los resultados reflejan condiciones estables de calidad del agua en relación a este metal durante el periodo evaluado.

Los valores de zinc total en el tramo urbano del río Huallaga oscilaron entre 0.0095 y 0.105 mg/L, todos dentro de los límites del ECA para riego (2 mg/L, C.3 D1) y bebida de animales (5 mg/L, C.3 D2), aunque con incrementos notables que reflejan la influencia de actividades humanas cercanas al cauce. En RHual 1, el valor más alto se registró en agosto (0.105 mg/L), lo que sugiere aportes asociados a descargas de agua residual donde el zinc puede provenir del desgaste de tuberías galvanizadas, pinturas y residuos domésticos. Encarnación y Valle (2024) reportaron que las descargas domésticas y el uso de detergentes constituyen una de las principales fuentes de metales y nutrientes en sistemas acuáticos urbanos, situación similar a la observada en este sector. En RHual 2, se observaron incrementos en octubre (0.0495 mg/L), coincidiendo con descargas de gran caudal como San Hilarión (18 l/s), FONAVI-1 (19 l/s) y Circunvalación (12 l/s), además de la influencia de lavaderos informales, donde aceites, repuestos y galvanizados vehiculares son fuentes relevantes de este metal. Este comportamiento coincide con lo señalado por Guerrero Padilla y Cabrera Carranza (2021), quienes documentaron que los vertimientos urbanos y la escorrentía vehicular incrementan la presencia de zinc y cobre en ríos amazónicos. En RHual 3, los valores oscilaron entre 0.0095 y 0.0212 mg/L, reflejando la acumulación de vertimientos aguas arriba, junto con descargas locales de Los Pinos (10 l/s), Huayopampa (8 l/s) y San Germán (1 l/s), además de la descarga de la PTAR San Andrés, que, aunque reduce la materia orgánica, no elimina completamente los metales. Según Condori y Córdova (2024), la persistencia de metales en tramos con alta densidad de descargas refleja contaminación difusa y acumulativa, aun en valores dentro de norma. En este sentido, aunque los valores detectados cumplen con la normativa, la superación relativa en

RHual 1 y los picos en RHual 2 confirman la influencia directa de descargas domésticas y actividades vehiculares, lo que refuerza la necesidad de monitoreo continuo en los tramos urbanos del río Huallaga.

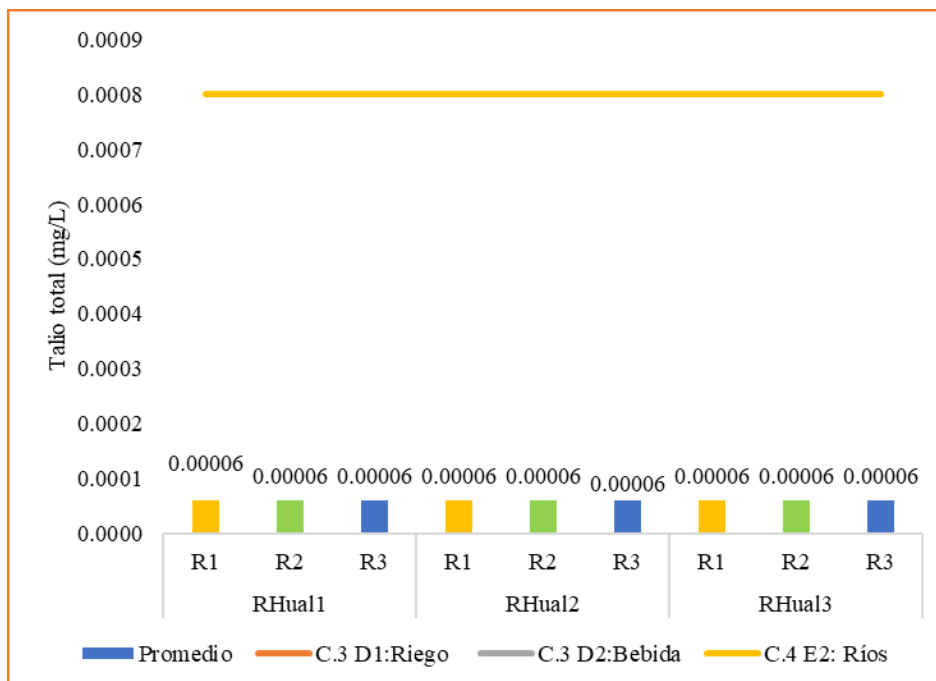


Figura 34. Variación del Talio total según el ECA

La Figura 34 muestra los valores promedio de talio total en los puntos RHual 1, RHual 2 y RHual 3 durante las repeticiones R1 (agosto), R2 (septiembre) y R3 (octubre) de 2024. Los resultados indican una concentración constante de 0.00006 mg/L en todos los puntos y fechas analizadas, lo que está muy por debajo del límite establecido para cuerpos naturales de agua (0.0008 mg/L según el ECA, categoría 4 E2: ríos). La uniformidad de los valores en los tres puntos y meses de monitoreo resalta una condición estable del sistema hídrico en relación con este metal, sin variaciones espaciales ni temporales significativas. Estas concentraciones extremadamente bajas sugieren que la presencia de talio se debe principalmente a condiciones naturales de la cuenca y no a aportes antrópicos relevantes durante el periodo de estudio. Además, aunque no se disponen de valores de referencia específicos para riego o bebida de animales en esta categoría, los niveles registrados no representarían un riesgo para los usos del agua ni para la conservación del ecosistema acuático, lo que indica una calidad adecuada del recurso hídrico en relación con este parámetro.

Los valores de talio total en el tramo urbano del río Huallaga se mantuvieron constantes en 0.00006 mg/L en todos los puntos de muestreo y repeticiones, representando apenas el 0.6% del límite máximo permitido por el ECA para cuerpos naturales de agua. Esta

estabilidad refleja una baja presión antrópica asociada a este elemento en la zona de estudio. En RHual 1, la presencia uniforme de talio puede relacionarse con aportes difusos de descargas domésticas menores, aunque sin evidenciar incrementos relevantes, en línea con lo observado por Condori y Córdova (2024), quienes reportaron que en ríos sin influencia minera la concentración de metales pesados tiende a mantenerse en valores muy bajos. En RHual 2, pese a la mayor concentración de vertimientos, incluyendo San Hilarión (18 l/s), FONAVI-1 (19 l/s) y Circunvalación (12 l/s), además de la actividad de lavaderos informales, no se registraron aumentos, lo que concuerda con lo descrito por Guerrero Padilla y Cabrera Carranza (2021), quienes señalaron que en zonas urbanas los incrementos metálicos suelen estar vinculados a residuos sólidos y escorrentías, más que a elementos como el talio cuya presencia está asociada a procesos industriales específicos. Finalmente, en RHual 3, los valores también permanecieron constantes, pese a la acumulación de descargas aguas arriba y los aportes locales de Los Pinos (10 l/s), Huayopampa (8 l/s) y San Germán (1 l/s), además de la descarga de la PTAR San Andrés. Según Custodio et al. (2024), la persistencia de metales en bajas concentraciones puede considerarse parte de un fondo ambiental propio de las cuencas, aunque su acumulación en sedimentos debe ser vigilada por riesgos ecológicos a largo plazo. En este sentido, aunque los valores de talio cumplen con la normativa y no representan un peligro inmediato, su monitoreo constante resulta fundamental para anticipar escenarios de riesgo ante cambios en el uso del suelo o la intensificación de actividades urbanas.

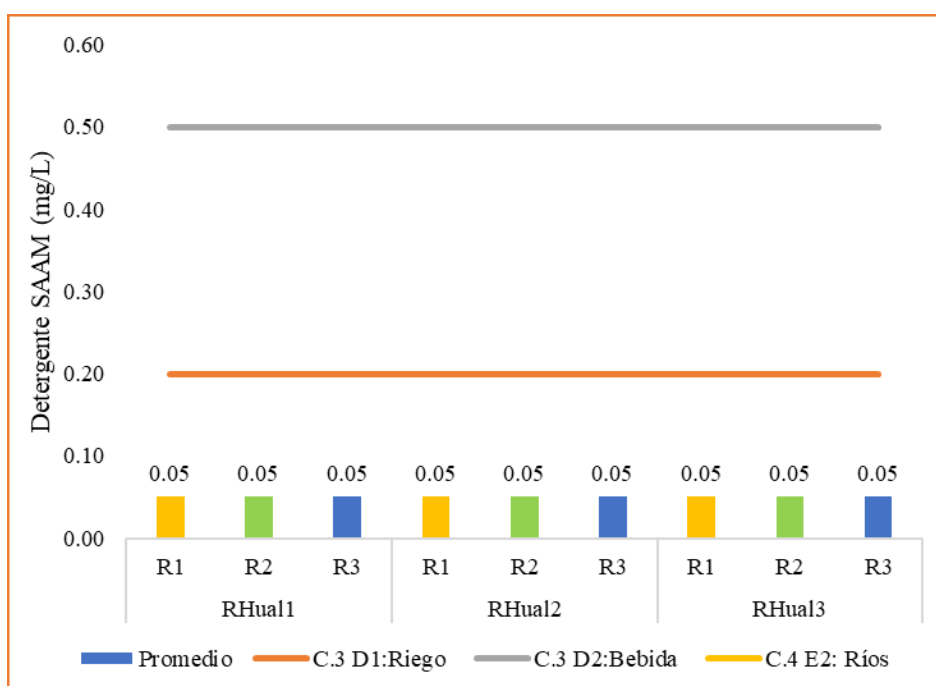


Figura 35. Variación del Detergente SAAM según el ECA

La Figura 35 presenta los valores de detergente SAAM medidos en los puntos RHual 1, RHual 2 y RHual 3 durante las repeticiones R1 (agosto), R2 (septiembre) y R3 (octubre) de 2024. En todos los casos se registró una concentración constante de 0.05 mg/L, valor que se encuentra por debajo de los límites establecidos en el ECA-Agua: 0.2 mg/L para riego (C.3 D1), 0.5 mg/L para bebida de animales (C.3 D2) y 0.2 mg/L para ríos (C.4 E2), lo que indica cumplimiento normativo en los tres puntos y repeticiones evaluadas.

Los valores de detergentes (SAAM) en el tramo urbano del río Huallaga se mantuvieron constantes en 0.050 mg/L en todos los puntos de muestreo y repeticiones, lo que representa un nivel bajo y muy por debajo del límite establecido en el ECA para riego (0.5 mg/L, C.3 D1) y bebida de animales (0.2 mg/L, C.3 D2). En RHual 1, este valor uniforme sugiere una influencia reducida de los vertimientos de agua residual, aunque es probable que la presencia de detergentes provenga de descargas domésticas no tratadas. En RHual 2, donde confluyen descargas de gran caudal como San Hilarión (18 l/s), FONAVI-1 (19 l/s) y Circunvalación (12 l/s), además de la presencia de lavaderos informales de vehículos, el mantenimiento de valores en 0.050 mg/L confirma un aporte sostenido de detergentes, aunque diluido por el caudal del río. Esto coincide con lo señalado por Guerrero Padilla y Cabrera Carranza (2021), quienes evidenciaron que las descargas urbanas y la escorrentía superficial incrementan la carga de tensioactivos y nutrientes en ríos con fuerte presión antrópica. En RHual 3, los valores también permanecieron en 0.050 mg/L, reflejando la acumulación de vertimientos aguas arriba, sumados a descargas locales como Los Pinos (10 l/s), Huayopampa (8 l/s) y San Germán (1 l/s), además de la descarga de la PTAR San Andrés, que no logra eliminar completamente tensioactivos. Según Custodio et al. (2024), la presencia de compuestos como los detergentes, incluso en concentraciones bajas, puede generar acumulación en sedimentos y efectos crónicos en la biota acuática. En este contexto, aunque los valores de SAAM cumplen ampliamente con la normativa, su presencia constante en todos los puntos evidencia una presión antrópica difusa, estrechamente vinculada a vertimientos domésticos y actividades de lavado vehicular, que debe seguir siendo monitoreada para evitar impactos acumulativos.

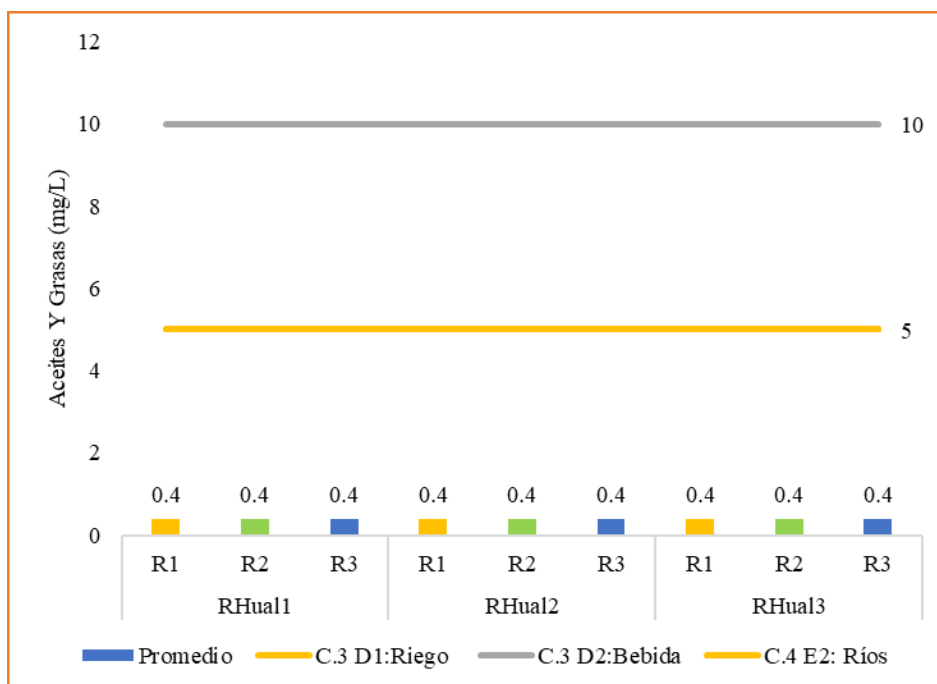


Figura 36. Variación de Aceites y Grasas según ECA

La Figura 35 muestra los niveles de detergente SAAM que se midieron en los puntos RHual 1, RHual 2 y RHual 3 durante las repeticiones R1 (agosto), R2 (septiembre) y R3 (octubre) de 2024. En todos los casos, se registró una concentración constante de 0.05 mg/L, un valor que está por debajo de los límites establecidos en el ECA-Agua: 0.2 mg/L para riego (C.3 D1), 0.5 mg/L para el agua de bebida de animales (C.3 D2) y 0.2 mg/L para ríos (C.4 E2). Esto demuestra que se cumple con la normativa en los tres puntos y repeticiones evaluadas. La consistencia de las concentraciones a lo largo de los diferentes meses y estaciones de muestreo sugiere que el cuerpo de agua se mantiene estable en relación con este parámetro, sin aumentos que indiquen aportes significativos de aguas residuales domésticas o actividades humanas cercanas. Aunque el SAAM es un indicador relacionado con la presencia de detergentes y compuestos tensioactivos, los niveles observados son considerados bajos y compatibles con los usos agrícola y pecuario del recurso hídrico, así como con la conservación del ecosistema acuático.

Los resultados de aceites y grasas en el río Huallaga mostraron un valor constante de 0,4 mg/L en todos los puntos de muestreo y repeticiones, muy por debajo del límite del ECA-Agua (5,0 mg/L, categoría E2: ríos). En RHual 1, aunque se registraron vertimientos de agua residual doméstica, junto con la presencia de zonas de extracción no autorizada, los valores bajos sugieren que la capacidad de dilución del cauce aguas arriba mitiga la acumulación de grasas y aceites.

En RHual 2, donde la presión antrópica es mayor por la concentración de vertimientos RUPAP de gran caudal como Ch. FONAVI-1 (19 L/s), Circunvalación – Huánuco (12 L/s), además de lavaderos informales y extracciones autorizadas y no autorizadas, se mantiene el mismo valor, lo que refleja que, aunque existen fuentes claras de aporte de aceites y detergentes, aún no se generan superaciones del estándar; sin embargo, este tramo concentra el mayor riesgo potencial de acumulación. En RHual 3, cercano a la PTAR San Andrés y aguas abajo de todos los vertimientos identificados, incluido el de Urb. Los Pinos (10 L/s), el valor constante refleja la dispersión del cauce, aunque persiste la posibilidad de acumulación en los sedimentos, especialmente en épocas de bajo caudal. Guerrero Padilla y Cabrera Carranza (2021) advierten que las descargas urbanas, incluso cuando no superan los límites normativos, incrementan progresivamente la presencia de compuestos como aceites y grasas en tramos urbanos de ríos, favoreciendo la reducción de la capacidad de autodepuración. De manera complementaria, Custodio et al. (2024) señalan que la persistencia de contaminantes en bajas concentraciones, entre ellos hidrocarburos y residuos domésticos, puede generar efectos acumulativos en sedimentos y biota acuática. En este sentido, aunque los resultados cumplen con la normativa, la densidad de vertimientos RUPAP y lavaderos en RHual 2, junto con las descargas puntuales en RHual 3, confirman la necesidad de un monitoreo continuo, pues las condiciones actuales representan un escenario de riesgo latente de contaminación crónica.

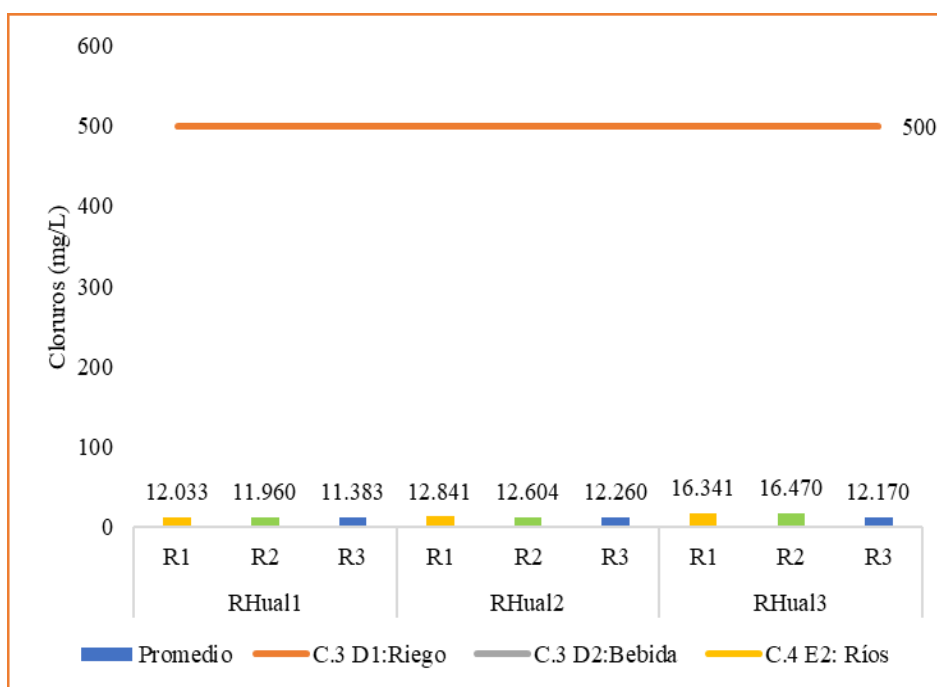


Figura 37. Variación de Cloruros según el ECA

La Figura 37 muestra cómo varían las concentraciones de cloruros en los puntos RHual 1, RHual 2 y RHual 3 durante las repeticiones R1 (agosto), R2 (septiembre) y R3 (octubre) de 2024. Se pueden observar ligeras fluctuaciones entre los meses analizados. Los valores registrados fluctuaron entre 11.383 mg/L (RHual 1-R3) y 16.470 mg/L (RHual 3-R2), lo que indica una leve variabilidad tanto en el espacio como en el tiempo, sin cambios bruscos ni tendencias claras a lo largo del periodo de monitoreo. En términos generales, las concentraciones más altas se encontraron en RHual 3, mientras que las más bajas correspondieron a RHual 1, lo que sugiere diferencias específicas relacionadas con las condiciones locales de cada punto. Sin embargo, en todos los casos, los resultados se mantuvieron muy por debajo del límite establecido por el ECA para agua, categoría 3, subcategoría D1 (riego), que es de 500 mg/L, cumpliendo así con el estándar de calidad ambiental vigente.

Los niveles de cloruros en el río Huallaga oscilaron entre 11.38 mg/L y 16.47 mg/L, muy por debajo del límite del ECA-Agua (250 mg/L para ríos, categoría E2), lo que en principio indica baja salinidad. Sin embargo, su distribución muestra influencia directa de las actividades identificadas. En RHual 1, pese a la menor presión antrópica, la presencia de vertimientos junto con extracciones no autorizadas en las riberas contribuye con descargas que arrastran sales disueltas desde el ámbito doméstico. En RHual 2, donde confluyen los mayores aportes residuales, destacan los vertimientos de Ch. FONAVI-1 (19 L/s), Circunvalación-Huánuco (12 L/s), Urb. Huayopampa (8 L/s) y Urb. Los Pinos (10 L/s), además de la concentración de lavaderos informales y zonas de extracción autorizada y no autorizada. Este escenario explica los valores más altos (16.47 mg/L), en línea con lo señalado por Guerrero Padilla y Cabrera Carranza (2021), quienes vincularon el aumento de sales disueltas en ríos urbanos con el aporte simultáneo de vertimientos domésticos y descargas comerciales. Finalmente, en RHual 3, cercano a la PTAR San Andrés y aguas abajo de todos los vertimientos identificados, se registraron valores intermedios, lo que refleja la acumulación progresiva de aportes desde aguas arriba y la influencia de descargas puntuales locales. Según García Ávila et al. (2022), la acumulación de nutrientes y sales, aunque no supere la normativa, constituye un indicador temprano de presión sobre la calidad del agua por la alteración de la conductividad. De manera complementaria, Custodio et al. (2024) advierten que la persistencia de concentraciones bajas de metales y sales puede generar acumulación en sedimentos y afectar la biota a largo plazo. En este contexto, aunque los valores cumplen con la normativa, la alta densidad de vertimientos RUPAP en RHual 2 y la condición de receptor final de RHual 3

confirman la necesidad de vigilancia permanente, pues el incremento sostenido de cloruros podría anticipar un deterioro progresivo de la calidad del agua.

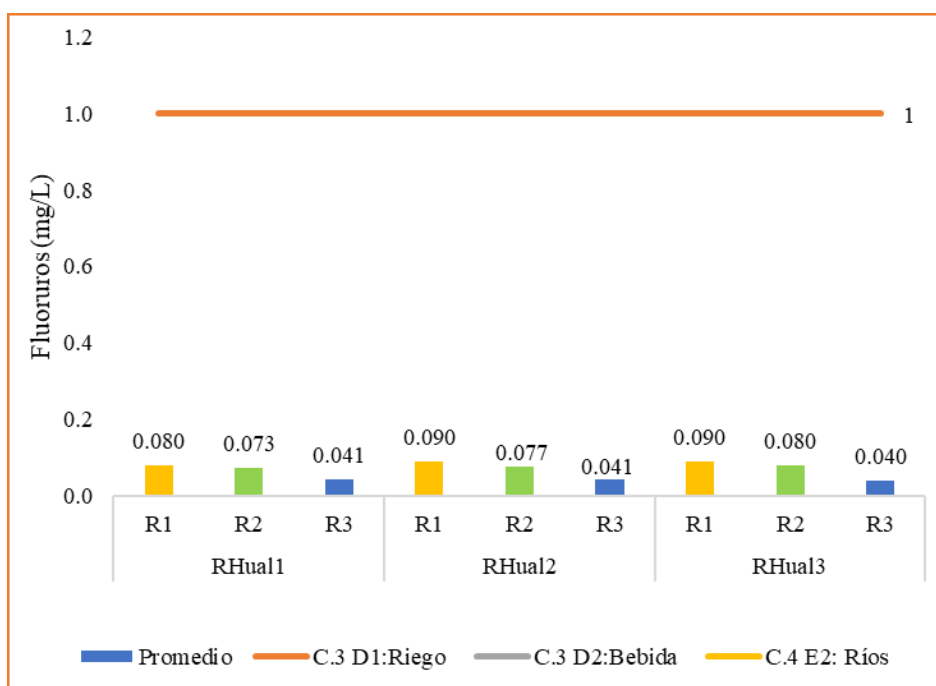


Figura 38. Variación de Fluoruros según el ECA

La Figura 38 ilustra los niveles de fluoruros registrados en los puntos RHual 1, RHual 2 y RHual 3 a lo largo de las tres repeticiones de monitoreo (R1, R2 y R3). Se pueden observar ligeras variaciones entre los meses y los puntos evaluados. Las concentraciones fluctuaron entre 0.040 mg/L (RHual 3-R3) y 0.090 mg/L (RHual 2-R1 y RHual 3-R1), lo que indica una variabilidad mínima y un comportamiento estable durante el periodo de evaluación. En términos generales, no se notan incrementos progresivos ni fluctuaciones significativas que sugieran alteraciones en la calidad del agua en relación a este parámetro, manteniendo valores bajos y consistentes en todos los puntos monitoreados. Además, las diferencias entre estaciones no son relevantes desde una perspectiva ambiental. Todos los resultados están por debajo del valor máximo permitido por el ECA para agua, categoría 3, subcategoría D1 (riego), que se establece en 1 mg/L, por lo que no se observan superaciones ni riesgos asociados al uso del recurso hídrico para riego.

Los niveles de fluoruros oscilaron entre 0.04 y 0.09 mg/L, muy por debajo del límite del ECA Agua (1.5 mg/L para ríos, categoría E2), lo que refleja una baja incidencia de este anión en el tramo urbano del río Huallaga. No obstante, su distribución evidencia aportes asociados a las actividades humanas y vertimientos. En RHual 1, los valores de 0.08–0.09 mg/L pueden vincularse a descargas de aguas residuales y extracciones no autorizadas que favorecen

la incorporación de sales disueltas al cauce. En RHual 2, donde se registran los vertimientos más significativos como Ch. FONAVI 1 (19 L/s), Circunvalación–Huánuco (12 L/s) y Urb. Los Pinos (10 L/s), los valores se mantuvieron en 0.07–0.08 mg/L, lo que coincide con lo señalado por Guerrero Padilla y Cabrera Carranza (2021), quienes reportaron que los vertimientos urbanos y agrícolas incrementan la concentración de sales y nutrientes en ríos de la costa peruana, incluso cuando los valores permanecen bajos. Finalmente, en RHual 3, ubicado aguas abajo y receptor de la acumulación de descargas previas, los valores descendieron a 0.04 mg/L, lo que puede atribuirse a procesos de dilución y sedimentación, en concordancia con lo planteado por García Ávila et al. (2022), quienes observaron que la dinámica del caudal en ríos andinos regula la concentración de nutrientes y sales disueltas. De manera complementaria, Custodio et al. (2024) advierten que, aunque los fluoruros y otros aniones se encuentren en niveles bajos, su persistencia en cuerpos de agua urbanos puede contribuir a procesos de acumulación en sedimentos y representar un riesgo a largo plazo. En este contexto, aunque los valores registrados cumplen con la normativa, la densidad de vertimientos en RHual 2 y la acumulación aguas abajo en RHual 3 confirman que los fluoruros forman parte del patrón de alteración progresiva del agua vinculada a las actividades humanas identificadas.

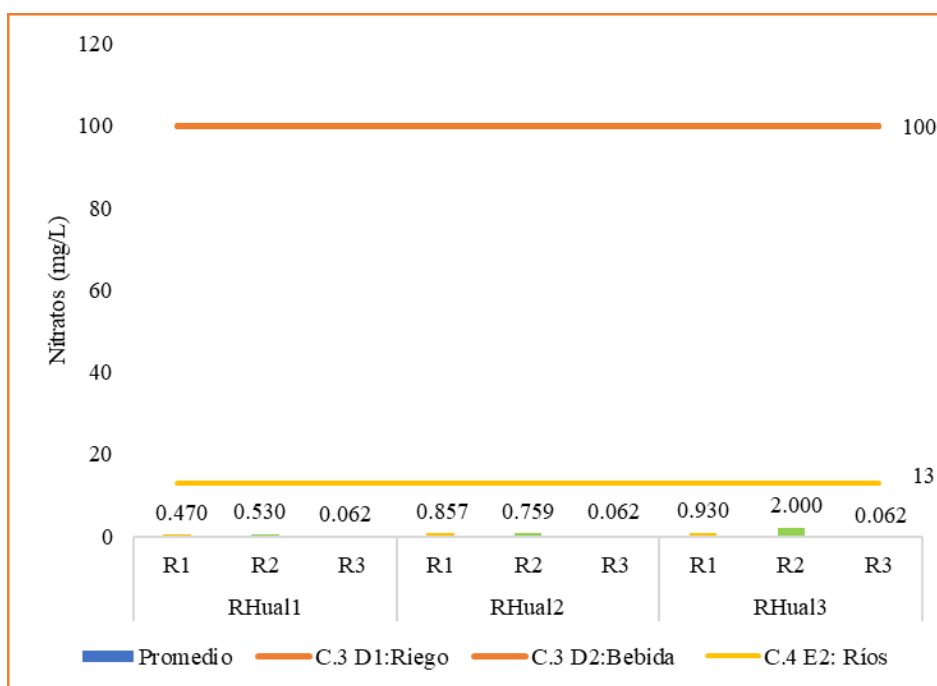


Figura 39. Variación de Nitratos según el ECA

En la Figura 39, se muestran las concentraciones de nitratos registradas en los puntos RHual 1, RHual 2 y RHual 3 a lo largo de las tres repeticiones de monitoreo. Se pueden observar variaciones entre los meses analizados, aunque no se notan cambios drásticos ni

tendencias crecientes sostenidas. Los valores fluctuaron entre 0.062 mg/L y 2.000 mg/L, lo que indica una variabilidad moderada entre las estaciones y los períodos de muestreo. El valor más alto se registró en el punto RHual 3 durante la repetición R2 (2.000 mg/L), mientras que los valores más bajos se encontraron en otros puntos y repeticiones, manteniéndose en niveles reducidos. Sin embargo, todas las concentraciones están muy por debajo de los límites establecidos por el ECA para agua, en la categoría 3: subcategoría D1 (100 mg/L) y subcategoría D2 (13 mg/L). Esto sugiere que no hay superaciones ni riesgos asociados al uso del recurso hídrico, ya sea para riego o para el consumo de animales, lo que demuestra el cumplimiento de la normativa ambiental vigente.

Los valores de nitratos en el tramo urbano del río Huallaga variaron entre 0.06 y 2.00 mg/L, todos por debajo del límite del ECA-Agua (50 mg/L, categoría E2 para ríos), lo que descarta riesgo inmediato de contaminación por este compuesto. Sin embargo, la variabilidad observada refleja la influencia de actividades cercanas y los vertimientos identificados. En RHual 1, los valores mínimos (0.47–0.53 mg/L) se asocian a la relativa baja presión antrópica de este sector, donde aún descargas domésticas menores pueden aportar compuestos nitrogenados, en línea con lo señalado por Guerrero Padilla y Cabrera Carranza (2021), quienes advierten que la presencia de nitrógeno en ríos urbanos está vinculada incluso a vertimientos dispersos de bajo caudal. En RHual 2, los valores alcanzaron el máximo de 2.00 mg/L en la Repetición 2 (septiembre), coincidiendo con la concentración de descargas residuales de gran caudal, como Ch. FONAVI-1 (19 L/s), Circunvalación–Huánuco (12 L/s) y Urb. Los Pinos (10 L/s), además de los lavaderos informales que incrementan la carga de detergentes nitrogenados. Este comportamiento concuerda con lo expuesto por García Ávila et al. (2022), quienes evidenciaron que la alta densidad de vertimientos urbanos genera picos de nutrientes y sales disueltas, particularmente en épocas de baja dilución. En RHual 3, aunque se esperaba mayor acumulación por su ubicación aguas abajo y proximidad a la PTAR San Andrés, los valores descendieron hasta 0.06 mg/L, lo cual podría explicarse por procesos de dilución y asimilación biológica, en concordancia con lo documentado por Encarnación y Valle (2024), quienes encontraron que la vegetación ribereña y la dinámica del cauce contribuyen a reducir la carga de nutrientes en tramos intermedios del Huallaga. En conjunto, aunque los valores están dentro del rango normativo, la evidencia muestra que RHual 2 concentra el mayor riesgo, directamente asociado a los vertimientos RUPAP de alto caudal y a la multiplicidad de actividades humanas, confirmando que los nitratos funcionan como un indicador sensible de presión antrópica en este tramo crítico del río.

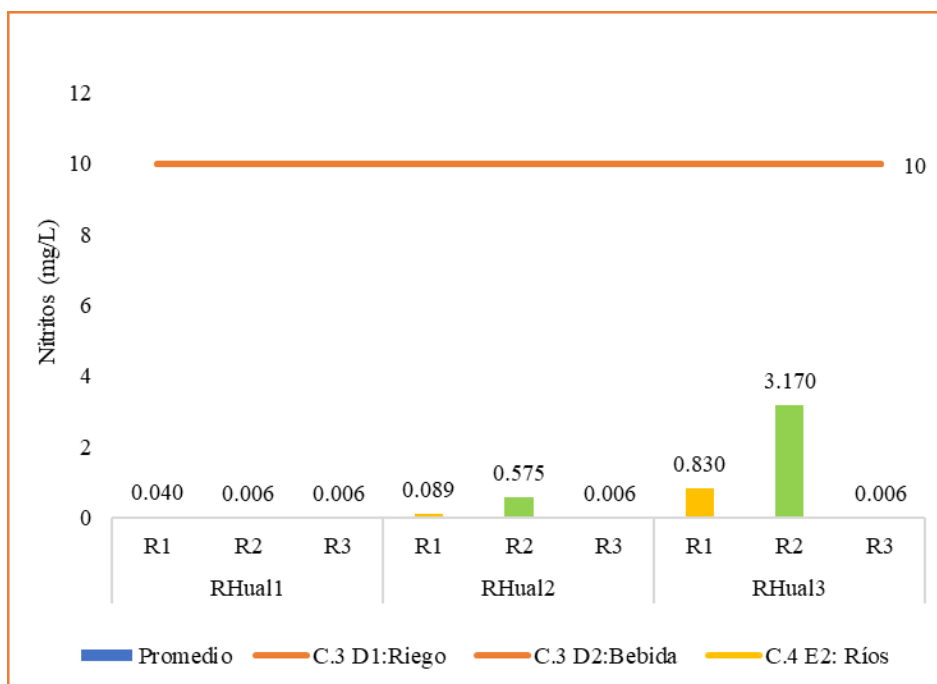


Figura 40. Variación de Nitritos según el ECA

La Figura 40 muestra los niveles de nitritos que se midieron en tres puntos de muestreo (RHual 1, RHual 2 y RHual 3) a lo largo de tres repeticiones de monitoreo. Se pueden observar variaciones entre las estaciones y los períodos evaluados. Los valores oscilan entre 0.006 mg/L y 3.170 mg/L, y la mayoría de los resultados se mantienen en concentraciones bajas y bastante estables durante el estudio. Aunque casi todos los registros están muy por debajo del límite máximo permitido por el ECA para agua, categoría 3 subcategoría D1 (10 mg/L), hay un valor notablemente alto en el punto RHual 3 durante la segunda repetición (3.170 mg/L). Aunque este valor no supera el estándar normativo, representa una variación significativa en comparación con los demás datos. Esta diferencia podría estar relacionada con condiciones temporales específicas, aportes puntuales o procesos naturales de transformación del nitrógeno en el cuerpo de agua. Sin embargo, en términos generales, los resultados cumplen con la normativa ambiental vigente y no muestran superaciones del estándar establecido.

Los valores de nitritos en el tramo urbano del río Huallaga oscilaron entre <math><0.006</math> y 3.17 mg/L, mostrando picos en RHual 2 y RHual 3 durante la segunda repetición (septiembre). Aunque en la mayoría de las mediciones los niveles fueron bajos, los máximos superan el límite establecido por el ECA-Agua para riego de vegetales (1 mg/L, categoría C3-D1), lo que representa un riesgo potencial de toxicidad y alteración en los usos del agua. En RHual 1, los valores mínimos (0.04–0.09 mg/L) reflejan la menor presión antrópica del sector, aunque incluso descargas domésticas de bajo caudal pueden aportar compuestos nitrogenados,

en línea con lo señalado por Guerrero Padilla y Cabrera Carranza (2021), quienes advirtieron que los aportes difusos en ríos urbanos incrementan la presencia de nutrientes como nitritos y fosfatos. En RHual 2, se registró el valor más alto (3.17 mg/L en septiembre), vinculado a la presencia de múltiples descargas de gran volumen, entre ellas Ch. FONAVI-1 (19 L/s), Circunvalación–Huánuco (12 L/s), Urb. Los Pinos (10 L/s) y Urb. Huayopampa (8 L/s), además de los lavaderos informales que generan arrastre de detergentes con compuestos nitrogenados. Este comportamiento concuerda con lo descrito por García Ávila et al. (2022), quienes encontraron que en tramos urbanos la densidad de descargas domésticas e industriales eleva significativamente los niveles de nutrientes disueltos, especialmente durante periodos de baja dilución. En RHual 3, aunque se esperaba cierta atenuación por procesos de mezcla, también se reportaron valores elevados en septiembre (0.83 mg/L), lo cual refleja la acumulación de vertimientos aguas arriba y la influencia de descargas puntuales cercanas a la PTAR San Andrés. Encarnación y Valle (2024) resaltaron que, en el Huallaga, la vegetación ribereña y la dinámica del caudal pueden atenuar parcialmente nutrientes como nitratos y nitritos, aunque no siempre logran neutralizar los picos generados por descargas simultáneas. En conjunto, aunque en promedio los nitritos cumplen con los valores normativos, la superación puntual registrada en RHual 2 y la tendencia ascendente hacia RHual 3 confirman la fuerte influencia de los vertimientos RUPAP de alto caudal y las descargas urbanas identificadas, lo que convierte a estos sectores en tramos críticos para el monitoreo y control de nutrientes nitrogenados.

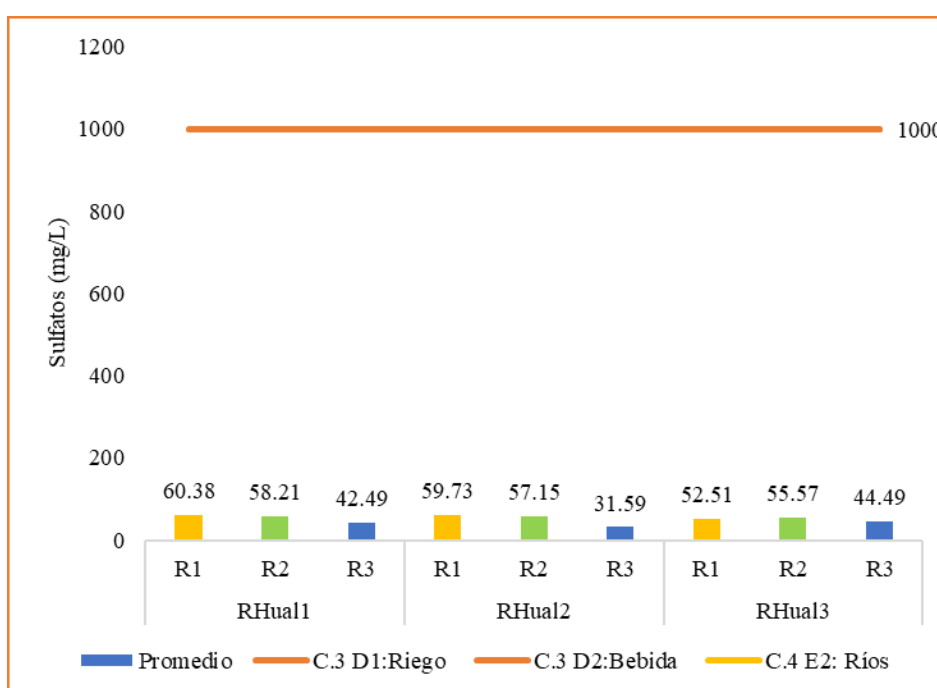


Figura 41. Variación de Sulfatos según el ECA

La Figura 41 ilustra cómo varían las concentraciones de sulfatos en los puntos RHual 1, RHual 2 y RHual 3 a lo largo de las tres repeticiones (R1, R2 y R3). Se pueden observar ligeras fluctuaciones entre los meses y los diferentes puntos de muestreo. Los valores registrados se movieron entre 31.59 mg/L y 60.38 mg/L, lo que indica una variabilidad moderada, sin cambios bruscos ni tendencias claras de aumento o disminución durante el periodo analizado. Todos los resultados están muy por debajo del límite máximo permitido por el ECA para agua, en la categoría 3 subcategoría D1 (1000 mg/L), lo que sugiere que la concentración de este anión se mantiene en niveles seguros para el uso del recurso hídrico. Estos datos apuntan a una presencia moderada y relativamente estable de sulfatos en el sistema fluvial, lo que refleja condiciones ambientales favorables y la ausencia de contaminaciones significativas que pudieran afectar su uso para riego u otros fines que cumplan con la normativa vigente.

Los niveles de sulfatos en el río Huallaga fluctuaron entre 31.59 y 60.38 mg/L, muy por debajo del límite del ECA-Agua (250 mg/L para ríos, categoría E2), lo que indica que este parámetro no representa un riesgo inmediato de contaminación. Sin embargo, la variabilidad registrada entre los puntos refleja la influencia de las actividades humanas. En RHual 1, los valores más altos (60.38 mg/L en agosto) pueden estar asociados a descargas domésticas provenientes de vertimientos residuales que arrastran sales sulfatadas desde actividades cotidianas, en concordancia con lo señalado por Guerrero Padilla y Cabrera Carranza (2021), quienes indicaron que incluso descargas de bajo caudal contribuyen a la acumulación de sales y nutrientes en tramos urbanos. En RHual 2, los valores se mantuvieron relativamente estables (57.15–59.73 mg/L), pero destacan por la influencia de vertimientos de alto volumen como Ch. FONAVI-1 (19 L/s), Circunvalación–Huánuco (12 L/s), Urb. Los Pinos (10 L/s) y Urb. Huayopampa (8 L/s), además de los lavaderos informales que aportan detergentes con compuestos sulfatados. Este comportamiento coincide con lo descrito por García Ávila et al. (2022), quienes reportaron que los aportes urbanos simultáneos generan acumulación de sales y nutrientes en sectores críticos de ríos andinos y amazónicos. En RHual 3, los valores descendieron hasta 31.59 mg/L en septiembre, lo que podría explicarse por procesos de dilución y dispersión aguas abajo, a pesar de la cercanía a la PTAR San Andrés y a descargas locales adicionales. De acuerdo con Custodio et al. (2024), la reducción aparente de concentraciones no implica ausencia de riesgo, ya que las sales persistentes tienden a acumularse en sedimentos y generar efectos crónicos en la biota. En conjunto, aunque los sulfatos no superan los valores normativos, la evidencia muestra que los vertimientos RUPAP

de gran caudal en RHual 2 y los aportes acumulados hacia RHual 3 constituyen las principales fuentes de este ion, confirmando que su comportamiento responde directamente a la distribución espacial de las actividades humanas en el tramo urbano del río Huallaga.

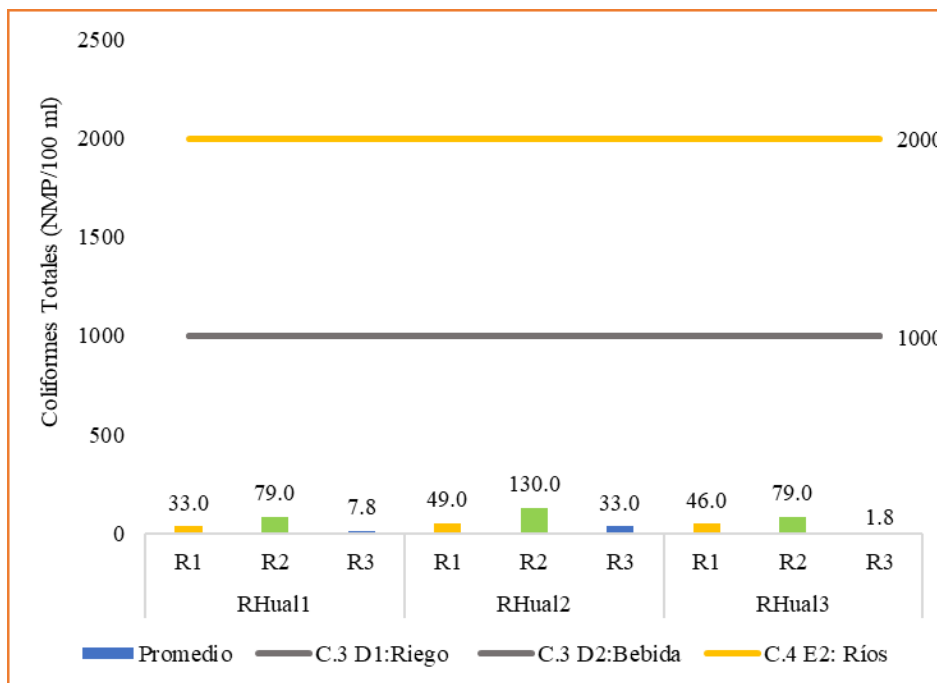


Figura 42. Variación de Coliformes Termotolerantes según el ECA

En la Figura 42, se puede ver la concentración de coliformes termotolerantes en los puntos RHual 1, RHual 2 y RHual 3 a lo largo de las tres repeticiones de muestreo (R1, R2 y R3). Los valores fluctúan entre 1.8 y 130 NMP/100 mL. Los resultados muestran ligeras variaciones entre los diferentes puntos y repeticiones, sin que se registren picos de contaminación significativos. Todos los valores observados están muy por debajo del límite máximo permitido por el ECA para agua, en la categoría 3 subcategoría E2 (2000 NMP/100 mL), lo que sugiere un bajo nivel de contaminación fecal en los tramos analizados del río Huallaga. Esta situación indica que las condiciones sanitarias son favorables en cuanto a la calidad del agua, lo que sugiere que, durante el periodo de monitoreo, no se encontraron impactos significativos por vertidos domésticos o de origen animal que pudieran afectar su uso para actividades recreativas o de riego, cumpliendo así con la normativa ambiental vigente. Además, la estabilidad de los valores entre las repeticiones sugiere que el río mantiene de manera consistente buenas condiciones microbiológicas a lo largo del tiempo.

Los resultados de coliformes termotolerantes oscilaron entre 7.8 y 130 NMP/100 mL, valores que en su mayoría se encuentran por debajo del límite del ECA-Agua para riego de vegetales (1000 NMP/100 mL, C3-D1); sin embargo, reflejan la influencia directa

de los vertimientos residuales en el tramo urbano del Huallaga. En RHual 1, los valores iniciales fueron relativamente bajos (33–49 NMP/100 mL), lo que corresponde a la menor presión antrópica en este sector; sin embargo, la presencia de descargas domésticas puntuales explica la detección de microorganismos fecales. Este patrón coincide con lo descrito por Encarnación y Valle (2024), quienes reportaron que en Colpa Baja la carga microbiológica aumentó en zonas de mayor exposición a vertimientos domésticos. En RHual 2, los valores se incrementaron significativamente hasta alcanzar el máximo de 130 NMP/100 mL en septiembre, coincidiendo con la concentración de descargas de gran caudal como Ch. FONAVI-1 (19 L/s), Circunvalación–Huánuco (12 L/s), Urb. Huayopampa (8 L/s) y Urb. Los Pinos (10 L/s), además de la presencia de lavaderos informales que arrastran aguas grises con restos fecales indirectos. Este comportamiento está en línea con lo reportado por Guerrero Padilla y Cabrera Carranza (2021), quienes señalaron que en ríos urbanos latinoamericanos los picos de coliformes se asocian a la convergencia de múltiples descargas domiciliarias y comerciales. En RHual 3, aunque los valores descendieron a 1.8 NMP/100 mL en octubre, se evidenció un aumento en septiembre (79 NMP/100 mL), lo cual refleja tanto la acumulación de vertimientos desde aguas arriba como el impacto de descargas puntuales cercanas a la PTAR San Andrés. De acuerdo con Ortega Quispe et al. (2025), la persistencia de coliformes en ríos altoandinos está directamente relacionada con la descarga de aguas residuales domésticas sin tratamiento, lo que genera fluctuaciones marcadas en la calidad microbiológica. En conjunto, aunque los valores no superan el estándar normativo, la presencia constante de coliformes en los tres puntos de muestreo confirma la influencia directa de los vertimientos RUPAP identificados y las actividades domésticas urbanas, consolidando este parámetro como un indicador sensible del impacto humano en el río Huallaga.

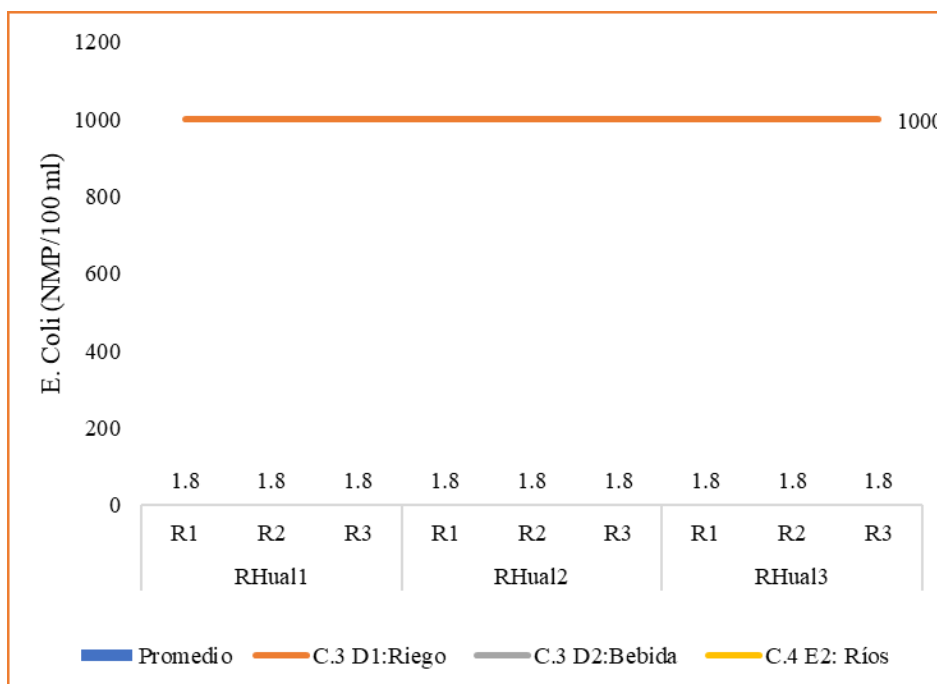


Figura 43. Variación de Escherichia Coli según el ECA

En la Figura 43, se muestran los valores promedio de Escherichia coli en los puntos RHual 1, RHual 2 y RHual 3 durante las repeticiones 1, 2 y 3. Se observa un valor constante de 1.8 NMP/100 mL en todos los casos, sin variaciones entre los diferentes puntos ni repeticiones. Este comportamiento indica una notable estabilidad en la calidad microbiológica del agua en relación con este indicador fecal, lo que sugiere que no hubo episodios de contaminación puntual durante el periodo de monitoreo. Los niveles registrados están muy por debajo del límite máximo establecido por el ECA para agua, categoría 3 subcategoría D1, que se utiliza para el riego de vegetales (1000 NMP/100 mL). Esto indica que el recurso hídrico se mantiene en condiciones microbiológicas seguras y es apto para su uso en actividades agrícolas. Estos resultados sugieren que, en general, el río Huallaga presenta una baja presión de contaminación fecal en los tramos evaluados y que los procesos de manejo ambiental y de vertidos en la zona están ayudando a mantener una calidad de agua adecuada.

En el caso de *Escherichia coli*, los valores registrados se mantuvieron constantes en 1.8 NMP/100 mL en todos los puntos y repeticiones, muy por debajo del límite del ECA-Agua para riego de vegetales (1000 NMP/100 mL, C3-D1). Aunque los resultados sugieren baja presión microbiológica, este comportamiento no implica ausencia de contaminación, sino posibles efectos de dilución y dispersión en el cauce. En RHual 1, ubicado aguas arriba, los valores bajos coinciden con una menor densidad de actividades antrópicas, en línea con lo señalado por Encarnación y Valle (2024), quienes evidenciaron que en tramos con

baja carga urbana la concentración bacteriana tiende a mantenerse reducida. En RHual 2, donde confluyen las actividades más intensas, la presión es mayor: destacan los lavaderos informales, que vierten aguas grises cargadas de detergentes y residuos, y los vertimientos RUPAP de gran volumen, como Ch. FONAVI-1 (19 L/s), Circunvalación–Huánuco (12 L/s) o Urb. Los Pinos (10 L/s). Este escenario coincide con lo reportado por Guerrero Padilla y Cabrera Carranza (2021), quienes advirtieron que en zonas urbanas la acumulación de descargas residuales incrementa la probabilidad de contaminación fecal, aun cuando los valores se mantengan dentro de norma. En RHual 3, próximo a la PTAR San Andrés, los valores bajos también contrastan con la presión ejercida por descargas aguas arriba y vertimientos locales, lo que refleja procesos de autodepuración y dilución natural del río. Ortega Quispe et al. (2025) sostienen que, en tramos urbanos, la homogeneidad de los valores de *E. coli* puede responder a la capacidad de autodepuración y a la dispersión de microorganismos en función de las condiciones hidrodinámicas. En síntesis, aunque los valores de *E. coli* cumplen la normativa, la influencia de lavaderos, aguas residuales y extracciones en los tres puntos confirma que existe una presión latente que debe monitorearse de forma conjunta con los coliformes termotolerantes para evitar una subestimación del riesgo sanitario.

Los resultados obtenidos en el tramo urbano del río Huallaga evidencian un deterioro progresivo de la calidad del agua desde RHual 1 hasta RHual 3, en estrecha relación con las actividades antrópicas identificadas en campo y los vertimientos registrados en el sistema RUPAP. Aunque la mayoría de los parámetros permanecieron dentro de los límites del ECA Agua, se reportaron superaciones puntuales y críticas en sólidos suspendidos totales (117 mg/L en RHual 2-R3), demanda química de oxígeno (12.1 mg/L en RHual 3-R3), fósforo total (0.69 mg/L en RHual 3-R2) y aluminio (5.67 mg/L en RHual 2-R3). Estas excedencias reflejan la influencia combinada de descargas domésticas, lavaderos informales y zonas de extracción autorizadas y no autorizadas, generando efectos acumulativos hacia aguas abajo. En RHual 1, con menor intervención, los aportes se asociaron principalmente a vertimientos domésticos; en RHual 2, la coincidencia de vertimientos de mayor volumen como Ch. FONAVI 1 (19 L/s) y Circunvalación – Huánuco (12 L/s), junto con lavaderos y descargas institucionales, explicó los picos de SST y aluminio; mientras que en RHual 3, próximo a la PTAR San Andrés, la acumulación de descargas previas y los aportes locales derivaron en los valores más altos de DQO, fósforo y metales. Este comportamiento concuerda con lo planteado por Guerrero Padilla y Cabrera Carranza (2021), quienes atribuyen el incremento de SST y DQO a la escorrentía urbana y a los vertimientos sin tratamiento; y con lo evidenciado por Ortega Quispe et al.

(2025), quienes señalan que la ausencia de sistemas adecuados de tratamiento y la presencia de actividades extractivas aumentan la carga contaminante. De igual modo, investigaciones como las de Custodio et al. (2024) y Villanueva et al. (2023) advierten que la persistencia de nutrientes y metales, aun en concentraciones puntuales, puede desencadenar impactos acumulativos sobre la biota acuática. En conjunto, la evolución de los parámetros en los tres puntos confirma que los impactos no son aislados, sino resultado de presiones antrópicas acumulativas que requieren medidas de control más estrictas y un monitoreo permanente para garantizar la sostenibilidad del recurso hídrico en el tramo urbano del río Huallaga.

En RHual 1, los parámetros fisicoquímicos como la temperatura (18.3–20.8 °C), el pH (7.7–8.6) y la conductividad (416–447 $\mu\text{S}/\text{cm}$) se mantienen dentro de los rangos permitidos. Sin embargo, los sólidos suspendidos (hasta 54 mg/L) y el hierro (2.51 mg/L) superan con creces los límites establecidos por el ECA (25 mg/L para SST y 1 mg/L para Fe). Esto refleja alteraciones que están asociadas a descargas de aguas residuales y áreas de extracción no autorizadas, las cuales aumentan la carga de sólidos y metales en esta sección del río. En RHual 2, las alteraciones son aún más evidentes, con sólidos suspendidos que alcanzan los 117 mg/L, fósforo total de 0.69 mg/L y coliformes termotolerantes que llegan hasta 130 NMP/100 mL, superando los límites de 25 mg/L para SST, 0.1 mg/L para fósforo total y 100 NMP/100 mL para coliformes. Además, se registran concentraciones críticas de aluminio (5.67 mg/L) y hierro (9.60 mg/L), que exceden varias veces los valores de referencia (0.2 mg/L y 1 mg/L, respectivamente) del estándar de calidad ambiental. Estos aumentos están directamente relacionados con la presencia de lavaderos informales, descargas domésticas y zonas de extracción, tanto autorizadas como no autorizadas, que se han identificado en el tramo, confirmando así el papel de RHual 2 como un punto de presión antrópica significativa dentro del sistema fluvial.

Finalmente, en RHual 3 se registraron los parámetros más críticos, con sólidos suspendidos (48 mg/L), DQO (12.1 mg/L), nitritos (3.170 mg/L), aluminio (2.0 mg/L), hierro (3.29 mg/L) y arsénico (0.011 mg/L). Estos resultados reflejan no solo los aportes locales de la PTAR San Andrés y descargas puntuales cercanas, sino también la acumulación progresiva de contaminantes provenientes de los tramos superiores. En este sentido, Ortega Quispe et al. (2025) y Calderón et al. (2023) destacan que los tramos bajos de los ríos funcionan como receptores naturales de contaminantes, intensificando los efectos acumulativos. Asimismo, Encarnación y Valle (2024) evidenciaron en la zona de colpa baja, donde se ubica RHual 3, que los valores de DQO y nitritos superaban lo esperado, confirmando la incidencia

de contaminación orgánica y nitrogenada en este sector. De manera complementaria, Villanueva et al. (2023) advierten que la persistencia de nutrientes y metales en ríos urbanos incrementa el riesgo de impactos crónicos sobre la biota acuática, lo que refuerza la necesidad de monitoreo constante en este punto crítico del río Huallaga.

En conjunto, la calidad del agua en los tres puntos evaluados presenta incumplimientos con respecto a los estándares nacionales, principalmente en sólidos suspendidos, DQO, fósforo y metales como aluminio, hierro, manganeso y plomo. Esto confirma que las actividades humanas identificadas en la cartografía aguas residuales, lavaderos y extracciones ejercen una presión directa y sostenida sobre el río Huallaga, comprometiendo su uso para riego, bebida de animales y conservación de la vida acuática. Este patrón coincide con lo señalado por Guerrero Padilla y Cabrera Carranza (2021), quienes destacan que los vertimientos urbanos generan efectos acumulativos difíciles de revertir; se complementa con lo expuesto por Encarnación y Valle (2024), quienes identificaron la persistencia de nutrientes y compuestos nitrogenados en sectores críticos del río; y se refuerza con lo planteado por Villanueva et al. (2023), quienes advierten que la acumulación de metales pesados en tramos urbanos incrementa los riesgos crónicos para la biota acuática.

4.3. Determinación de los índices de calidad ambiental del río Huallaga en la ciudad de Huánuco, 2020– 2024.

Para evaluar la calidad ambiental del agua en el río Huallaga, se utilizó el Índice de Calidad del Agua Peruano (ICA-PE), siguiendo la metodología oficial que establece la Autoridad Nacional del Agua (ANA). El cálculo del índice se llevó a cabo considerando los factores F1 (alcance), F2 (frecuencia) y F3 (amplitud), basándose en los valores promedio anuales de los parámetros fisicoquímicos, biológicos y microbiológicos obtenidos en las diferentes rondas de muestreo. Esta evaluación permitió integrar de manera cuantitativa la información de diversas variables, lo que facilitó la identificación de áreas con buena o mala calidad del agua y posibles zonas de riesgo. Además, se tomaron en cuenta las categorías de uso definidas en el ECA-Agua, incluyendo la Categoría 3 (subcategorías D1: riego de vegetales y D2: bebida de animales) y la Categoría 4 (subcategoría E2: conservación del ambiente acuático en ríos de sierra), de acuerdo con los usos potenciales del recurso hídrico en el tramo urbano del río Huallaga. Esto permitió una evaluación completa del estado del agua y su idoneidad para diferentes propósitos.

Tabla 16. Valores ICA-PE respecto a las Categorías 3 y 4 del ECA.

Año	ICA-PE		
	Categoría 3		Categoría 4
	D1: Riego de vegetales	D2: Bebida de animales	E2: Ríos Costa Sierra
2020	89.99	94.34	93.08
2021	86.41	91.29	93.37
2022	90.91	94.23	86.80
2023	96.62	97.83	95.93
2024	99.58	99.58	86.15

En la Tabla 17 se presentan los valores del Índice de Calidad del Agua Peruano (ICA-PE) para las categorías D1, D2 y E2, abarcando el periodo de 2020 a 2024. En la categoría D1, que se refiere al riego de vegetales, se notó una tendencia positiva, comenzando con un valor de 89.99 en 2020 y alcanzando 99.59 en 2024. Esto indica una mejora constante en la calidad del agua para uso agrícola. De manera similar, en la categoría D2, que se refiere a la bebida de animales, los valores aumentaron de 94.34 a 99.58 en el mismo lapso, lo que sugiere condiciones favorables para el consumo animal. Por otro lado, en la categoría E2, que abarca los ríos, se observó una ligera variabilidad: comenzó en 93.08 en 2020, subió a 95.93 en 2023, pero cayó a 86.15 en 2024. Esto podría indicar un impacto puntual en la calidad del agua destinada a la conservación de los ecosistemas acuáticos. En resumen, los resultados muestran mejoras significativas en la calidad del agua para las categorías D1 y D2, mientras que la categoría E2 experimenta una leve disminución en el último año analizado, posiblemente relacionada con presiones humanas o cambios estacionales en la carga de contaminantes. Esto resalta la importancia de un monitoreo continuo para asegurar la sostenibilidad de nuestros recursos hídricos.

La evolución del ICA-PE entre 2020 y 2024 evidencia un comportamiento diferenciado entre los usos productivos (categorías D1 y D2) y la calidad ecológica (E2). En riego de vegetales (D1) y bebida de animales (D2), los valores muestran una mejora sostenida hasta alcanzar en 2024 puntajes casi máximos (99.59 y 99.58), lo cual se explica por la estabilidad de parámetros como SAAM (0.050 mg/L), aceites y grasas (0.4 mg/L < 5 mg/L), cloruros (11–16 mg/L), fluoruros (0.04–0.09 mg/L), nitratos (≤ 2 mg/L) y E. coli (1.8 NMP/100 mL), todos dentro del rango normado. En contraste, la categoría E2 desciende en 2024 (86.15), penalizada por superaciones puntuales: SST = 117 mg/L en RHual 2-R3, DQO = 12.1 mg/L en RHual 3-R3, fósforo total = 0.69 mg/L en RHual 3-R2, aluminio = 5.67 mg/L en RHual 2-R3, además de registros de oxígeno disuelto cercanos al límite (4.18–4.25 mg/L), temperatura

máxima en RHual 3 y dos valores de pH sobre el umbral de E2. El patrón espacial respalda esta caída: en RHual 1, aunque no hay lavaderos, los vertimientos menores y extracciones no autorizadas generan aportes bajos de metales; en RHual 2, la convergencia de lavaderos informales, zonas de extracción y RUPAP de mayor caudal (Ch. FONAVI-1 con 19 L/s, Circunvalación–Huánuco con 12 L/s, Los Pinos con 10 L/s, Huayopampa con 8 L/s) explica los picos de SST, aluminio; finalmente, en RHual 3 la acumulación aguas abajo, sumada a descargas cercanas a la PTAR San Andrés, se asocia a los máximos de DQO, fósforo y metales como Fe y As, comprometiendo la integridad ecológica.

Este desacople entre usos productivos y calidad ecosistémica coincide con lo señalado por Villanueva Alvarado et al. (2023), quienes evidencian que la depuración natural sostiene ciertos usos agrícolas, pero los impactos puntuales deterioran primero la biota y el índice ecológico. De igual forma, Condori Huamán y Córdova Huamán (2024) destacan que la presión antrópica afecta de manera diferencial los usos del agua, comprometiendo antes la categoría ecológica que las agrícolas o pecuarias. Asimismo, Oré et al. (2022) resaltan el rol de la estacionalidad y las fuentes difusas en la variabilidad de la calidad del agua, mientras que Custodio et al. (2024) enfatizan la incidencia de los parámetros microbiológicos en la determinación del ICA. En esa línea, Nyagongo et al. (2024) confirman que el ICA-PE capta estas variaciones cuando se integran picos fisicoquímicos y biológicos, reforzando la necesidad de una gestión focalizada en los RUPAP de mayor descarga y en las actividades ribereñas críticas para revertir la tendencia negativa en E2 sin perder los avances logrados en D1 y D2.

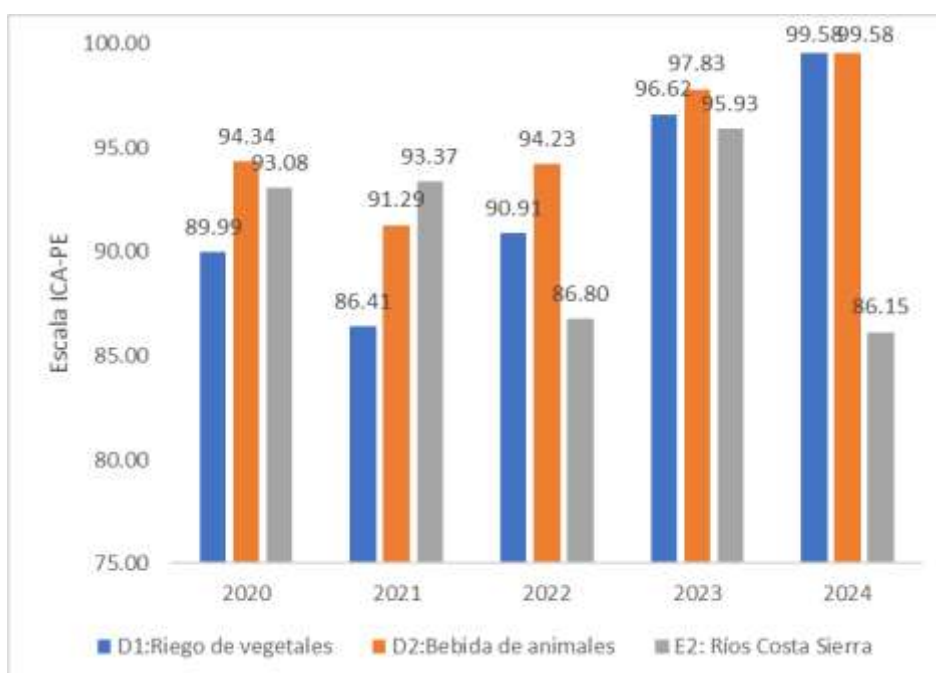


Figura 44. Valores ICA-PE del 2022-2024 según Categorías 3 y 4.

La Figura 44 muestra los valores del Índice de Calidad del Agua Peruano (ICA-PE) para las categorías D1 (Riego de vegetales), D2 (Bebida de animales) y E2 (Ríos – Costa Sierra), durante los años 2022, 2023 y 2024. En la categoría D1, se observa una mejora sostenida del índice, pasando de 90.91 en 2022 a 97.83 en 2023 y alcanzando 99.59 en 2024. Para la categoría D2, también se evidencia un incremento progresivo: de 94.23 en 2022 a 96.62 en 2023 y 99.58 en 2024. En cambio, la categoría E2 muestra un comportamiento distinto: si bien en 2022 alcanzó 86.80 y mejoró a 95.93 en 2023, en 2024 se registró una disminución a 86.15.

Tabla 17. Calificación cualitativa de valores ICA-PE obtenidos del 2020-2024.

AÑO	ICA-PE		
	CATEGORIA 3		CATEGORIA 4
	D1: Riego de vegetales	D2: Bebida de animales	E2: Ríos Costa Sierra
2020	Bueno	Excelente	Excelente
2021	Bueno	Excelente	Excelente
2022	Excelente	Excelente	Bueno
2023	Excelente	Excelente	Excelente
2024	Excelente	Excelente	Bueno

La Tabla 17 presenta la calificación cualitativa del ICA-PE para los años 2020 al 2024, según las categorías de uso establecidas en el ECA-Agua. Para la categoría D1 (Riego de vegetales), la calidad del agua fue “Bueno” en 2020 y 2021, alcanzando “Excelente” en 2022, 2023 y 2024, reflejando una mejora sostenida en la aptitud del agua para usos agrícolas. En la categoría D2 (Bebida de animales), todos los años evaluados mantuvieron la calificación de “Excelente”, evidenciando condiciones óptimas para el consumo animal. En contraste, la categoría E2 (Ríos – Costa Sierra) presentó calidad “Excelente” en 2020, 2021 y 2023, mientras que en 2022 y 2024 descendió a “Bueno”, indicando fluctuaciones puntuales que afectaron temporalmente la calidad ambiental del río. Estos resultados resaltan la importancia de un monitoreo continuo para mantener la calidad del recurso hídrico en todos los tramos y usos evaluados, y sugieren la necesidad de implementar medidas preventivas que eviten futuras disminuciones en los niveles de calidad del agua.

La evaluación cualitativa del ICA-PE muestra una tendencia favorable en las categorías asociadas a usos productivos (D1 y D2), especialmente en D2, donde se mantuvo una calidad “Excelente” de forma constante. Este comportamiento coincide con lo señalado por Villanueva Alvarado et al. (2023), quienes destacan que en zonas con menor presión urbana las

condiciones sanitarias se conservan adecuadas para el consumo animal. En la categoría D1, la calificación “Bueno” en 2020 y 2021 puede atribuirse a fluctuaciones estacionales y aportes difusos de sólidos y materia orgánica, lo cual concuerda con lo reportado por Oré et al. (2022) en contextos andinos, donde la variabilidad temporal condiciona la calidad de agua para riego.

En cuanto a la categoría E2, la variabilidad que se observó con descensos a “Bueno” en 2022 y 2024 está relacionada con la sensibilidad ecológica ante contaminantes persistentes y descargas puntuales. Esto coincide con lo que mencionan Condori Huamán y Córdova Huamán (2024), quienes señalan que la integridad ecológica tiende a verse afectada antes que los usos productivos, incluso cuando los parámetros convencionales se mantienen dentro de los límites. Además, Custodio et al. (2024) argumentan que para una evaluación ecológica efectiva es fundamental integrar indicadores microbiológicos y fisicoquímicos que sean altamente sensibles para detectar cambios bruscos. Por otro lado, García Ávila et al. (2022) enfatizan la necesidad de implementar programas de control y protección diferenciados según el uso del agua, mientras que la OMS (2024) sugiere fortalecer el monitoreo constante para anticipar desviaciones temporales y mantener la calidad del recurso a lo largo del tiempo. En resumen, todas estas consideraciones resaltan la importancia de combinar enfoques preventivos, correctivos y de seguimiento continuo para asegurar la conservación a largo plazo de nuestros ecosistemas acuáticos.

Tabla 18. Análisis de varianza (ICA-PE)

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F	p-values significatio n codes
Modelo	2.000	49.242	24.621	1.279	0.314	°
Error	12.000	231.035	19.253			
Total corregido	14.000	280.277				

Calculado contra el modelo $Y=Media(Y)$

*Signification codes: 0 < *** < 0.001 < ** < 0.01 < * < 0.05 < . < 0.1 < ° < 1*

La Tabla 18 muestra los resultados del análisis de varianza (ANOVA) que se aplicó a los valores del Índice de Calidad del Agua Peruano (ICA-PE). El objetivo de este análisis fue determinar si hay diferencias significativas entre los grupos evaluados. El modelo obtuvo un valor F de 1.279 y un valor de probabilidad (p-value) de 0.314. Dado que este p-value es mayor que el nivel de significancia de 0.05, podemos concluir que no hay una diferencia estadísticamente significativa entre los grupos analizados. Esto sugiere que las variaciones

observadas podrían ser simplemente el resultado del azar o de la variabilidad natural del sistema. La suma total de cuadrados fue de 280.277, que se distribuyó entre el modelo (49.242) y el error (231.035), con 2 y 12 grados de libertad, respectivamente. Esto nos permite evaluar cuánto de la variabilidad se puede explicar por el modelo en comparación con la debida al error experimental. Estos resultados indican que la calidad del agua del río Huallaga se mantiene bastante homogénea entre las diferentes categorías y años evaluados, lo que respalda la consistencia de las tendencias observadas en los índices de calidad.

El resultado del ANOVA indica que no existen diferencias significativas ($p > 0.05$) entre los promedios del ICA-PE evaluados, lo cual sugiere que las condiciones de calidad del agua del río Huallaga, en términos del índice, se mantuvieron relativamente estables entre las diferentes categorías o periodos considerados. Esta estabilidad concuerda con lo planteado por Villanueva Alvarado et al. (2023), quienes reportaron que en tramos urbanos con control parcial de vertimientos, los valores del ICA suelen mantenerse dentro de rangos constantes. De igual manera, Oré et al. (2022) señalan que los cuerpos hídricos con descargas puntuales y sostenidas tienden a presentar índices similares entre campañas de monitoreo, salvo en parámetros muy específicos. Sin embargo, este hallazgo no descarta la existencia de fluctuaciones relevantes en variables particulares, tal como lo destacan Custodio et al. (2024), al advertir que la estabilidad global del índice puede ocultar superaciones puntuales en metales o bacterias. En esa misma línea, García Ávila et al. (2022) recomiendan complementar el ANOVA con análisis multivariantes, como el ACP, para detectar patrones que no son visibles en la comparación de medias.

Tabla 19. Categoría Tukey (HSD) Análisis de las diferencias entre las categorías con un intervalo de confianza de 95% (ICA-PE)

Contraste	Diferencia	Significativo	Límite inferior (95%)	Límite superior (95%)	Límite inferior (95%)	Límite superior (95%)
E2 vs D2	-4.391	No	11.794	3.013		
E2 vs D1	-1.636	No	-9.040	5.768		
D1 vs D2	-2.755	No	10.158	4.649		

Nota: E2: Ríos; D1: Riego de vegetales; D2: Bebida de animales

La Tabla 19 presenta los resultados de la prueba de comparaciones múltiples de Tukey HSD aplicada a las categorías del ICA-PE entre los años 2020 y 2024, con el fin de detectar posibles diferencias significativas entre los grupos. Las comparaciones entre D1 (Riego

de vegetales), D2 (Bebida de animales) y E2 (Ríos) no mostraron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$), lo que sugiere que las variaciones observadas entre las categorías pueden considerarse parte de la variabilidad natural del sistema. La mayor diferencia se registró entre E2 y D2 (-4.391), seguida de D1 frente a D2 (-2.755) y E2 frente a D1 (-1.636). Además, en todos los casos, los intervalos de confianza del 95% incluyeron el valor cero, lo que confirma la falta de significancia estadística y respalda la estabilidad relativa de la calidad del agua en los diferentes usos evaluados durante el periodo analizado. Estos resultados refuerzan la conclusión de que, entre 2020 y 2024, la calidad del agua del río Huallaga se mantuvo homogénea y sin diferencias notables entre las categorías de uso consideradas.

Los resultados de la prueba de Tukey confirman que no existen diferencias significativas entre las categorías del ICA-PE evaluadas ($p > 0.05$), lo cual es coherente con el análisis de varianza previamente realizado ($p = 0.314$). Esta homogeneidad sugiere que la calidad del agua del río Huallaga en el tramo urbano de Huánuco ha sido relativamente uniforme en cuanto a su calificación general, independientemente del uso considerado. Este resultado es consistente con lo señalado por Villanueva Alvarado et al. (2023), quienes observaron que en tramos urbanos con descargas constantes los valores del ICA suelen mantenerse estables. De manera similar, Oré et al. (2022) argumentan que la persistencia de fuentes de presión puntuales tiende a crear una uniformidad en la evaluación general de la calidad. Sin embargo, Custodio et al. (2024) advierten que esta aparente homogeneidad puede enmascarar fluctuaciones en parámetros críticos que son relevantes para la ecología. Por lo tanto, ambos estudios subrayan la necesidad de complementar los índices generales con monitoreos específicos de alta sensibilidad, para poder detectar cambios tempranos que podrían poner en riesgo la integridad del ecosistema acuático.

La evaluación integral de la calidad del agua del río Huallaga evidenció una relación directa entre los parámetros excedidos y las actividades antrópicas registradas en los puntos de muestreo y en los vertimientos documentados por el RUPAP. En RHual 1, los vertimientos domésticos y extracciones no autorizadas se reflejaron en superaciones de fluoruros y coliformes termotolerantes, lo cual concuerda con lo descrito por Aguilar (2023) respecto al impacto de descargas residuales en zonas de cabecera urbana. En RHual 2, donde convergen lavaderos informales, descargas institucionales y extracciones de diverso tipo, se registraron las concentraciones más críticas de fósforo total, hierro y plomo, en línea con lo señalado por Condori Huamán y Córdova Huamán (2024) sobre la vulnerabilidad de los tramos urbanos sometidos a múltiples presiones. Los registros del RUPAP refuerzan esta condición, al

reportar vertimientos con caudales entre 6 y 19 L/s en sectores como Pillco Marca y el Estadio León de Huánuco. En RHual 3, aunque la presión antrópica fue menor, se detectaron aportes difusos de coliformes y metales vinculados a urbanizaciones como Los Pinos y Huayopampa, lo que confirma lo expuesto por Encarnación y Valle (2024) acerca de los impactos persistentes en tramos aguas abajo.

Al comparar los resultados con los ECA-Agua, se observó que las superaciones fueron puntuales y se concentraron en parámetros sensibles como plomo, fósforo total, fluoruros y bacteriológicos. Por otro lado, la mayoría de los parámetros fisicoquímicos (como el pH, oxígeno disuelto, SST, entre otros) se mantuvieron dentro de los límites establecidos. Esta dinámica explica por qué la categoría D1 fue calificada como “Bueno” en 2020 y 2021, y luego alcanzó la calificación de “Excelente” en 2022, 2023 y 2024. En cuanto a D2, se mantuvo en un nivel “Excelente” durante todo el periodo, lo que demuestra una mayor estabilidad en su uso. En contraste, la categoría E2 bajó a “Bueno” en 2022 y 2024 debido a episodios de mayor contaminación en RHual 2 y RHual 3, a pesar de haber mantenido la calificación de “Excelente” en 2020, 2021 y 2023. Estos resultados reflejan cómo las variaciones puntuales en parámetros críticos pueden influir en la evaluación ecológica, subrayando la importancia de un monitoreo continuo para anticipar y mitigar los impactos sobre la calidad del agua.

Estos hallazgos están en línea con lo que mencionan García Ávila et al. (2022), quienes subrayan que los índices globales pueden mantenerse en niveles aceptables, incluso en áreas urbanas donde hay presiones humanas, aunque esto conlleva riesgos de deterioro en ciertos parámetros. Además, la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2024) sugiere que se debe reforzar la vigilancia de indicadores microbiológicos y metales al monitorear la calidad del agua. En la misma línea, la Autoridad Nacional del Agua (ANA, 2018) destaca la importancia de fortalecer los programas de control de vertimientos y de establecer estrategias de gestión diferenciadas para asegurar la sostenibilidad del recurso hídrico en zonas urbanas. En conjunto, los resultados muestran que, aunque la calidad del agua del río Huallaga cumple en su mayoría con los estándares generales, la presión humana sigue siendo un desafío constante que exige medidas más rigurosas de regulación y control, así como la implementación de estrategias preventivas y correctivas que aseguren la conservación del ecosistema acuático a largo plazo.

V. CONCLUSIONES

Se determinó que la influencia de la actividad humana sobre la calidad del agua del río Huallaga en el tramo urbano de Huánuco durante el periodo 2020–2024 fue negativa, debido a la presencia de múltiples actividades antrópicas que ejercieron presión directa sobre el recurso, tales como vertimientos domésticos sin tratamiento, uso recreativo de las riberas, lavaderos informales de vehículos, extracción de materiales del cauce y descargas registradas y no registradas en el RUPAP.

La identificación de actividades humanas por punto de muestreo evidenció que en RHual 1 las presiones provinieron principalmente de vertimientos domésticos y extracciones no autorizadas de menor intensidad debido a su menor población; en RHual 2 se concentraron descargas institucionales, lavaderos informales y extracciones tanto autorizadas como no autorizadas, convirtiéndose en el tramo más crítico, ya que es una zona de mayor urbanización; y en RHual 3, aunque de media intensidad, se confirmaron descargas puntuales y vertimientos urbanos asociados a usuarios registrados en el RUPAP.

Al comparar los resultados de los parámetros fisicoquímicos y biológicos con los ECA-Agua, se concluyó que la mayoría se mantuvo dentro de los límites permisibles; sin embargo, se registraron excedencias puntuales en parámetros críticos como plomo (0.0578 mg/L en RHual 1), hierro, fósforo total, fluoruros, lo que demuestra una presión antrópica moderada pero constante sobre el recurso hídrico.

La evaluación del ICA-PE evidenció una calidad de “bueno” y “excelente” en las categorías D1 (riego de vegetales) y D2 (bebida de animales) de “excelente” de los años evaluados (2020–2024). Sin embargo, en la categoría E2 (conservación en ríos de sierra) la calidad descendió a “bueno” en 2022 y 2024, lo cual se relaciona con los episodios de mayor concentración de contaminantes microbiológicos y metálicos en RHual 2 y RHual 3.

El tramo urbano del río Huallaga mantiene una calidad general aceptable para usos poblacionales y agrícolas, pero con riesgos localizados y acumulativos que requieren la implementación urgente de medidas de gestión ambiental. Es indispensable fortalecer el tratamiento de aguas residuales, fiscalizar los vertimientos ilegales, optimizar el control de los usuarios que se encuentran dentro del RUPAP y establecer planes de monitoreo permanente para garantizar la sostenibilidad del recurso hídrico en la ciudad de Huánuco.

VI. PROPUESTA A FURURO

Controlar y fiscalizar los vertimientos no autorizados, especialmente los domiciliarios, industriales y de lavaderos informales.

Ampliar y modernizar la PTAR San Andrés e implementar sistemas descentralizados en zonas sin alcantarillado.

Restaurar la franja ribereña mediante reforestación con especies nativas para proteger térmica y ecológicamente el cauce.

Eliminar la extracción informal de material del cauce y reubicar las zonas de acarreo dentro de zonas autorizadas

Monitorear individualmente parámetros críticos, como coliformes, fósforo total, DBO5, metales pesados y aceites.

Incluir indicadores complementarios, como el Índice de Contaminación Fecal (ICF) o el Índice Trófico (ITS), para evaluar riesgo ecológico real.

Promover educación ambiental comunitaria, enfocada en la reducción de vertimientos y el uso responsable del río.

Involucrar a la población en vigilancia ambiental participativa, mediante redes vecinales o comités de monitoreo.

Fortalecer la normativa local y el cumplimiento del ECA-Agua, articulando acciones entre ANA, gobiernos locales y EPS.

Fomentar la continuidad de investigaciones técnicas, tesis y proyectos de seguimiento del ICA-PE en la región Huánuco.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, K. D. C. (2023). *La descarga de aguas servidas y su alteración de la calidad de agua de la fuente hídrica del río Huallaga*. Tesis de maestría, Universidad Nacional Hermilio Valdizán.
- Arias, F. G. (2012). *El proyecto de investigación: Introducción a la metodología científica* (6.^a ed.). Editorial Episteme
- Autoridad Nacional del Agua. (2018). *Metodología para la determinación del Índice de Calidad de Agua ICA-PE aplicado a los cuerpos de agua continentales superficiales*. ANA.
- Bonacina L, Fasano F, Mezzanotte V, Fornaroli R. (2022). Efectos de la temperatura del agua en los macroinvertebrados de agua dulce: una revisión sistemática. *Biological Reviews*. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36173002/>
- Brown, P. H., Zhao, F. J., & Dobermann, A. (2022). *¿Qué es un nutriente vegetal? Cambiando las definiciones para impulsar la ciencia y la innovación en nutrición vegetal*. *Plantas y suelo*, 476(1-2), 11-23. <https://doi.org/10.1007/s11104-021-05171-w>
- Cerna Cueva, A., Villacorta, F., & Ríos, L. (2022). Calidad de agua para riego en la cuenca Huallaga, Perú. *Scientia Agropecuaria*, 13(3), 239–250. https://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2077-99172022000300239
- Chapra, Camacho y McBride (2021). Impacto del calentamiento global en el oxígeno disuelto y la DBO en sistemas acuáticos. *Agua*, 13(17), 2408. <https://doi.org/10.3390/w13172408>
- Chen, P. et al. (2021). Determinación de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) utilizando sensores voltamétricos modificados con nanopartículas y principios de lengua electrónica. *Chemistry proceedings* 5(1), 81. <https://doi.org/10.3390/CSAC2021-10442>
- Condori Huamán, R., & Córdova Huamán, J. (2024). Evaluación de parámetros fisicoquímicos para determinar la calidad de agua del río San Juan de Pillo, Acraquia-Tayacaja, Huancavelica (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo, Huancavelica, Perú.
- Congreso del Perú. (15 de octubre de 2005). *Ley N° 28611, que establece la Ley General del Ambiente*. *Diario Oficial El Peruano*. 33(168).

<https://sinia.minam.gob.pe/sites/default/files/sinia/archivos/public/docs/ley-general-del-ambiente.pdf>

- Custodio, M., Quispe, J., Huamán, A., & Valdivia, R. (2024). Potential ecological risk from heavy metals in surface sediment of lotic systems in central region Peru. *Frontiers in Water*, 6, 1295712. <https://doi.org/10.3389/frwa.2023.1295712>
- Durán-Vian, F. (2021). *Ríos y ciudades: delimitación y análisis del espacio fluvial en contextos urbanos* (Tesis doctoral). Universidad de Navarra. <https://dadun.unav.edu/bitstreams/ecea37d6-d2b7-4f2a-a0c3-32aedf19b79b>
- Díaz, C., & Escárcega, S. (2007). *Medio ambiente y desarrollo sustentable*. Editorial Trillas.
- Encarnación Bustillos, J. & Valle Samaniego, R. (2024). Evaluación de la calidad del agua del río Huallaga mediante análisis fisicoquímico y microbiológico para riego agrícola en el centro poblado Colpa Baja, Huánuco [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión]. <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/4408>
- Environmental and Resource Protection Law. (2023). Panorama de la Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental. *Environmental and Resource Protection Law* (pp. 99-108). https://doi.org/10.1007/978-981-99-4448-4_5
- Etch2o. (2023). *Qué es el Nitrógeno Total en las Aguas Residuales*. <https://wastewaterhub.com/what-is-total-nitrogen-in-wastewater/>
- García Ávila, F., Jiménez Ordóñez, M., Torres Sánchez, J., Iglesias Abad, S., Cabello Torres, R., & Zhindón Arévalo, C. (2022). Evaluation of the impact of anthropogenic activities on surface water quality using a water quality index and environmental assessment. *Revista ECUATORIANA DE CIENCIAS AMBIENTALES*, anexo. Institucional. <https://hdl.handle.net/20.500.13080/9396>
- Gobierno del Perú. Ministerio del Ambiente. (2017). *Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM: Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen disposiciones complementarias*. Diario Oficial *El Peruano*, 7 de junio de 2017. <https://www.gob.pe/institucion/minam/normas-legales/175963-004-2017-minam>
- Gobierno Regional de Huánuco. (2016). *Plan de desarrollo regional concertado de Huánuco 2016–2021*. GOREHCO
- Dirección de Recursos Hídricos del Gobierno de Tucumán. (2020). *Informe sobre la calidad del agua en la provincia de Tucumán*. Gobierno de Tucumán.

- Fonseca, J., & Martel, C. (2012). *Metodología de la investigación*. Editorial Trillas
- Gonzales, J., Castañeda, M., & Rojas, P. (2022). Evaluación de la calidad del agua en ríos impactados por vertimientos domésticos en la región andina del Perú. *Revista Peruana de Ciencias Ambientales*, 8(2), 45–59.
- Guerrero Padilla, A. M., & Cabrera Carranza, C. F. (2021). Calidad de agua de uso agrícola en la cuenca media del río Jequetepeque, Perú. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 12(5), 304–326. <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2021-05-02>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2010). *Metodología de la investigación* (5.ª ed.). McGraw-Hill
- Herrera, P. (2000). La categoría actividad. Un enfoque relacionado con la atención primaria. *Revista Scielo*. 16(2):198-203 <http://scielo.sld.cu/pdf/mgi/v16n2/mgi16200.pdf>
- Iruoghene et al. (2024). Impacto de la contaminación ambiental causada por las actividades humanas en el agua, la calidad del aire y el cambio climático. *Fronteras Ecológicas*, 44(5), 874–889. <https://doi.org/10.1016/j.ecofro.2024.02.014>
- Isiordia Pérez, E., & Isiordia-Cortez, A. (2024). Evaluación de parámetros fisicoquímicos en el cultivo de tilapia en jaulas flotantes. *Revista Ciencia y Tecnología*, 3(1), 22–30. <https://revistas.cimateuan.education/openjs/index.php/aprevista/article/view/144>
- Kumar, D., Singh, VK, Abed, SA et al. (2023). Pronóstico multipronóstico de conductividad eléctrica de aguas superficiales basado en algoritmos de aprendizaje automático. *Appl Water Sci* 13, 192 <https://doi.org/10.1007/s13201-023-02005-1>
- Liyan et al (2024). *Identifying the impact of global human activities expansion on natural habitats. Journal of Cleaner Production*, 434, 140247. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.140247>
- Mariño Tenio, B. R., Cavero Torres, J. J., & Cajavilca Lagos, W. O. (2024). Políticas públicas sobre la calidad del agua: una revisión sistemática. *Revista InveCom*. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14502130>
- Misman, N. A., et al. (2023). Contaminación del agua y la evaluación de la calidad del agua. *ScienceDirect* 294 (2023) 79–88 May <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1944398624010130>

- Muhammad Hakimi, Zadariana Jamil y Mohd Abdul (2023). Hacia una tecnología de monitoreo en línea de la calidad del agua superficial. *A review. Environmental Research*, 238, 117147. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.117147>
- Nyagongo, A. A., Ndibalema, V. G., & Lalika, M. C. S. (2024). Assessing the impact of human activities on the health condition of the Lukosi River catchment using selected physico chemical parameters as indicators of water quality. *Frontiers in Water*, 6, 1378849. <https://doi.org/10.3389/frwa.2024.1378849>
- Omega Perú. (2023). *Sólidos Suspendidos Totales (SST)*. OMEGA Perú. https://omegaperu.com.pe/solidos-suspendidos-totales-sst/?utm_source.com
- Omega Perú. (2022). *¿Qué es la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y cómo medirla?* OMEGA Perú. <https://omegaperu.com.pe/que-es-la-demanda-bioquimica-de-oxigeno-dbo-y-como-medirla/>
- Oré, F., Sánchez, R., & Chávez, M. (2022). Calidad ambiental del agua del río Bella y Supte Chico – Huánuco. *FitoVida*, 1(1), 42–51. <https://www.researchgate.net/publication/361382907>
- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. (2015). *Instrumentos Básicos para la fiscalización Ambiental*. <https://repositorio.oefa.gob.pe/server/api/core/bitstreams/30ea6090-5f1a-463a-8282-fa0cffa2c29f/content>
- Programa Mundial de las Naciones Unidas de Evaluación de los Recursos Hídricos /ONU-Agua. (2018). *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de Recursos Hídricos 2018: Soluciones basadas en la naturaleza para la gestión del agua*. París, UNESCO.
- Organización Mundial de la Salud. (2023). *Directrices de calidad del agua potable y gestión basada en riesgos*. Organización de las Naciones Unidas. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water#:~:text=El%20objetivo%20de%20este%20plan,en%20los%20establecimientos%20de%20salud.>
- Ortega Quispe, K., Porras, H., Quispe, R., & Valverde, D. (2025). Impact of domestic wastewater discharge on organic load and thermotolerant coliforms in the Ichu River, Central Highlands of Peru. *Peruvian Agricultural Research*, 7(1), 22–33.

<https://revistas.unjfsc.edu.pe/index.php/PeruvianAgriculturalResearch/article/view/967>

Pokharel, P., Neupane, S., Banjara, S., & Ghimire, P. (2023). La diversidad de patotipos de *Escherichia coli* y las estrategias de vacunación contra este versátil patógeno bacteriano. *Microorganisms*, 11(2), 344. <https://doi.org/10.3390/microorganisms11020344>

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2011). Folleto informativo. <https://www.ohchr.org/sites/default/files/Documents/Publications/FactSheet35sp.pdf>

Pompeyo Ferro, X., Farfán-Solís, R., Blanco-Shocosh, D., Ferró-Gonzáles, A. L., Ferro-Gonzales, P. F. (2023). Determinación de parámetros químicos inorgánicos en agua potable en distritos de la provincia de Puno, región Puno. *Heliyon*, 9(5), e15624. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e15624>

Real Academia Española. (2024). Agua. En *Diccionario de la lengua española (23.ª ed.)*. Asociación de Academias de la Lengua Española.

Richiardi, L. et al. (2023). ¿Son los microorganismos indicadores predictivos de patógenos en el agua de consumo? *Water – MDPI* 15(16), Artículo 2964. <https://www.mdpi.com/2073-4441/15/16/2964>

Saalidong, B. M., Aram, S. A., Otu, S., & Lartey, P. O. (2022). Examinar la dinámica de la relación entre el pH del agua y otros parámetros de calidad del agua en sistemas de aguas subterráneas y superficiales. *PLOS ONE*, 17(1), e0262117. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0262117>

Salazar, J. (2020). Evaluación del impacto de las aguas residuales sobre la calidad del agua del río Tarma en el periodo 2015-2019. [Tesis de pregrado. Universidad Continental]. Repositorio Institucional. https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/7893/3/IV_FIN_107_TE_Salazar_Huanuco_2020.pdf

Sánchez-Alcalde, L. A., Zambrano Monserrate, M. A., & González Guzmán, A. E. (2024). Medición de impactos socioeconómicos en estudios ambientales: Una aproximación metodológica. *Nósis. Revista De Ciencias Sociales Y Humanidades*, 33(65), 89–105. <https://doi.org/10.20983/noesis.2024.1.5>

- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI). (2020). *Informe climático anual 2020*. SENAMHI
- Ubalde Vargas, B. J. (2021). *Caracterización de las aguas residuales de la trampa* (Trabajo de pregrado) Universidad Tecnológica del Perú.
- Villanueva Alvarado, M., Muñoz López, H., & López Oré, R. (2023). Evaluación de la concentración de metales pesados en aguas superficiales del río Chacapalca para fines de riego. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 25(3), 1–12.
- Yuan, T., Vadde, K. K., Tonkin, J. D., Wang, J., Lu, J., Zhang, Z., Zhang, Y., McCarthy, A. J., & Sekar, R. (2019). La urbanización impacta en las características fisicoquímicas y en la abundancia de marcadores fecales y patógenos bacterianos en el agua superficial. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(10), 1739. <https://doi.org/10.3390/ijerph16101739>
- Zhou, T., Wu, J., Peng, S., & Deng, H. (2019). Proyecciones del cambio climático futuro en Singapur basadas en un enfoque de reducción de escala multivariable en múltiples sitios. *Water – MDPI* 11(11), 2300. <https://doi.org/10.3390/w11112300>

VIII. ANEXOS

8.1. Matriz, formatos y fichas de campo

Tabla 20. Matriz de consistencia

Matriz de consistencia							
Identificación del problema	Objetivos	Hipótesis	Variable	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición	Diseño metodológico
General	General	General	"X" Calidad de agua	Parámetros fisicoquímicos	<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura • SST • Conductividad eléctrica • pH • Oxígeno • Disuelto • DBO5, • DQO, • Nitrógeno total • Fosforo total • Metales totales • Detergente SAAM • Aceites y grasas • Aniones (cloruros, fluoruros, nitratos, nitritos y sulfatos) 	Intervalo	No experimental
¿De qué manera influye la actividad humana en la calidad del agua del río Huallaga en la ciudad de Huánuco, 2024?	Determinar la influencia de la actividad humana en la calidad del agua del Río Huallaga en la ciudad de Huánuco, 2024	La actividad humana influye negativamente en la calidad del agua del río Huallaga en la ciudad de Huánuco, 2024.		Parámetros microbiológicos	<ul style="list-style-type: none"> • Coliformes termotolerantes • Escherichia coli 		
			"Y" Actividades humanas	Contaminación del agua	Vertimiento de aguas residuales	Nominal	
					Vertimiento de aguas industriales		
				Residuos sólidos en las riberas del río			

Tabla 21. Técnicas e instrumento de medición.

FORMATO DE VERIFICACIÓN ANTES DE SALIR A CAMPO

N	Materiales	Cantidad	Fecha de visita					
			1	2	3	4	5	6
1	Botas	2			X	X	X	
2	Materiales de papelería	1	X	X	X	X	X	
3	Chaleco	1	X	X	X	X	X	
4	Agua destilada	4			X	X	X	
5	Comida	1			X	X	X	
6	Poncho de agua	1	X	X	X	X	X	
7	Ropa de cambio	1			X	X	X	
8	Repelente	1	X	X	X	X	X	
9	Bloqueador	1	X	X	X	X	X	
10	Lestes	1	X	X	X	X	X	
11	Mochila	1	X	X	X	X	X	
12	Papel higiénico	2	X	X	X	X	X	
13	Mapa de la ruta en campo	1	X	X	X	X	X	
14	Directorio personal	1	X	X	X	X	X	
15	Permiso	1	X	X	X	X	X	

Tabla 22. Formato De Verificación De Materiales Para Puntos De Muestreo.

N	Materiales	Cantidad	Fecha de visita					
			1	2	3	4	5	6
1	Mapa del lugar de estudio	1	X	X				
2	Croquis del lugar de muestreo	1	X	X				
3	Multiparámetro	1			X	X	X	
4	Ficha de registro de datos	2			X	X	X	
5	Guantes	16			X	X	X	
6	Mascarilla	16			X	X	X	
7	Gps	1	X	X	X	X	X	
8	Cadena de custodia	10			X	X	X	
9	Mapa de puntos propuestos	1			X	X	X	
10	Gorro	4	X	X	X	X	X	
11	Agua destilada	1			X	X	X	
12	Ropa adecuada	1	X	X	X	X	X	

Tabla 23. Formato de verificación de materiales para toma de muestras de campo.

N°	Materiales	Cantidad	Fecha de visita					
			1	2	3	4	5	6
1	Baldes	1			X	X	X	
2	Tollas de papel	1			X	X	X	
3	Cooler	2			X	X	X	
4	Preservantes	1			X	X	X	
5	Guantes	3			X	X	X	
6	Mascarilla	3			X	X	X	
7	Gps	1	X	X	X	X	X	
8	Cadena de custodia	9			X	X	X	
9	Frasco de vidrio y plásticos para las muestras	10			X	X	X	
10	Agua destilada	1			X	X	X	
11	Hielo	3			X	X	X	
12	Etiquetas adheribles	10			X	X	X	
13	Marcador indeleble	1			X	X	X	
14	Cinta adhesiva	1			X	X	X	
15	Lapicero	1	X	X	X	X	X	

Tabla 24.Formato de verificación de materiales de primeros auxilios.

N°	Materiales	Cantidad	Fecha de visita					
			1	2	3	4	5	6
1	Botiquín	1			X	X	X	
2	Alcohol	1			X	X	X	
3	Agua oxigenada	1			X	X	X	
4	Curitas	10			X	X	X	
5	Cremas	1			X	X	X	
6	Parches	6			X	X	X	
7	Analgésicos	2			X	X	X	

Tabla 25. Ficha de identificación de puntos de muestreo.

Universidad nacional agraria de la selva
Facultad de Recursos Naturales Renovables
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental

Nombre: Katerin Yelsi Vilca Benancio Ficha N: _____01

Fecha: Lugar: Huanuco Prov. De Huánuco Zona: 18 L

Nº	Este	Norte	Z	Muestra
1	366866	8886412	2007	RHual 1
2	363046	8900786	1906	RHual 2
3	367119	8906972	1859	RHual 3

Tabla 26. Ficha de toma de muestras.**FICHA DE TOMA DE MUESTRAS**

**Universidad nacional agraria de
la selva Facultad
Escuela**

Nombre: Katerin Yelsi Vilca Benancio

Ficha

N: 02

Fecha:

Lugar: Huánuco

Prov. De Huánuco

Zona: 18 L

N°	Este	Norte	Z	Muestra	Código
1	366866	8886412	2007	Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L)	RHual 1
	363046	8900786	1906		RHual 2
	367119	8906972	1859		RHual 3
2	366866	8886412	2007	Demanda Química de Oxígeno_COL (mg/L)	RHual 1
	363046	8900786	1906		RHual 2
	367119	8906972	1859		RHual 3
3	366866	8886412	2007	Nitrógeno Total (mg/L)	RHual 1
	363046	8900786	1906		RHual 2
	367119	8906972	1859		RHual 3
4	366866	8886412	2007	Aceites y Grasas (mg/L)	RHual 1
	363046	8900786	1906		RHual 2
	367119	8906972	1859		RHual 3
5	366866	8886412	2007	Cloruro (mg/L)	RHual 1
	363046	8900786	1906		RHual 2
	367119	8906972	1859		RHual 3
6	366866	8886412	2007	Fluoruro (mg/L)	RHual 1
	363046	8900786	1906		RHual 2
	367119	8906972	1859		RHual 3
7	366866	8886412	2007	Fósforo Total (mg/L)_APHA4500PFJ	RHual 1
	363046	8900786	1906		RHual 2
	367119	8906972	1859		RHual 3
8	366866	8886412	2007	Metales	RHual 1

	363046	8900786	1906	Totales_EPA200.8	RHual 2
	367119	8906972	1859		RHual 3
9	366866	8886412	2007	Nitrato (mg/L)	RHual 1
	363046	8900786	1906		RHual 2
	367119	8906972	1859		RHual 3
10	366866	8886412	2007	Nitrito (mg/L)	RHual 1
	363046	8900786	1906		RHual 2
	367119	8906972	1859		RHual 3
11	366866	8886412	2007	S.A.A.M.(Detergentes) (mg/L)_ISO16265	RHual 1
	363046	8900786	1906		RHual 2
	367119	8906972	1859		RHual 3
12	366866	8886412	2007	Sulfato (mg/L)	RHual 1
	363046	8900786	1906		RHual 2
	367119	8906972	1859		RHual 3
13	366866	8886412	2007	Numeración de Escherichia coli (EC- MUG) (NMP/100 mL)	RHual 1
	363046	8900786	1906		RHual 2
	367119	8906972	1859		RHual 3
14	366866	8886412	2007	Numeración de Coliformes fecales o termotolerantes (NMP/100 mL)	RHual 1
	363046	8900786	1906		RHual 2
	367119	8906972	1859		RHual 3
15	366866	8886412	2007	Sólidos Suspendidos Totales (SST)	RHual 1
	363046	8900786	1906		RHual 2
	367119	8906972	1859		RHual 3

8.2. Mapas

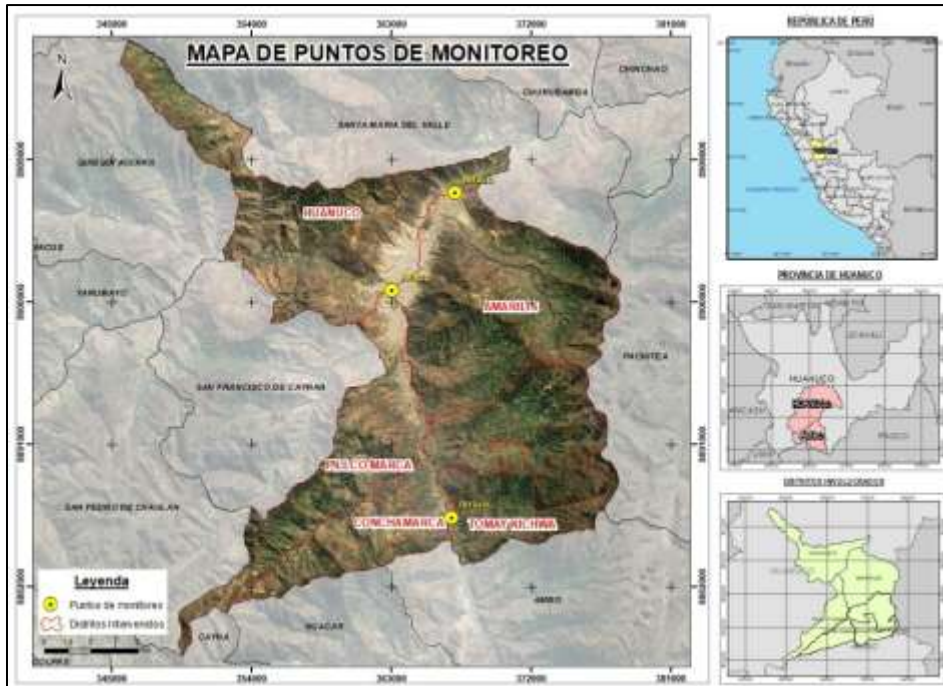


Figura 45. Mapa de ubicación de los puntos de monitoreo.



Figura 46. Mapa de ubicación de los puntos de contaminación en la zona de muestreo



Figura 49. Identificación del punto de monitoreo para la recolección de muestras.



Figura 50. Multiparámetro utilizado en el primer monitoreo de agosto del 2024.



Figura 51. Recolección demuestras primer monitoreo de agosto del 2024.



Figura 52. Medición de parámetros In situ del primer monitoreo de agosto del 2024.



Figura 53. Acondicionamiento de muestras del primer monitoreo de agosto del 2024 para envío al laboratorio.



Figura 54. Preservación de muestras primer monitoreo de agosto del 2024.



Figura 55. Recolección de muestras primer monitoreo de agosto del 2024.



Figura 56. Recolección de muestras primer monitoreo de agosto del 2024.



Figura 57. Recolección de muestras primer monitoreo de agosto del 2024.



Figura 58. Rotulación de muestras recolectadas del monitoreo de agosto del 2024.



Figura 59. Rotulación de los envases antes de recolectar las muestras.



Figura 60. Rotulación de envases para toma de muestras.



Figura 61. Punto de monitoreo RHual 1.

8.3.2. Segunda toma de muestras de agua - repetición N°2



Figura 62. Recolección de muestras segundo monitoreo del mes de septiembre del 2024.



Figura 63. Medición de parámetros In situ segundo monitoreo del mes de septiembre del 2024.



Figura 64. Medición de parámetros In situ segundo monitoreo del mes de septiembre del 2024.



Figura 65. Recolección de muestras segundo monitoreo Septiembre del 2024.



Figura 66. Recolección de muestras segundo monitoreo Septiembre del 2024.



Figura 67. Almacenamiento de muestras recolectadas.

SGS Laboratorio Oficial
 Calle 14 de Mayo 1040, Lima
 Teléfono: 476 1000

CADENA DE CUSTODIA PARA MONITOREO DE AGUA N° 300117

INFORMACIÓN GENERAL

Nombre del Cliente: Comunidad Agraria de San Juan de los Baños
 Dirección: Calle 14 de Mayo 1040, Lima
 Fecha de Emisión: 17/09/2014

DESCRIPCIÓN DE MUESTRAS

Nº	Descripción	Unidad	Fecha de Muestreo	Horario	Medio	Estado	Envío	Recepción	Almacenamiento	Transporte	Recepción	Almacenamiento
1	Agua	L	17/09/2014	15:00	Y	X	X	X	X	X	X	X
2	Agua	L	17/09/2014	15:00	S	X	X	X	X	X	X	X
3	Agua	L	17/09/2014	15:00	N	X	X	X	X	X	X	X

ANÁLISIS DE MUESTRAS

Analisis a realizar:
 - PH
 - Temperatura
 - Color
 - Oxígeno Disuelto
 - Cloro Libre
 - Cloro Total
 - Cloro Residual
 - Cloro Total
 - Cloro Residual

Nombre del Cliente: Katzen Yela S.A. Fecha: 17/09/2014 OK/MS
 Nombre del Empleado: [Firma] N° de Orden: 3 N° de Muestra: 3

Figura 68. Cadena de custodia para monitoreo de agua.



Figura 69. Acondicionamiento de muestras segundo monitoreo Septiembre del 2024 para envío al laboratorio.



Figura 70. Identificación del punto de muestreo para el segundo monitoreo en Setiembre del 2024.



Figura 71. Recolección de muestras segundo monitoreo Septiembre del 2024.



Figura 72. Recolección de muestras segundo monitoreo Septiembre del 2024.



Figura 73. Recolección de muestras segundo monitoreo Septiembre del 2024.



Figura 74. Medición de parámetros In situ segundo monitoreo Setiembre del 2024.

8.3.3. Tercera toma de muestras de agua – repetición N° 3



Figura 75. Identificación del punto de muestro para el tercer monitoreo Octubre del 2024.



Figura 76. Recolección de muestras tercer monitoreo Octubre del 2024.



Figura 77. Recolección de muestras tercer monitoreo Octubre del 2024.



Figura 78. Recolección de muestras tercer monitoreo Octubre del 2024.



Figura 79. Recolección de muestras tercer monitoreo Octubre del 2024.



Figura 80. Recolección de muestras tercer monitoreo Octubre del 2024.



Figura 81. Recolección de muestras tercer monitoreo Octubre del 2024.



Figura 82. Medición de parámetros In Situ tercer monitoreo 2024.

8.4. Panel fotográfico de actividades antrópicas

8.4.1. Vertimientos de agua residual



Figura 83. Punto de vertimiento no autorizado.



Figura 84. Punto de vertimiento no autorizado.



Figura 85. Punto de vertimiento.



Figura 86. Punto de vertimiento.



Figura 87. Punto de vertimiento.



Figura 88. Punto de vertimiento.



Figura 89. Punto de vertimiento.



Figura 90. Punto de vertimiento.



Figura 91. Punto de vertimiento.



Figura 92. Punto de vertimiento.



Figura 93. Punto de vertimiento.



Figura 94. Punto de vertimiento.

8.4.2. Lavadero de carros cercanos al río Huallaga



Figura 95. Lavadero cercano al punto de vertimiento RHual 2



Figura 96. Lavadero cercano al punto de vertimiento RHual 2



Figura 97. Lavadero cercano al punto de vertimiento RHual 2



Figura 98. Lavadero cercano al río Huallaga – puente Huallaga



Figura 99. Lavadero cercano al río Huallaga – puente Huallaga



Figura 100. Lavadero cercano al río Huallaga – puente Huallaga



Figura 101. Lavadero cercano al río Huallaga – puente Huallaga



Figura 102. Lavadero cercano al río Huallaga – puente Huallaga



Figura 103. Lavadero cercano al río Huallaga – puente Huallaga

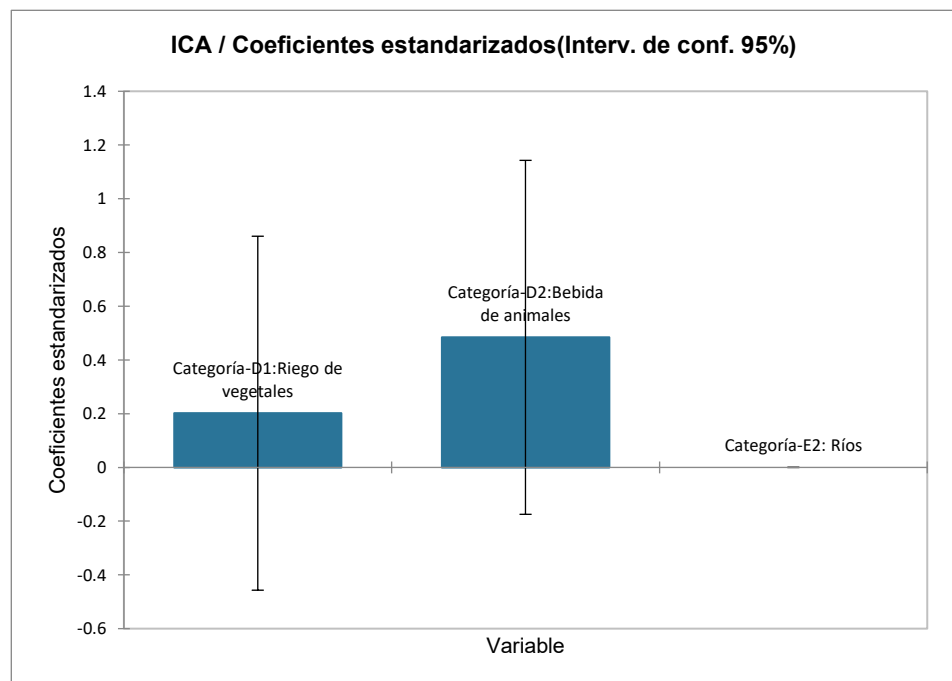


Figura 104. ICA / Coeficientes estandarizados (Interv. de conf. 95%)

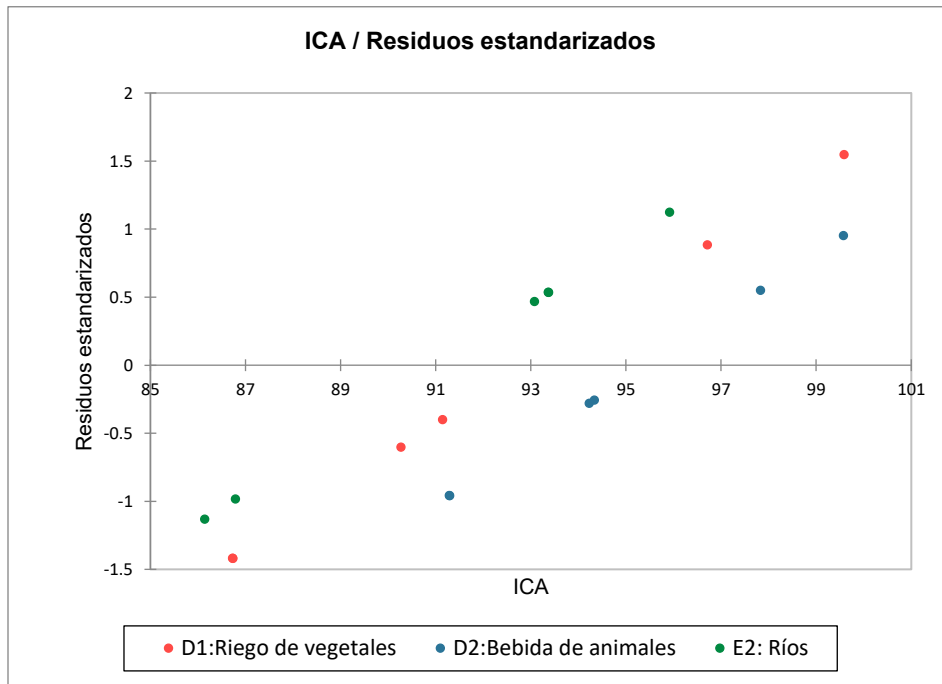


Figura 105. ICA / Residuos estandarizados.

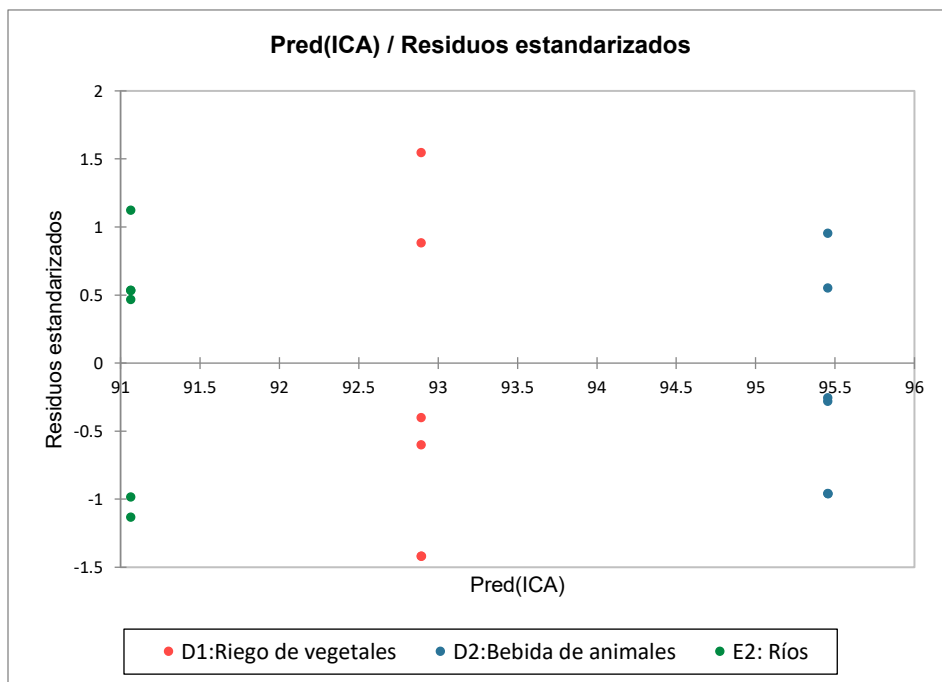


Figura 106. Pred (ICA) / Residuos estandarizados

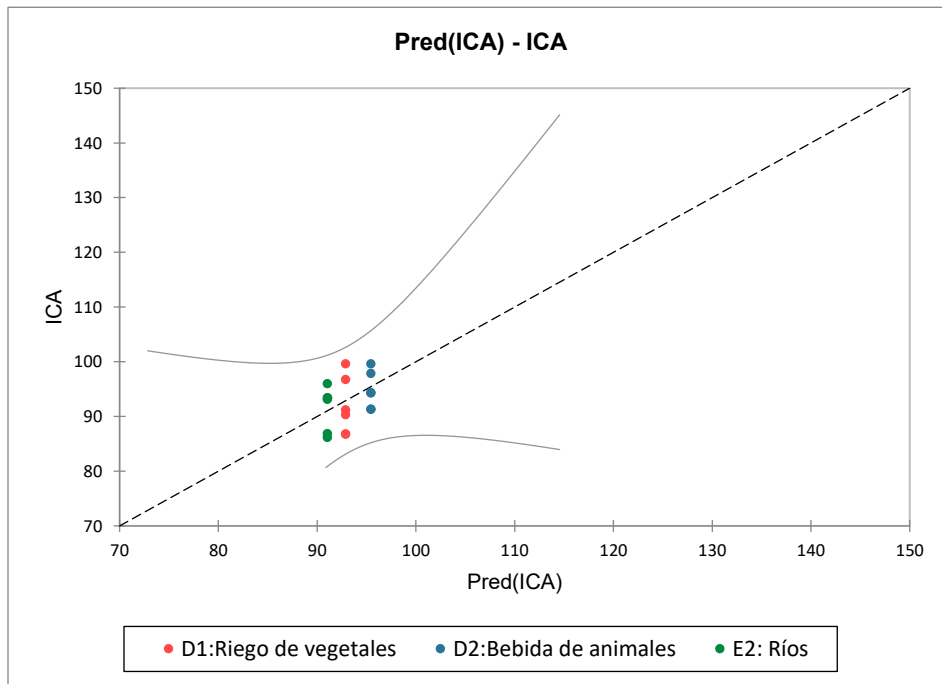


Figura 107. Pred (ICA)-ICA.

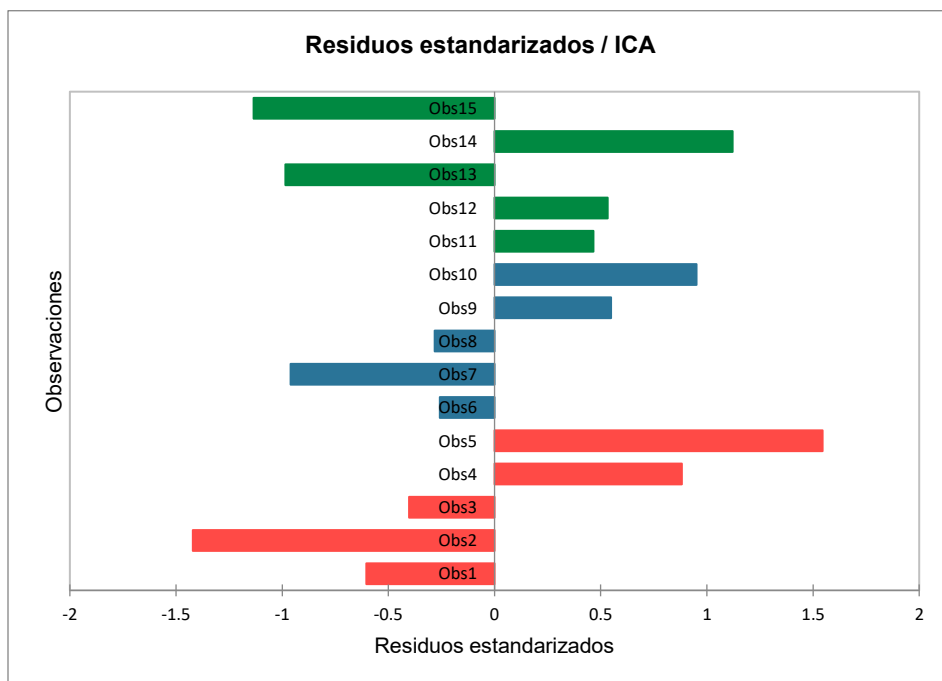
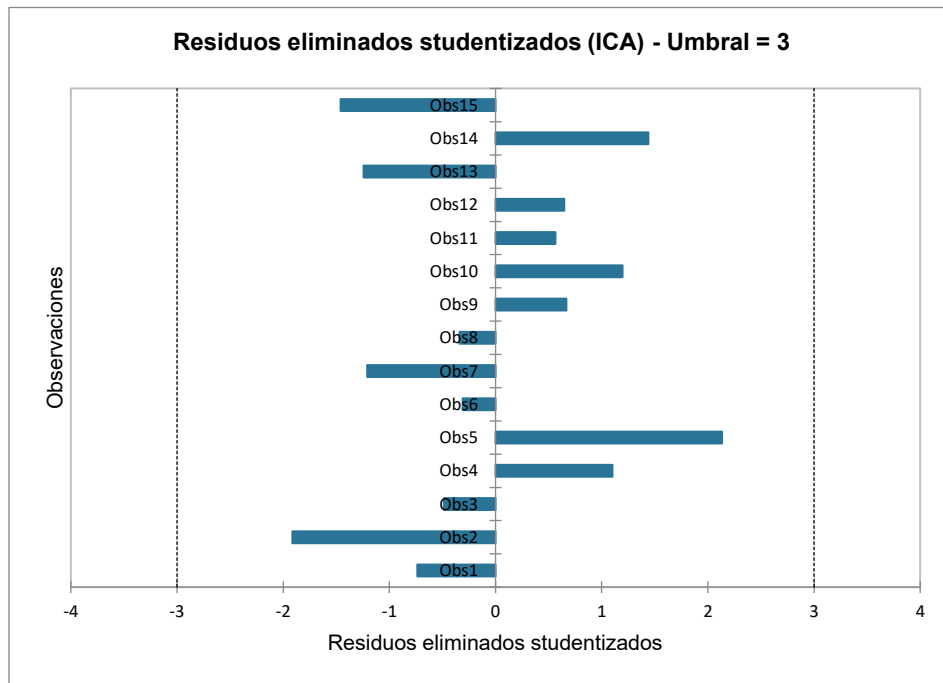


Figura 108. Residuos estandarizados /ICA.**Figura 109.** Residuos eliminados studentizados (ICA) - Umbral = 3.

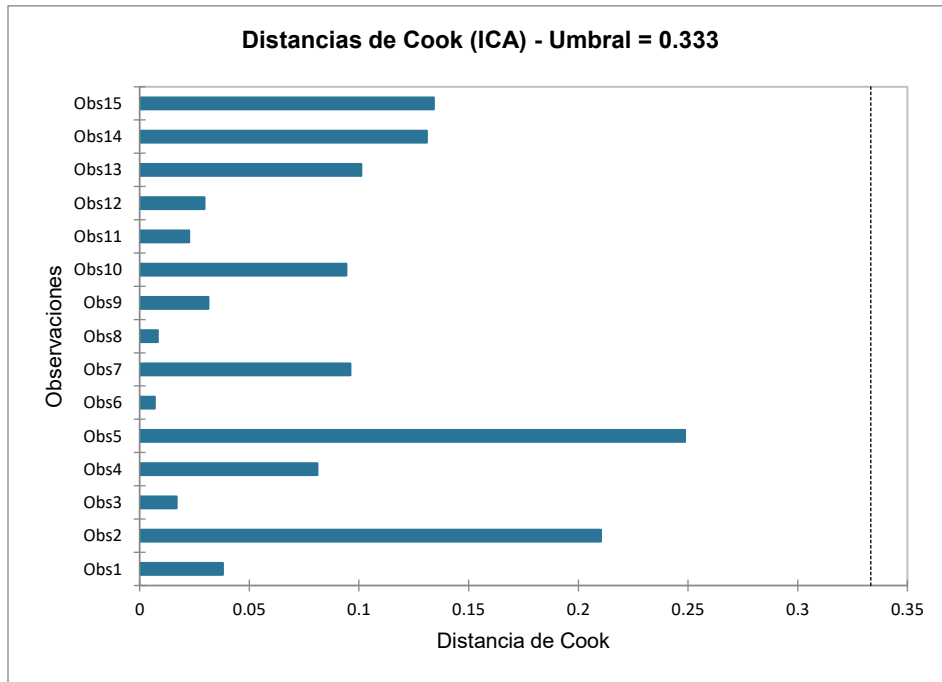


Figura 110. Distancias de Cook (ICA) - Umbral = 0.667.

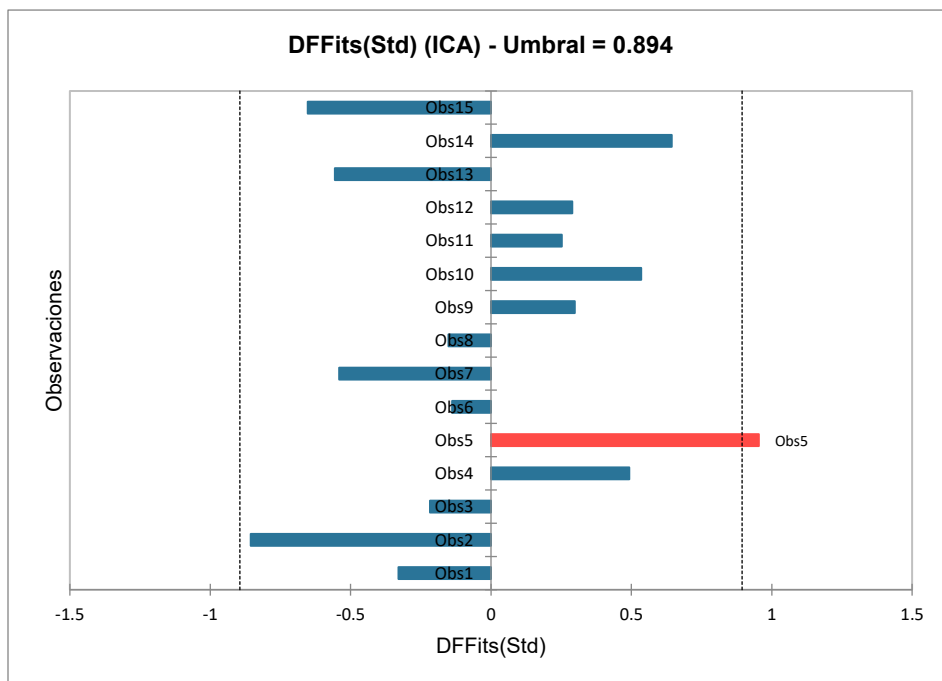


Figura 111. DFFits(Std) (ICA) - Umbral = 1.155.

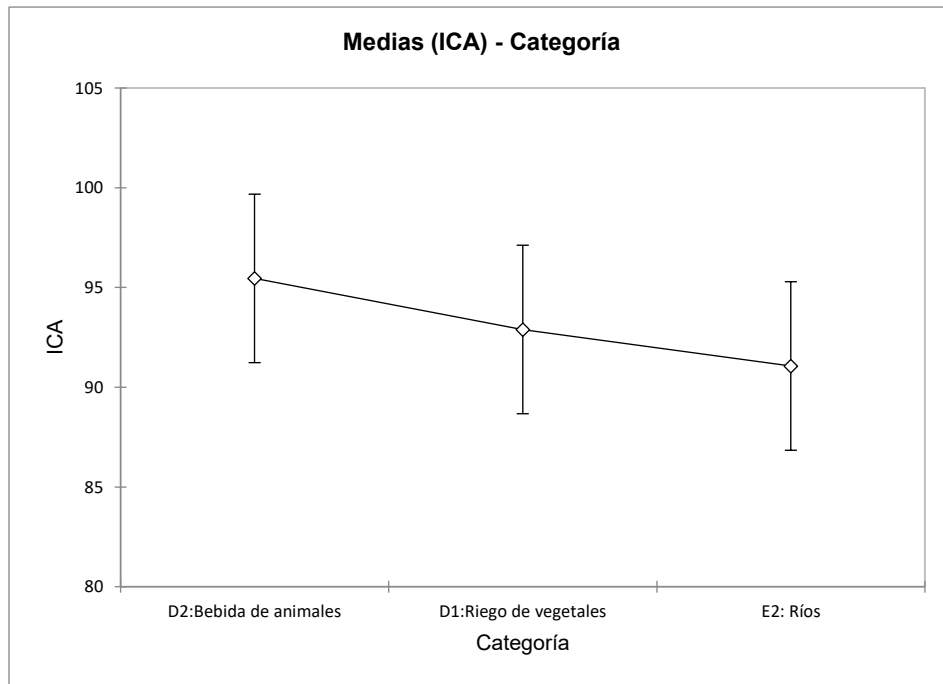


Figura 112. Medias (ICA) - Categoría.

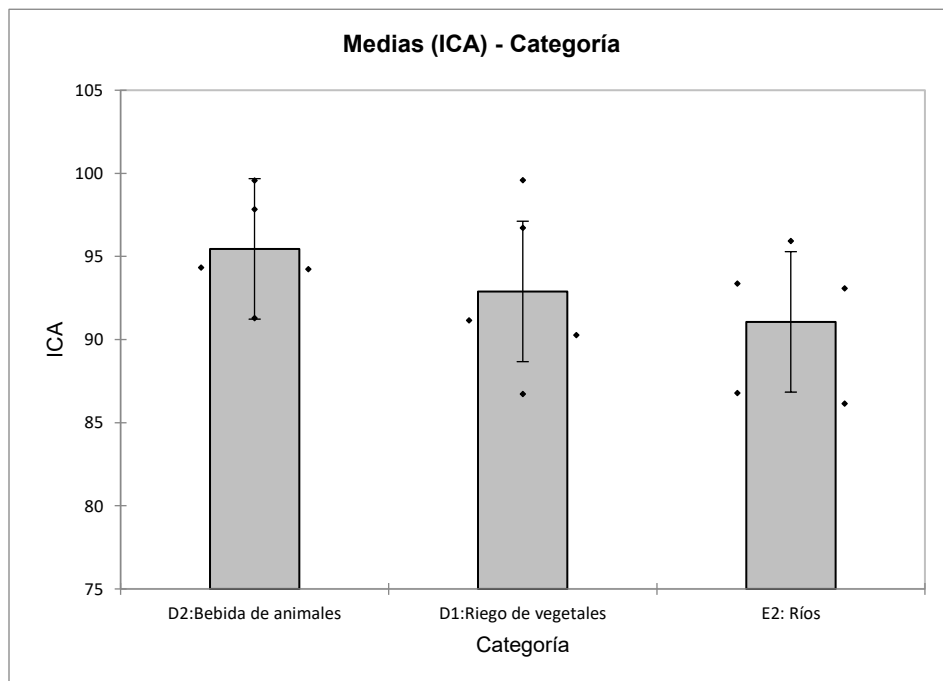


Figura 113. Medias (ICA) - Categoría.

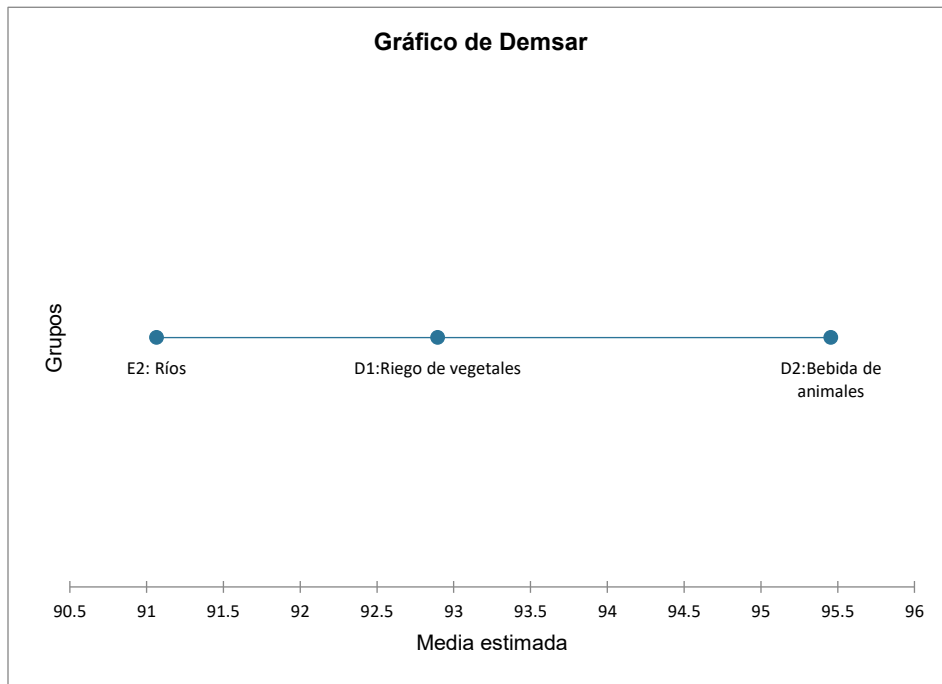


Figura 114. Grupos vs. Media estimada DEMSAR.

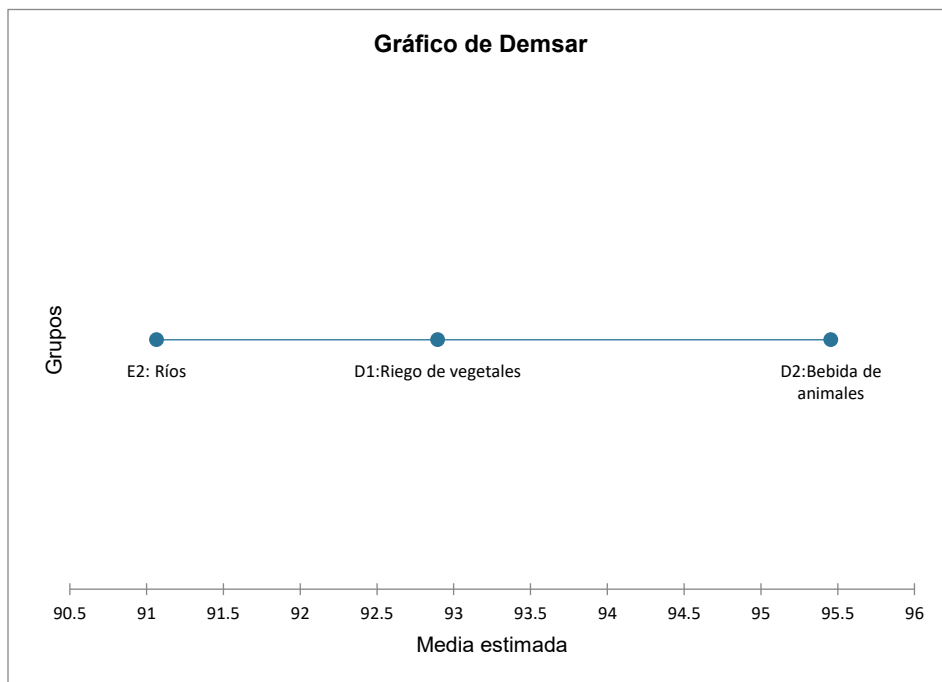


Figura 115. Grupos vs. Media estimada DEMSAR.

8.5. Informes de laboratorio



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



**INFORME DE ENSAYO
MA2426404 Rev. 0**

VILCA BENANCIO KATERIN YELSI
 P.J. LOS PINOS UR. LOTE: 14 BLOCK: E - PILLCO MARCA - HUANUCO - HUANUCO
 ENV / LB-355351-002
 PROCEDENCIA : HUANUCO

Fecha de Recepción SGS : 17-08-2024
 Fecha de Ejecución : Del 17-08-2024 al 24-08-2024
 Muestreo Realizado Por : CLIENTE

Estación de Muestreo
R Hual1
R Hual2
R Hual3

Emitido por SGS del Perú S.A.C.
Impreso el 24/08/2024



Frank M. Julcamoro Quispe
 C.Q.P. 1033
 Supervisor de Laboratorio



Elizabeth V. Capuñay España
 C.B.P 8508
 Coordinador de Laboratorio Microbiología

Este informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL-DA, se encuentra dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC

Este documento es válido solo en entorno electrónico, de imprimirse pierde validez.

Página 1 de 7

SGS del Perú S.A.C.

Av. Elmer Faucett 3348 Callao t (51) 517 1900 www.sgs.pe
 Ernesto Gunther 275 Parque Industrial Arequipa t (054) 213 508 # Pk.servicios@sgs.com
 Jr. Arnaldo Márquez Ba. San Antonio Cajamarca t (076) 966 062

Miembro del Grupo SGS

Figura 116. Informe de Ensayo Monitoreo de Agosto del 2024.



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



**INFORME DE ENSAYO
MA2426404 Rev. 0**

IDENTIFICACION DE MUESTRA					R Huall	R Huall2
FECHA DE MUESTREO 16/08/2024					16/08/2024	16/08/2024
HORA DE MUESTREO 17:30:00					17:30:00	17:00:00
CATEGORIA AGUA NATURAL					AGUA NATURAL	AGUA NATURAL
SUB CATEGORIA AGUA DE RIO					AGUA SUPERFICIAL	AGUA SUPERFICIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Análisis Generales						
Sólidos Totales en Suspensión	EW_APHA2540D	mg Sólidos Totales en Suspensión/L	1	3	54 ± 12	29 ± 7
Nitrogeno Total	EW_APHA4500PJ	mg N/L	0.04	0.10	0.82 ± 0.070	1.55 ± 0.12
Fosforo Total	EW_APHA4500PJF	mg P/L	0.005	0.010	0.045	0.030
Demanda Bioquímica de Oxígeno	EW_APHA5210B	mg/L	1.0	2.6	<2.6	<2.6
Demanda Química de Oxígeno	EW_APHA5220D	mg O ₂ /L	1.8	4.5	<4.5	<4.5
Aceites y Grasas	EW_ASTMD3921	mg/L	0.2	0.4	<0.4	<0.4
S.A.A.M. (Detergentes)	EW_ISO16265	mg/L	0.020	0.050	<0.050	<0.050
Aniones						
Cloruro	EW_EPA300_0	mg/L	0.025	0.050	12.033 ± 1.56	12.841 ± 1.67
Fluoruro	EW_EPA300_0	mg/L	0.002	0.004	0.080 ± 0.010	0.090 ± 0.012
Nitrato	EW_EPA300_0	mg/L	0.031	0.062	0.471 ± 0.068	0.857 ± 0.12
Nitrito	EW_EPA300_0	mg/L	0.003	0.006	0.036 ± 0.0090	0.089 ± 0.021
Sulfato	EW_EPA300_0	mg/L	0.01	0.03	60.38	55.73
Análisis Microbiológicos						
Numeración de Coliformes fecales o termotolerantes	EW_APHA9221E_NMP	NMP/100 mL	-	-	33	49
Numeración de Escherichia coli	EW_APHA9221F	NMP/100 mL	-	-	<1.8	<1.8
Metales Pesados						
Aluminio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.001	0.003	1.442 ± 0.13	0.710 ± 0.064
Antimonio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00004	0.00013	<0.00013	<0.00013
Arsénico Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00003	0.00010	0.01321 ± 0.0014	0.00808 ± 0.00089
Bario Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0577 ± 0.0052	0.0506 ± 0.0046
Berilio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00002	0.00006	0.00010 ± 0.000020	<0.00006
Bismuto Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00023 ± 0.000050	<0.00003
Boro Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.002	0.006	0.116 ± 0.014	0.113 ± 0.014
Cadmio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00042 ± 0.00010	<0.00003
Calcio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.003	0.009	46.452 ± 4.64	49.359 ± 4.94
Cerio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00008	0.00024	0.00261 ± 0.00021	0.00175 ± 0.00014
Cesio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0046 ± 0.00080	0.0039 ± 0.00070
Cobalto Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00153 ± 0.00014	0.00075 ± 0.000070
Cobre Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00003	0.00009	0.00826 ± 0.0021	0.00368 ± 0.00052
Cromo Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0022 ± 0.00060	0.0009 ± 0.00020
Estaño Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010	<0.00010
Estroncio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	0.3686 ± 0.032	0.3676 ± 0.033
Fosforo Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.015	0.047	0.107 ± 0.030	0.143 ± 0.040
Galio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00004	0.00012	0.00044 ± 0.000040	0.00028 ± 0.000020
Germanio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Hafnio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00005	0.00015	<0.00015	<0.00015
Hierro Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0004	0.0013	2.5105 ± 0.20	1.1930 ± 0.095
Lantano Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Litio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0660 ± 0.0059	0.0650 ± 0.0059
Lutecio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Magnesio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.001	0.003	12.213 ± 1.47	12.973 ± 1.56
Manganeso Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00003	0.00010	0.13089 ± 0.0052	0.06959 ± 0.0049
Mercurio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00003	0.00009	<0.00009	<0.00009
Molibdeno Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00002	0.00006	0.00184 ± 0.00042	0.00161 ± 0.00037
Niobio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Niquel Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0025 ± 0.00060	0.0018 ± 0.00040
Plata Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00003	0.00010	0.000205 ± 0.000031	<0.00010
Plomo Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0578 ± 0.0052	0.0026 ± 0.00020
Potasio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.04	0.13	2.56 ± 0.20	2.80 ± 0.22
Rubidio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0003	0.0009	0.0104 ± 0.0010	0.0095 ± 0.0010
Selenio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0004	0.0013	<0.0013	<0.0013
Silica Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.08	0.27	12.67 ± 1.52	11.21 ± 1.35
Silicio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.040	0.128	5.924 ± 0.71	5.238 ± 0.63
Sodio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.006	0.019	13.312 ± 1.46	16.065 ± 1.77
Talio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Tantalo Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0007	0.0021	<0.0021	<0.0021
Teluro Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.001	0.003	<0.003	<0.003
Titorio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00006	0.00019	<0.00019	<0.00019
Titanio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0294 ± 0.0038	0.0149 ± 0.0019
Uranio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00003	0.00010	0.000655 ± 0.00014	0.000567 ± 0.00012
Vanadio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0013 ± 0.00020	<0.0003
Wolframio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Yterbio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00002	0.00006	0.00007 ± 0.000010	<0.00006
Zinc Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0008	0.0026	0.1052 ± 0.011	0.0152 ± 0.0015
Zirconio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00015	0.00045	<0.00045	<0.00045

Este documento es válido solo en entorno electrónico, de imprimirse pierde validez.

Figura 117. Informe de Ensayo Monitoreo de Agosto del 2024.



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



**INFORME DE ENSAYO
MA2426404 Rev. 0**

IDENTIFICACION DE MUESTRA					R Huad
FECHA DE MUESTREO					16/08/2024
HORA DE MUESTREO					16:00:00
CATEGORIA					AGUA NATURAL
SUB CATEGORIA					AGUA SUPERFICIAL AGUA DE RIO
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre
Análisis Generales					
Sólidos Totales en Suspensión	EW_APH42540D	mg Sólidos Totales en Suspensión/L	1	3	11 ± 3
Nitrógeno Total	EW_APH44500PJ	mg N/L	0.04	0.10	4.17 ± 0.33
Fósforo Total	EW_APH44500PJF	mg P/L	0.005	0.010	0.080 ± 0.0060
Demanda Bioquímica de Oxígeno	EW_APH46210B	mg/L	1.0	2.6	<2.6
Demanda Química de Oxígeno	EW_APH46220D	mg O ₂ /L	1.8	4.5	<4.5
Azúcares y Grasas	EW_AST1633021	mg/L	0.2	0.4	<0.4
S.A.A.M. (Detergentes)	EW_ISO16265	mg/L	0.020	0.050	<0.050
Análisis					
Cloruro	EW_EPA200.8	mg/L	0.025	0.050	16.341 ± 2.12
Fluoruro	EW_EPA200.8	mg/L	0.002	0.004	0.094 ± 0.012
Nitrato	EW_EPA200.8	mg/L	0.031	0.062	0.927 ± 0.13
Nitrito	EW_EPA200.8	mg/L	0.003	0.006	0.828 ± 0.20
Sulfato	EW_EPA200.8	mg/L	0.01	0.03	52.51
Análisis Microbiológicos					
Numeración de Coliformes fecales o termotolerantes	EW_APH49221E_NMP	NMP/100 mL	—	—	46
Numeración de Escherichia coli	EW_APH49221F	NMP/100 mL	—	—	<1.8
Metales Pesados					
Aluminio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.001	0.003	0.305 ± 0.027
Antimonio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.00004	0.00013	<0.00013
Arsénico Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.00003	0.00010	0.00547 ± 0.00060
Bario Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0461 ± 0.0041
Berilio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006
Bismuto Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003
Boro Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.002	0.006	0.0399 ± 0.012
Cadmio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003
Calcio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.003	0.009	47.706 ± 4.77
Cerio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.00008	0.00024	0.00040 ± 0.000040
Cesio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0029 ± 0.00050
Cobalto Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00050 ± 0.000050
Cobre Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.00003	0.00009	0.00353 ± 0.00088
Cromo Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0006 ± 0.00020
Estadío Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010
Estroncio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.002	0.006	0.3426 ± 0.031
Fósforo Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.015	0.047	0.637 ± 0.18
Gaio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.00004	0.00012	0.00027 ± 0.000020
Germanio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006
Hafnio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.00006	0.00015	<0.00015
Hierro Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0004	0.0013	0.4953 ± 0.040
Lantano Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015
Litio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0570 ± 0.0051
Lutecio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006
Magnesio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.001	0.003	12.724 ± 1.53
Manganeso Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.00003	0.00010	0.06515 ± 0.00038
Mercurio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.00003	0.00009	<0.00009
Molibdeno Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.00002	0.00006	0.00155 ± 0.00036
Niobio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015
Niquel Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0010 ± 0.00020
Plata Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010
Plomo Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0014 ± 0.00010
Potasio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.04	0.13	3.99 ± 0.32
Rodacio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.003	0.009	0.0086 ± 0.00020
Selenio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0004	0.0013	<0.0013
Silicio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.05	0.27	12.07 ± 1.45
Sodio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.040	0.128	5.642 ± 0.68
Sodio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.006	0.019	22.050 ± 2.43
Talio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006
Tantalo Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0007	0.0021	<0.0021
Teluro Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.001	0.003	<0.003
Tiocio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.00006	0.00019	<0.00019
Tiocio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.002	0.006	0.0106 ± 0.0014
Uranio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.00003	0.00010	0.000510 ± 0.00011
Vanadio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003
Wolframio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006
Yterbio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006

Este documento es válido solo en entorno electrónico, de imprimirse pierde validez.

SGS del Perú S.A.C. Av. Elmer Faucett 3348 Callao 1 Callao T (511) 517 1800 www.sgs.pe
Ernesto Gunther 275 Parque Industrial Arequipa T (054) 213 505 # Ft.servicios@sgs.com
Jr. Arnaldo Márquez Bs. San Antonio Cajamarca T (078) 360 092

Miembro del Grupo SGS

Miembro del Grupo SGS

Figura 118. Informe de Ensayo Monitoreo de Agosto del 2024.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002



INFORME DE ENSAYO MA2426404 Rev. 0

CONTROL DE CALIDAD

LC: Límite de cuantificación
 MB: Blanco del proceso
 LCS %Recovery: Porcentaje de recuperación del patrón de proceso.
 MS %Recovery: Porcentaje de recuperación de la muestra adicionada.
 MSD %RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados de la muestra adicionada.
 Dup. %RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados del proceso.

Parámetro	Unidad	LC	MB	DUP %RPD	LCS %Recovery	MS %Recovery	MSD %RPD
S.A.M. (Derivantes)	mg/L	0.050	<0.050		101 - 103%	108%	8%
Acidos y Grasas	mg/L	0.4	<0.4	0%	98%	99%	0%
Fósforo Total	mg P/L	0.010	<0.010	0%	109%	94%	6%
Nitrógeno Total	mg N/L	0.10	<0.10		102%	112%	17%
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	2.5	<2.5	3%	99 - 100%		
Demanda Química de Oxígeno	mg O ₂ /L	4.5	<4.5		99 - 100%	102%	1%
Aluminio Total	mg/L	0.003	<0.003	3%	100 - 109%	97 - 108%	2%
Antimonio Total	mg/L	0.00013	<0.00013	0%	98 - 101%	94 - 107%	1%
Arsénico Total	mg/L	0.00010	<0.00010	1%	91 - 100%	94 - 98%	3%
Bario Total	mg/L	0.0003	<0.0003	1%	95 - 100%	93%	5%
Berilio Total	mg/L	0.00006	<0.00006	0%	97 - 106%	105 - 107%	1%
Bismuto Total	mg/L	0.00003	<0.00003	0%	95 - 103%	95 - 96%	3%
Boro Total	mg/L	0.009	<0.009	3%	95 - 98%	97 - 99%	3%
Cadmio Total	mg/L	0.00003	<0.00003	0%	102%	103 - 104%	4%
Calcio Total	mg/L	0.009	<0.009	1%	95 - 101%	100 - 101%	3%
Cerio Total	mg/L	0.00024	<0.00024	1%	95 - 103%	99 - 102%	2%
Cesio Total	mg/L	0.0003	<0.0003	0%	99 - 105%	100 - 102%	5%
Cobalto Total	mg/L	0.00003	<0.00003	0%	92 - 98%	95 - 97%	3%
Cobre Total	mg/L	0.00009	<0.00009	1%	95 - 100%	96 - 97%	3%
Cromo Total	mg/L	0.0003	<0.0003	0%	98%	95 - 97%	1%
Estaño Total	mg/L	0.00010	<0.00010	0%	98 - 103%	91 - 93%	3%
Estroncio Total	mg/L	0.0004	<0.0004	0%	98 - 100%	98 - 101%	5%
Fósforo Total	mg/L	0.047	<0.047	7%	93 - 98%	95 - 102%	1%
Gaio Total	mg/L	0.00012	<0.00012	8%	97 - 101%	95 - 97%	7%
Germanio Total	mg/L	0.0006	<0.0006	0%	98 - 101%	93%	2%
Hafnio Total	mg/L	0.00015	<0.00015	8%	98 - 104%	100 - 109%	7%
Hierro Total	mg/L	0.0013	<0.0013	1%	100 - 102%	99 - 102%	6%
Lantano Total	mg/L	0.0015	<0.0015	0%	100 - 104%	101 - 104%	2%
Litio Total	mg/L	0.0003	<0.0003	1%	93 - 101%	94 - 95%	0%
Lutecio Total	mg/L	0.00006	<0.00006	0%	99 - 100%	108 - 109%	4%
Magnesio Total	mg/L	0.003	<0.003	1%	102 - 106%	93 - 100%	2%
Manganeso Total	mg/L	0.00010	<0.00010	1%	100 - 107%	103 - 104%	5%
Mercurio Total	mg/L	0.00009	<0.00009	0%	95 - 101%	92 - 94%	1%
Niobio Total	mg/L	0.00046	<0.00046	3%	97%	91 - 95%	4%
Níquel Total	mg/L	0.0015	<0.0015	0%	96%	97 - 105%	5%
Niquel Total	mg/L	0.0006	<0.0006	2%	95 - 104%	102 - 104%	4%
Plata Total	mg/L	0.000010	<0.000010	0%	101%	99 - 100%	0%
Plomo Total	mg/L	0.0006	<0.0006	8%	97 - 100%	95 - 98%	3%
Potasio Total	mg/L	0.13	<0.13	1%	102 - 107%	102 - 106%	2%
Rubidio Total	mg/L	0.0009	<0.0009	4%	103%	100 - 104%	6%
Selenio Total	mg/L	0.0013	<0.0013	0%	96 - 98%	95 - 96%	6%
Silicio Total	mg/L	0.27	<0.27	0%	100 - 104%	105 - 106%	1%
Silicio Total	mg/L	0.128	<0.128	0%	100 - 103%	105 - 106%	1%
Sodio Total	mg/L	0.019	<0.019	0%	99 - 108%	100 - 105%	6%
Talio Total	mg/L	0.00046	<0.00046	0%	101 - 107%	100%	1%
Yantalo Total	mg/L	0.0021	<0.0021	0%	99 - 102%	98 - 103%	11%
Ytacio Total	mg/L	0.003	<0.003	0%	103 - 104%	97 - 99%	4%
Ytacio Total	mg/L	0.00019	<0.00019	0%	102 - 104%	107 - 108%	1%
Titanio Total	mg/L	0.0006	<0.0006	3%	91 - 98%	95 - 98%	2%
Uranio Total	mg/L	0.000010	<0.000010	4%	101 - 105%	104%	2%
Vanadio Total	mg/L	0.0003	<0.0003	0%	101 - 102%	93 - 103%	6%
Wolframio Total	mg/L	0.0006	<0.0006	0%	91 - 102%	99 - 101%	9%
Yterbio Total	mg/L	0.00006	<0.00006	0%	99 - 102%	99 - 100%	0%
Zinc Total	mg/L	0.0026	<0.0026	7%	94 - 98%	95 - 96%	3%
Zirconio Total	mg/L	0.00045	<0.00045	2%	97 - 99%	103 - 100%	4%
Sólidos Totales en Suspensión	mg Sólidos Totales en Suspensión/L	3	<3	0 - 5%	95 - 96%		
Oxuro	mg/L	0.050	<0.050		100%	100%	0%
Fluoruro	mg/L	0.004	<0.004		100 - 102%	99 - 100%	0 - 1%
Nitrato	mg/L	0.062	<0.062		99 - 100%	100%	0%
Nitro	mg/L	0.006	<0.006		99 - 100%	100%	0%
Sulfato	mg/L	0.03	<0.03		100%	100%	0%

Este documento es válido solo en entorno electrónico, de imprimirse pierde validez.

Página 5 de 7

SGS del Perú S.A.C. Av. Elmer Faucett 3548 Callao 1 Callao T (511) 517 1800 www.sgs.pe
 Ernesto Gunther 275 Parque Industrial Arequipa T (054) 213 506 R Fax.servicios@sgs.com
 J. Arnaldo Márquez Ba. San Antonio Cajamarca T (078) 386 092

Miembro del Grupo SGS

Figura 119. Informe de Ensayo Monitoreo de Agosto del 2024.



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



**INFORME DE ENSAYO
MA2426404 Rev. 0**

REFERENCIAS DE MÉTODOS DE ENSAYO

Referencia	Sede	Parámetro	Método de Ensayo
EW_APHA2540D	Callao	Sólidos Totales en Suspensión	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540-D: 23rd Ed. 2017. Solids: Total Suspended Solids dried at 103-105 °C. (VALIDADO - Aplicado fuera del alcance) 2017
EW_APHA4500PJ	Callao	Nitrógeno Total	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-P J; 23rd Ed. 2017. Phosphorus Persulfate Method for Simultaneous Determination of Total Nitrogen and Total Phosphorus (VALIDADO - Aplicado fuera del alcance) 2017
EW_APHA4500PJF	Callao	Fósforo Total	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-P. F.J; 24th Ed. 2023 Phosphorus, Automated Ascorbic Acid Reduction Method, Persulfate Method for Simultaneous Determination of Total Nitrogen and Total Phosphorus
EW_APHA5210B	Callao	Demanda Bioquímica de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B; 24th Ed. 2023. Biochemical Oxygen Demand (BOD); 5-Day BOD test
EW_APHA5220D	Callao	Demanda Química de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D: 23rd Ed. 2017. Chemical Oxygen Demand, Closed Reflux, Colorimetric Method. (VALIDADO - Aplicado fuera del alcance) 2017
EW_APHA9221E_NMP	Callao	Numeración de Coliformes fecales o termotolerantes	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E. 1, 24th Ed. (Incluye Muestreo). 2023 Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure. Thermotolerant Coliform Test (EC Medium)
EW_APHA9221F	Callao	Numeración de Escherichia coli (EC-MUG)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 F. 1, 24th Ed. (Incluye Muestreo). 2023 Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Escherichia coli Procedure Using Fluorogenic Substrate. Escherichia coli test (EC-MUG Medium)
EW_ASTMD3921	Callao	Aceites y Grasas	ASTM D3921 - 96 (Reapproved 2011). Standard Test Method for Oil and Grease and Petroleum Hydrocarbons in Water. (VALIDADO - Aplicado fuera del alcance) 2015
EW_EPA200_8	Callao	Metales Totales	EPA Method 200.8 Rev. 5.4, 1994. Determination of trace elements in water and wastes by Inductively Coupled Plasma-Mass spectrometry. 2015 (VALIDADO - Aplicado fuera del alcance)
EW_EPA300_0	Callao	Cloruro	EPA 300.0. Rev. 2.1-1993. Determination of Inorganic Anions by Ion Chromatography. (VALIDADO - Aplicado fuera del alcance) 2016
EW_EPA300_0	Callao	Fluoruro	EPA 300.0. Rev. 2.1-1993. Determination of Inorganic Anions by Ion Chromatography. (VALIDADO - Aplicado fuera del alcance) 2016
EW_EPA300_0	Callao	Nitrato	EPA 300.0. Rev. 2.1-1993. Determination of Inorganic Anions by Ion Chromatography. (VALIDADO - Aplicado fuera del alcance) 2016
EW_EPA300_0	Callao	Nitrito	EPA 300.0. Rev. 2.1-1993. Determination of Inorganic Anions by Ion Chromatography. (VALIDADO - Aplicado fuera del alcance) 2016
EW_EPA300_0	Callao	Sulfato	EPA 300.0. Rev. 2.1-1993. Determination of Inorganic Anions by Ion Chromatography. (VALIDADO - Aplicado fuera del alcance) 2016
EW_ISO16265	Callao	S.A.A.M.(Detergentes)	ISO 16265; 1st Ed. 2009. Water quality - Determination of the Methylene blue active substances (MBAS) index - Method using continuous flow analysis (CFA) (VALIDADO - Aplicado fuera del alcance) 2014

Este documento es válido solo en entorno electrónico, de imprimirse pierde validez.

Página 6 de 7

SGS del Perú S.A.C. Av. Elmer Faucett 3348 Callao 1 Callao t (511) 517 1900 www.sgs.pe
Ernesto Gunther 275 Parque Industrial Arequipa t (084) 213 506 e Pe.servicios@sgs.com
Jr. Arnaldo Márquez Ba. San Antonio Cajamarca t (076) 366 092

Miembro del Grupo SGS

Figura 120. Informe de Ensayo Monitoreo de Agosto del 2024.



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



**INFORME DE ENSAYO
MA2426404 Rev. 0**

NOTAS

Notas:

- El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.
- Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.
- (*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA.

"Este informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL-DA, se encuentra dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"

Este documento es emitido bajo las Condiciones Generales de Servicio de SGS del Perú S.A.C, las cuales se encuentran descritas en la página <http://www.sgs.pe/da-ES/Terms-and-Conditions.aspx>. Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción definidas en dichas Condiciones Generales de Servicio, su alteración o su uso indebido constituye un delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales de la materia, queda prohibida la reproducción total o parcial, salvo autorización escrita de SGS del Perú S.A.C.

Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para la(s) muestra(s) ensayada(s); no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. La compañía no es responsable del origen o fuente de la cual las muestras han sido tomadas y de la información proporcionada por el cliente.

Última Revisión Enero 2022

Este documento es válido solo en formato electrónico, de imprimirse pierde validez.

Página 7 de 7

SGS del Perú S.A.C.	Av. Elmer Faucett 3348	Callao 1	Callao	T (511) 517 1000	www.sgs.pe
	Ernesto Sunther 275	Parque Industrial	Arequipa	T (054) 213 506	✉ Pe.servicios@sgs.com
	Jr. Arnaldo Márquez	Bs. San Antonio	Cajamarca	T (076) 368 092	

Miembro del Grupo SGS

Figura 121. Informe de Ensayo Monitoreo de Agosto del 2024.



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



**INFORME DE ENSAYO
MA2430311-0**

VILCA BENANCIO KATERIN YELSI

PJ. LOS PINOS UR. LOTE: 14 BLOCK: E - PILLCO MARCA - HUANUCO - HUANUCO

ENV / LB-355463-002

PROCEDENCIA : HUANUCO

Fecha de Recepción SGS : 14-09-2024
 Fecha de Ejecución : Del 14-09-2024 al 25-09-2024
 Muestreo Realizado Por : CLIENTE

Estación de Muestreo
R Hual1
R Hual2
R Hual3

Emitido por **SGS del Perú S.A.C.**

Impreso el **25/09/2024**

Frank M. Julcamoro Quispe
 C.Q.P. 1033
 Supervisor de Laboratorio

Elizabeth V. Capuñay España
 C.B.P 8508
 Coordinador de Laboratorio Microbiología

"Este informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL-DA, se encuentra dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"
 Este documento es válido solo en entorno electrónico, de imprimirse pierde validez.



SGS del Perú S.A.C. | Av. Elmer Faucett 3348 | Callao 1 | Callao | t (511) 517 1900 | www.sgs.pe
 Ernesto Gunther 275 | Parque Industrial | Arequipa | t (054) 213 506 | e Pe.servicios@sgs.com
 J. Arnaldo Márquez | Bta. San Antonio | Cajamarca | t (076) 366 092

Miembro del Grupo SGS

Figura 122. Informe de Ensayo Monitoreo de Septiembre del 2024.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002



Registro N° LE - 002

INFORME DE ENSAYO MA2430311-0

IDENTIFICACION DE MUESTRA					R Huail	R Huail2
FECHA DE MUESTREO HORA DE MUESTREO CATEGORIA SUB CATEGORIA					13/09/2024 15:00:00 AGUA NATURAL AGUA SUPERFICIAL AGUA DE RIO	13/09/2024 13:30:00 AGUA NATURAL AGUA SUPERFICIAL AGUA DE RIO
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Análisis Generales						
Sólidos Totales en Suspensión	EW_APHA2540D	mg Sólidos Totales en Suspensión/L	1	3	20 ± 5	33 ± 8
Nitrógeno Total	EW_APHA4500PJ	mg N/L	0.04	0.10	0.82 ± 0.070	1.13 ± 0.090
Fósforo Total	EW_APHA4500PJF	mg P/L	0.005	0.010	0.065 ± 0.0050	0.134 ± 0.011
Demanda Bioquímica de Oxígeno	EW_APHA6210B	mg/L	1.0	2.6	<2.6	<2.6
Demanda Química de Oxígeno	EW_APHA6220D	mg O ₂ /L	1.8	4.5	<4.5	4.5 ± 0.50
Aceites y Grasas	EW_ASTMD3921	mg/L	0.2	0.4	<0.4	<0.4
S.A.A.M. (Detergentes)	EW_ISO16265	mg/L	0.020	0.050	<0.050	<0.050
Aniones						
Cloruro	EW_EPA200.8	mg/L	0.025	0.050	11.960 ± 1.55	17.804 ± 1.64
Sulfuro	EW_EPA200.8	mg/L	0.002	0.004	0.073 ± 0.0090	0.077 ± 0.010
Nitrato	EW_EPA200.8	mg/L	0.031	0.062	0.529 ± 0.077	0.758 ± 0.11
Nitrato	EW_EPA200.8	mg/L	0.003	0.006	<0.006	0.575 ± 0.14
Sulfato	EW_EPA200.8	mg/L	0.01	0.03	58.21 ± 3.10	57.15 ± 3.040
Análisis Microbiológicos						
Numeración de Coliformes fecales o termotolerantes	EW_APHA9221E_NMP	NMP/100 mL	-	-	79 (**)	130 (**)
Numeración de Escherichia coli	EW_APHA9221F	NMP/100 mL	-	-	<1.8 (**)	<1.8 (**)
Metales Totales						
Aluminio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.001	0.003	0.419 ± 0.038	0.693 ± 0.062
Antimonio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.00004	0.00013	<0.00013	<0.00013
Arsénico Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.00003	0.00010	0.00457 ± 0.00050	0.00717 ± 0.00079
Bario Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.001	0.003	0.0490 ± 0.0044	0.0599 ± 0.0054
Berilio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Bismuto Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003	<0.00003
Boro Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.002	0.006	0.127 ± 0.015	0.125 ± 0.015
Cadmio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003	0.00004 ± 0.000010
Calcio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.003	0.009	51.247 ± 5.13	58.766 ± 5.88
Cerio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.00008	0.00024	0.00073 ± 0.000060	0.00136 ± 0.00011
Cesio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0047 ± 0.00080	0.0042 ± 0.00070
Cobalto Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00050 ± 0.000050	0.00078 ± 0.000070
Cromo Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.00003	0.00009	0.00240 ± 0.00020	0.00381 ± 0.00035
Cromo Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0006 ± 0.00020	0.0010 ± 0.00030
Fluoruro Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.00003	0.00010	0.00012 ± 0.000020	<0.00010
Estroncio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0002	0.0006	0.3524 ± 0.032	0.3644 ± 0.033
Fósforo Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.015	0.047	0.065 ± 0.018	0.133 ± 0.037
Gallo Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.00004	0.00012	0.00017 ± 0.000010	0.00015 ± 0.000010
Germanio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Hafnio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.00005	0.00015	<0.00015	<0.00015
Hierro Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.004	0.013	0.7625 ± 0.061	1.3560 ± 0.11
Lantano Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Litio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.001	0.003	0.0706 ± 0.0064	0.0708 ± 0.0064
Lutecio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Magnesio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.001	0.003	11.143 ± 1.34	11.986 ± 1.44
Manganeso Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.00003	0.00010	0.04663 ± 0.0033	0.07587 ± 0.0053
Mercurio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.00003	0.00009	<0.00009	<0.00009
Molibdeno Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.00002	0.00006	0.00131 ± 0.00030	0.00132 ± 0.00030
Niobio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Niquel Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0010 ± 0.00020	0.0021 ± 0.00050
Plata Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010	<0.000010
Plomo Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0018 ± 0.00020	0.0044 ± 0.00040
Polonio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.08	0.13	0.22 ± 0.18	0.46 ± 0.20
Radio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0003	0.0009	0.0085 ± 0.00090	0.0082 ± 0.00090
Selenio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.004	0.013	<0.013	<0.013
Silicio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.09	0.27	6.21 ± 0.75	7.46 ± 0.90
Sodio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.040	0.126	2.902 ± 0.35	3.487 ± 0.42
Sodio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.006	0.019	11.964 ± 1.32	13.182 ± 1.45
Talio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Tantalo Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0007	0.0021	<0.0021	<0.0021
Teluro Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.001	0.003	<0.003	<0.003
Torio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.00006	0.00019	<0.00019	<0.00019
Titanio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0060 ± 0.00080	0.0174 ± 0.0023
Uranio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.000003	0.000010	0.000496 ± 0.00010	0.000585 ± 0.00012
Vanadio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003
Wolframio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Yterbio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Zinc Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0008	0.0026	0.0100 ± 0.0010	0.0168 ± 0.0017
Zirconio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.00015	0.00045	<0.00045	<0.00045

Este documento es válido solo en entorno electrónico, de imprimirse pierde validez.

Página 2 de 7

SGS del Perú S.A.C. Av. Elmer Faucett 3348 Callao 1 Callao T (511) 517 1800 www.sgs.pe
Ernesto Gunther 275 Parque Industrial Arequipa T (054) 213 506 ■ P: servicios@sgs.com
Jr. Arnaldo Márquez Sr. San Antonio Cajamarca T (078) 366 092

Miembro del Grupo SGS

Figura 123. Informe de Ensayo Monitoreo de Septiembre del 2024.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACION INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002



INFORME DE ENSAYO MA2430311-0

IDENTIFICACION DE MUESTRA					R Ha0
FECHA DE MUESTREO					13/09/2024
HORA DE MUESTREO					11:30:00
CATEGORIA					AGUA NATURAL
SUB CATEGORIA					AGUA SUPERFICIAL AGUA DE RIO
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre
Análisis Generales					
Sólidos Totales en Suspensión	EW_APHA2540D	mg Sólidos Totales en Suspensión/L	1	3	13 ± 3
Nitrogeno Total	EW_APHA4500PJ	mg N/L	0.04	0.10	6.06 ± 0.48
Fósforo Total	EW_APHA4500PJ	mg P/L	0.025	0.010	0.690 ± 0.055
Demanda Biológica de Oxígeno	EW_APHA5210B	mg/L	1.0	2.6	<2.6
Demanda Química de Oxígeno	EW_APHA5220D	mgO ₂ /L	1.8	4.5	<4.5
Aceites y Grasas	EW_ASTMO3921	mg/L	0.2	0.4	<0.4
S.A.A.M. (Detergentes)	EW_ISO16265	mg/L	0.020	0.050	<0.050
Análisis					
Ciurum	EW_EPA300_0	mg/L	0.025	0.050	16.469 ± 2.14
Floruro	EW_EPA300_0	mg/L	0.002	0.004	0.001 ± 0.011
Nitrato	EW_EPA300_0	mg/L	0.031	0.062	2.001 ± 0.29
Nitrito	EW_EPA300_0	mg/L	0.003	0.006	3.171 ± 0.76
Sulfato	EW_EPA300_0	mg/L	0.01	0.03	55.57 ± 2.96
Análisis Microbiológicos					
Numeración de Coliformes fecales o termotolerantes	EW_APHA9221E_NMP	NMP/100 mL	-	-	79 (**)
Numeración de Escherichia coli	EW_APHA9221F	NMP/100 mL	-	-	<1.8 (**)
Análisis de Metales					
Aluminio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.001	0.003	0.282 ± 0.025
Antimonio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00004	0.00013	<0.00013
Arsénico Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00003	0.00010	0.00539 ± 0.00059
Bario Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0544 ± 0.0049
Berilio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006
Bismuto Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003
Boro Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.002	0.006	0.106 ± 0.013
Cadmio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003
Calcio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.003	0.009	50.652 ± 5.065
Cerio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00008	0.00024	0.00052 ± 0.000040
Cesio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0036 ± 0.00060
Cobalto Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00048 ± 0.000040
Cobro Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00003	0.00009	0.00323 ± 0.00081
Cromo Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0006 ± 0.00030
Estadío Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00003	0.00010	0.00016 ± 0.000030
Estroncio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	0.3306 ± 0.030
Fósforo Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.015	0.047	0.688 ± 0.19
Gallo Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00004	0.00012	0.00014 ± 0.000010
Germanio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006
Hafnio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00005	0.00015	<0.00015
Hierro Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0004	0.0013	0.5586 ± 0.045
Lantano Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015
Litio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0592 ± 0.0053
Lutecio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006
Magnesio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.001	0.003	11.639 ± 1.40
Manganeso Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00003	0.00010	0.07105 ± 0.0060
Mercurio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00003	0.00009	<0.00009
Molibdeno Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00002	0.00006	0.00118 ± 0.00027
Niobio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015
Niquel Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0020 ± 0.00050
Plata Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010
Plomo Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0016 ± 0.00010
Potasio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.04	0.13	3.81 ± 0.30
Rubidio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0003	0.0009	0.0094 ± 0.00090
Selenio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0004	0.0013	0.0016 ± 0.00040
Silicio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.09	0.27	6.54 ± 1.00
Sodio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.040	0.128	3.993 ± 0.48
Talio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.006	0.019	18.199 ± 2.020
Talio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006
Tantalo Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0007	0.0021	<0.0021
Teluro Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.001	0.003	<0.003
Torio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00006	0.00019	<0.00019
Titanio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0069 ± 0.00090
Uranio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.000003	0.000010	0.000541 ± 0.00011
Vanadio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003
Wolframio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006
Yterbio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006

Este documento es válido solo en entorno electrónico, de imprimirse pierde validez.

Figura 124. Informe de Ensayo Monitoreo de Septiembre del 2024.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002



**INFORME DE ENSAYO
MA2430311-0**

IDENTIFICACION DE MUESTRA					R Huad
FECHA DE MUESTREO					13/09/2024
HORA DE MUESTREO					11:30:00
CATEGORIA					AGUA NATURAL
SUB CATEGORIA					AGUA SUPERFICIAL
					AGUA DE RIO
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre
Estates Totales					
Zinc Total	EW EPA200.8	mg/L	0.0008	0.0026	0.0025 ± 0.0010
Zirconio Total	EW EPA200.8	mg/L	0.00015	0.00045	<0.00045

Este documento es válido solo en entorno electrónico, de imprimirse pierde validez.

Página 4 de 7

SGS del Perú S.A.C.

Av. Elmer Faucett 3348 Callao t (511) 517 1900 www.sgs.pe
Emesto Sunther 275 Parque Industrial Arequipa t (054) 213 506 e Pe.servicios@sgs.com
Jr. Amado Manguel Bs. San Antonio Cajamarca t (078) 366 052

Miembro del Grupo SGS

Figura 125. Informe de Ensayo Monitoreo de Septiembre del 2024.



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



**INFORME DE ENSAYO
MA2430311-0**

CONTROL DE CALIDAD

LC: Límite de cuantificación
 MB: Blanco del proceso
 LCS %Recovery: Porcentaje de recuperación del patrón de proceso
 MS %Recovery: Porcentaje de recuperación de la muestra adicionada
 MSD %RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados de la muestra adicionada
 Dup %RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados del proceso

Parámetro	Unidad	LC	MB	DUP %RPD	LCS %Recovery	MS %Recovery	MSD %RPD
S.A.M. (Detergentes)	mg/L	0.050	<0.050		97%	104%	2%
Aceites y Grasas	mg/L	0.4	<0.4	0%	96%	97%	
Fósforo Total	mg P/L	0.010	<0.010		96 - 107%	103 - 114%	5%
Nitrógeno Total	mg N/L	0.10	<0.10		95 - 99%	100 - 106%	0 - 1%
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	2.5	<2.5		98 - 107%		
Demanda Química de Oxígeno	mg O ₂ /L	4.5	<4.5		98 - 100%	93%	7%
Aluminio Total	mg/L	0.003	<0.003	0%	100 - 102%	102 - 109%	2%
Antimonio Total	mg/L	0.00013	<0.00013	0%	97 - 101%	97 - 106%	0%
Arsénico Total	mg/L	0.00010	<0.00010	0%	93 - 102%	100 - 102%	1%
Bario Total	mg/L	0.0003	<0.0003	7%	103%	101 - 105%	4%
Berilio Total	mg/L	0.00006	<0.00006	0%	93 - 100%	100 - 101%	0%
Bismuto Total	mg/L	0.00003	<0.00003	0%	90 - 97%	91 - 93%	1%
Boro Total	mg/L	0.006	<0.006	0%	94 - 101%	100 - 102%	0%
Cadmio Total	mg/L	0.00003	<0.00003	0%	97 - 101%	98 - 99%	1%
Calcio Total	mg/L	0.009	<0.009	2%	99 - 107%	100 - 109%	1%
Cerio Total	mg/L	0.00024	<0.00024	0%	97 - 101%	98 - 102%	2%
Cesio Total	mg/L	0.0003	<0.0003	0%	101 - 104%	103 - 107%	0%
Cobalto Total	mg/L	0.00003	<0.00003	0%	94 - 97%	98%	1%
Cobre Total	mg/L	0.00009	<0.00009	0%	98%	97 - 98%	1%
Cromo Total	mg/L	0.0003	<0.0003	0%	93 - 94%	92 - 93%	6%
Estaño Total	mg/L	0.00010	<0.00010	0%	96 - 97%	95 - 98%	0%
Estroncio Total	mg/L	0.0006	<0.0006	3%	98 - 100%	93 - 95%	0%
Fósforo Total	mg/L	0.047	<0.047	0%	97 - 101%	103 - 104%	4%
Gaio Total	mg/L	0.00012	<0.00012	0%	97 - 98%	96 - 102%	4%
Germanio Total	mg/L	0.0006	<0.0006	0%	104 - 107%	91 - 97%	0%
Hafnio Total	mg/L	0.00015	<0.00015	0%	97 - 102%	97 - 100%	5%
Hierro Total	mg/L	0.0013	<0.0013	0%	97 - 107%	98 - 95%	2%
Lantano Total	mg/L	0.0005	<0.0005	0%	100 - 102%	100 - 102%	1%
Litio Total	mg/L	0.0003	<0.0003	1%	100%	92 - 93%	2%
Lutecio Total	mg/L	0.00006	<0.00006	0%	99 - 102%	92 - 107%	2%
Magnesio Total	mg/L	0.003	<0.003	3%	95 - 99%	95 - 100%	3%
Manganeso Total	mg/L	0.00010	<0.00010	2%	99 - 101%	101 - 104%	0%
Mercurio Total	mg/L	0.00009	<0.00009	0%	99 - 102%	93 - 98%	3%
Molibdeno Total	mg/L	0.00006	<0.00006	0%	100 - 101%	98 - 99%	2%
Niobio Total	mg/L	0.0015	<0.0015	0%	102 - 106%	93 - 106%	3%
Niquel Total	mg/L	0.0006	<0.0006	0%	92 - 94%	91 - 100%	9%
Plata Total	mg/L	0.00010	<0.00010	0%	100%	99 - 100%	0%
Plomo Total	mg/L	0.0006	<0.0006	0%	93 - 96%	92%	2%
Potasio Total	mg/L	0.13	<0.13	2%	97 - 104%	91 - 95%	4%
Rubidio Total	mg/L	0.0009	<0.0009	2%	104 - 106%	104 - 107%	2%
Selenio Total	mg/L	0.0013	<0.0013	0%	96 - 100%	97 - 101%	0%
Silicio Total	mg/L	0.27	<0.27	0%	99 - 101%	93 - 103%	0%
Silicio Total	mg/L	0.128	<0.128	0%	97 - 101%	93 - 103%	0%
Sodio Total	mg/L	0.019	<0.019	0%	99 - 102%	104 - 105%	1%
Talio Total	mg/L	0.00006	<0.00006	0%	99%	97 - 98%	2%
Tantalo Total	mg/L	0.0021	<0.0021	0%	96 - 101%	96 - 100%	0%
Teluro Total	mg/L	0.003	<0.003	0%	100 - 102%	98 - 103%	3%
Torio Total	mg/L	0.00019	<0.00019	0%	95 - 106%	93 - 97%	6%
Tiario Total	mg/L	0.0006	<0.0006	0%	95 - 102%	93 - 95%	1%
Uranio Total	mg/L	0.00010	<0.00010	4%	99 - 100%	100 - 101%	1%
Vanadio Total	mg/L	0.0003	<0.0003	0%	94 - 100%	100%	9%
Wolframio Total	mg/L	0.0006	<0.0006	0%	102 - 106%	104 - 106%	5%
Yterbio Total	mg/L	0.00006	<0.00006	0%	98 - 99%	97 - 100%	2%
Zinc Total	mg/L	0.0026	<0.0026	0%	92 - 98%	98%	0%
Zirconio Total	mg/L	0.00045	<0.00045	0%	98 - 103%	95 - 98%	4%
Sólidos Totales en Suspensión	mg Sólidos Totales en Suspensión/L	3	<3	4 - 6%	101 - 102%		
Cloruro	mg/L	0.050	<0.050		100%	98 - 100%	0 - 2%
Fluoruro	mg/L	0.004	<0.004		100%	89 - 103%	0 - 1%
Nitrato	mg/L	0.062	<0.062		100 - 101%	100%	0%
Nitrito	mg/L	0.006	<0.006		100 - 102%	100%	0%
Sulfato	mg/L	0.03	<0.03		100%	100 - 103%	0 - 1%

Este documento es válido solo en entorno electrónico, de imprimirse pierde validez.

Página 5 de 7

SGS del Perú S.A.C.

Av. Elmer Faucett 3348
 Ernesto Sunther 275
 Jr. Arnaldo Márquez

Callao 1
 Parque Industrial
 Bs. San Antonio

Callao t (511) 517 1000 www.sgs.pe
 Arequipa t (054) 213 506 # fs.servicios@sgs.com
 Cajamarca t (078) 305 092

Miembro del Grupo SGS

Figura 126. Informe de Ensayo Monitoreo de Septiembre del 2024.



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



**INFORME DE ENSAYO
MA2430311-0**

REFERENCIAS DE MÉTODOS DE ENSAYO

Referencia	Sede	Parámetro	Método de Ensayo
EW_APHA2540D	Callao	Sólidos Totales en Suspensión	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540-D: 23rd Ed. 2017. Solids: Total Suspended Solids dried at 103-105 °C. (VALIDADO - Aplicado fuera del alcance) 2017.
EW_APHM500PJ	Callao	Nitrógeno Total	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-P J; 23rd Ed. 2017. Phosphorus Persulfate Method for Simultaneous Determination of Total Nitrogen and Total Phosphorus (VALIDADO - Aplicado fuera del alcance) 2017.
EW_APHA4500PJF	Callao	Fósforo Total	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-P, F, J; 24th Ed. 2023 Phosphorus Automated Ascorbic Acid Reduction Method. Persulfate Method for Simultaneous Determination of Total Nitrogen and Total Phosphorus
EW_APHAS210B	Callao	Demanda Bioquímica de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B ;24th Ed. 2023. Biochemical Oxygen Demand (BOD) 5-Day BOD test
EW_APHAS220D	Callao	Demanda Química de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D: 23rd Ed. 2017. Chemical Oxygen Demand, Closed Reflux, Colorimetric Method. (VALIDADO - Aplicado fuera del alcance) 2017.
EW_APHA9221E_NMP	Callao	Numeración de Coliformes fecales o termotolerantes	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E. 1, 24th Ed. (Incluye Muestreo). 2023 Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure. Thermotolerant Coliform Test (EC Medium)
EW_APHA9221F	Callao	Numeración de Escherichia coli (EC-MUG)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 F. 1, 24th Ed. (Incluye Muestreo). 2023 Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Escherichia coli Procedure Using Fluorogenic Substrate. Escherichia coli test (EC-MUG Medium)
EW_ASTMD3921	Callao	Aceites y Grasas	ASTM D3921 - 96 (Reapproved 2011). Standard Test Method for Oil and Grease and Petroleum Hydrocarbons in Water. (VALIDADO - Aplicado fuera del alcance) 2015.
EW_EPA200_8	Callao	Metales Totales	EPA Method 200.8 Rev. 5.4, 1994. Determination of trace elements in water and wastes by Inductively Coupled Plasma-Mass spectrometry. 2015 (VALIDADO - Aplicado fuera del alcance)
EW_EPA300_0	Callao	Cloruro	EPA 300.0. Rev. 2.1-1993. Determination of Inorganic Anions by Ion Chromatography. (VALIDADO - Aplicado fuera del alcance) 2016
EW_EPA300_0	Callao	Fluoruro	EPA 300.0. Rev. 2.1-1993. Determination of Inorganic Anions by Ion Chromatography. (VALIDADO - Aplicado fuera del alcance) 2016
EW_EPA300_0	Callao	Nitrato	EPA 300.0. Rev. 2.1-1993. Determination of Inorganic Anions by Ion Chromatography. (VALIDADO - Aplicado fuera del alcance) 2016
EW_EPA300_0	Callao	Nitrato	EPA 300.0. Rev. 2.1-1993. Determination of Inorganic Anions by Ion Chromatography. (VALIDADO - Aplicado fuera del alcance) 2016
EW_EPA300_0	Callao	Sulfato	EPA 300.0. Rev. 2.1-1993. Determination of Inorganic Anions by Ion Chromatography. (VALIDADO - Aplicado fuera del alcance) 2016
EW_ISO16265	Callao	S.A.A.M (Detergentes)	ISO 16265, 1st.Ed. 2009. Water quality - Determination of the Methylene blue active substances (MBAS) index - Method using continuous flow analysis (CFA) (VALIDADO - Aplicado fuera del alcance) 2014.

Este documento es válido solo en entorno electrónico, de imprimirse pierde validez.

Página 6 de 7

SGS del Perú S.A.C.

Av. Elmer Faucett 3348
Emesto Sunther 275
Jr. Arnaldo Márquez

Callao 1
Parque Industrial
Bs. San Antonio

Callao
Arequipa
Cajamarca

☎ (511) 517 1900
☎ (054) 213 506
☎ (078) 306 092

www.sgs.pe

✉ Per.servicios@sgs.com

Miembro del Grupo SGS

Figura 127. Informe de Ensayo Monitoreo de Septiembre del 2024.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002



**INFORME DE ENSAYO
MA2430311-0**

NOTAS

Notas:

- El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.
- Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.
- La incertidumbre expandida de medición reportada se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar combinada por el factor de cobertura $k=2$, de modo que la probabilidad de cobertura corresponde aproximadamente a un nivel de confianza del 95%.
- (*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA.
- (***) Los resultados del ensayo no se encuentran dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL - DA debido a que la muestra no es idónea para el ensayo solicitado. Los resultados se emiten a solicitud del cliente.

"Este informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL-DA, se encuentra dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"

Este documento es emitido bajo las Condiciones Generales de Servicio de SGS del Perú S.A.C, las cuales se encuentran descritas en la página <http://www.sgs.com.pe/ES/Terms-and-Conditions.aspx>. Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción definidas en dichas Condiciones Generales de Servicio, su atención o su uso indebido constituye un delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales de la materia; queda prohibida la reproducción total o parcial, salvo autorización escrita de SGS del Perú S.A.C. Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para la(s) muestra(s) ensayada(s); no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. La compañía no es responsable del origen o fuente de la cual las muestras han sido tomadas y de la información proporcionada por el cliente.

Última Revisión Enero 2022

Este documento es válido solo en entorno electrónico, de imprimirse pierde validez.

Página 7 de 7

SGS del Perú S.A.C.	Av. Elmer Faucett 3348	Callao	† (511) 517 1900	www.sgs.pe
	Ernesto Sunther 275	Parque Industrial	Arequipa	† (054) 213 506
	Jr. Arnaldo Manguel	Bs. San Antonio	Cajamarca	† (078) 366 092
				✉ Pe.servicios@sgs.com

Miembro del Grupo SGS

Figura 128. Informe de Ensayo Monitoreo de Septiembre del 2024.

**INFORME DE ENSAYO
MA2441982 Rev. 0**

VILCA BENANCIO KATERIN YELSI

PJ. LOS PINOS UR. LOTE: 14 BLOCK: E - PILLCO MARCA - HUANUCO - HUANUCO

ENV / LB-355639-002

PROCEDENCIA : HUANUCO

Fecha de Recepción SGS : 13-12-2024

Fecha de Ejecución : Del 13-12-2024 al 21-12-2024

Muestreo Realizado Por : CLIENTE

Estación de Muestreo
RHua11
RHua13
RHua12

"Este informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL-DA, se encuentra dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"
Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.

Página 1 de 7

Figura 129. Informe de Ensayo Monitoreo de Octubre del 2024.

INFORME DE ENSAYO MA2441982 Rev. 0

IDENTIFICACION DE MUESTRA					RHuaIT	RHuaI3
FECHA DE MUESTREO HORA DE MUESTREO CATEGORIA SUB CATEGORIA					31/10/2024 14:30:00 AGUA NATURAL AGUA SUPERFICIAL	31/10/2024 15:30:00 AGUA NATURAL AGUA SUPERFICIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Análisis Generales						
Sólidos Totales en Suspensión	EW_APHA2540D	mg Sólidos Totales en Suspensión/L	1	3	41 (**) ± 9	48 (**) ± 11
Nitrógeno Total	EW_APHA4500PJ	mg/L	0.04	0.10	0.94 (**) ± 0.080	2.64 (**) ± 0.21
Fósforo Total	EW_APHA4500PJF	mg P/L	0.005	0.010	0.110	0.350
Demanda Bioquímica de Oxígeno	EW_APHA5210B	mg/L	1.0	2.8	<2.6 (**)	<2.6 (**)
Demanda Química de Oxígeno	EW_APHA5230D	mgO2/L	1.8	4.5	9.5 (**) ± 1.0	12.3 (**) ± 1.20
Aceites y Grasas	EW_ASTMO3921	mg/L	0.2	0.4	<0.4 (**)	<0.4 (**)
S.A.A.M. (Detergentes)	EW_ISO76265	mg/L	0.020	0.050	<0.050 (**)	<0.050 (**)
Aniones						
Cloruro	EW_EPA300_0	mg/L	0.025	0.050	11.383 (**) ± 1.48	12.165 (**) ± 1.58
Fluoruro	EW_EPA300_0	mg/L	0.002	0.004	0.041 (**) ± 0.0050	0.043 (**) ± 0.0060
Nitrato	EW_EPA300_0	mg/L	0.031	0.062	<0.062 (**)	<0.062 (**)
Nitrito	EW_EPA300_0	mg/L	0.003	0.006	<0.006 (**)	<0.006 (**)
Sulfato	EW_EPA300_0	mg/L	0.01	0.03	42.49 ± 2.24	44.49 ± 2.35
Análisis Microbiológicos						
Numeración de Coliformes fecales o termotolerantes	EW_APHA9221E_NMP	NMP/100 mL	-	-	7.8 (**)	<1.8 (**)
Numeración de Escherichia coli	EW_APHA9221F	NMP/100 mL	-	-	<1.8 (**)	<1.8 (**)
Metales Pesados						
Aluminio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.001	0.003	1.119 ± 0.10	2.008 ± 0.18
Antimonio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00004	0.00013	0.00154 ± 0.00043	0.00138 ± 0.00039
Arsénico Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00003	0.00010	0.00753 ± 0.00083	0.01131 ± 0.0012
Bario Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0503 ± 0.0045	0.0574 ± 0.0052
Berilio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	0.00007 ± 0.000010
Bismuto Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003	<0.00003
Boro Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.002	0.006	0.085 ± 0.010	0.073 ± 0.0090
Cadmio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00033 ± 0.000080	0.00007 ± 0.000020
Calcio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.003	0.009	37.820 ± 3.78	39.114 ± 3.91
Cerio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00008	0.00024	0.00196 ± 0.00016	0.00300 ± 0.00024
Cesio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0047 ± 0.00080	0.0038 ± 0.00060
Cobalto Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00102 ± 0.000090	0.00174 ± 0.00016
Cobre Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00003	0.00009	0.00564 ± 0.0014	0.00754 ± 0.0019
Cromo Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	0.0011 ± 0.00030
Estaño Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010	<0.00010
Estroncio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	0.3367 ± 0.030	0.3276 ± 0.030
Fósforo Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.015	0.047	0.108 ± 0.030	0.344 ± 0.096
Gaio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00004	0.00012	0.00045 ± 0.000040	0.00234 ± 0.00019
Germanio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Hafnio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00005	0.00015	<0.00015	0.00019 ± 0.000020
Hierro Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0004	0.0013	1.9289 ± 0.15	3.2988 ± 0.26
Lantano Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Litio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0386 ± 0.0035	0.0320 ± 0.0029
Lutecio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Magnesio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.001	0.003	10.774 ± 1.29	13.063 ± 1.57
Manganeso Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00003	0.00010	0.07823 ± 0.0055	0.13482 ± 0.0094
Mercurio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00003	0.00009	<0.00009 (**)	<0.00009 (**)
Molibdeno Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00002	0.00006	0.00140 ± 0.00032	0.00171 ± 0.00039
Niobio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Niquel Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0011 ± 0.00030	0.0041 ± 0.00090
Plata Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010	<0.000010
Plomo Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0050 ± 0.00050	0.0065 ± 0.00060
Potasio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.04	0.13	2.36 ± 0.19	3.39 ± 0.27
Rubidio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0003	0.0009	0.0094 ± 0.00090	0.0104 ± 0.0010
Selenio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0004	0.0013	<0.0013	<0.0013
Silica Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.09	0.27	12.43 ± 1.49	19.45 ± 2.33
Silicio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.040	0.128	5.811 ± 0.70	9.090 ± 1.091
Sodio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.006	0.019	11.513 ± 1.27	15.646 ± 1.72
Taio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Tantalio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0007	0.0021	<0.0021	<0.0021
Teluro Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.001	0.003	<0.003	<0.003
Torio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00006	0.00019	<0.00019	<0.00019
Tiario Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0225 ± 0.0029	0.0421 ± 0.0055
Uranio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.000003	0.000010	0.000289 ± 0.000051	0.000324 ± 0.000068
Vanadio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0018 ± 0.00030	0.0148 ± 0.0022
Wolframio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Yturbio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	0.00008 ± 0.000020
Zinc Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0008	0.0026	0.0160 ± 0.0016	0.0232 ± 0.0021
Zirconio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00015	0.00045	<0.00045	0.00069 ± 0.00016

Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.

Figura 130. Informe de Ensayo Monitoreo de Octubre del 2024.

INFORME DE ENSAYO MA2441982 Rev. 0

IDENTIFICACION DE MUESTRA					RHa2
FECHA DE MUESTREO HORA DE MUESTREO CATEGORIA SUB CATEGORIA					31/10/2024 16:30:00 AGUA NATURAL AGUA SUPERFICIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre
Análisis Generales					
Sólidos Totales en Suspensión	EW_APHA2540D	mg Sólidos Totales en Suspensión/L	t	3	117 (**) ± 27
Nitrógeno Total	EW_APHA4500PJ	mg N/L	0.04	0.10	1.88 (***) ± 0.15
Fósforo Total	EW_APHA4500PJ	mg P/L	0.005	0.010	0.330
Demanda Bioquímica de Oxígeno	EW_APHA5210B	mg/L	1.0	2.6	<2.6 (**)
Demanda Química de Oxígeno	EW_APHA5220D	mg O ₂ /L	1.8	4.5	7.8 (***) ± 0.80
Aceites y Grasas	EW_ASTMD3921	mg/L	0.2	0.4	<0.4 (**)
S.A.A.M. (Detergentes)	EW_ISO16265	mg/L	0.020	0.050	<0.050 (**)
Análisis					
Cloruro	EW_EPA200.8	mg/L	0.025	0.050	12.762 (***) ± 1.59
Fluoruro	EW_EPA200.8	mg/L	0.002	0.004	0.043 (***) ± 0.0060
Nitrato	EW_EPA200.8	mg/L	0.031	0.062	<0.062 (**)
Nitrito	EW_EPA200.8	mg/L	0.003	0.006	<0.006 (**)
Sulfato	EW_EPA200.8	mg/L	0.01	0.03	31.69 ± 1.65
Análisis Microbiológicos					
Numeración de Coliformes fecales o termotolerantes	EW_APHA9221E_NMP	NMP/100 mL	—	—	33 (**)
Numeración de Escherichia coli	EW_APHA9221F	NMP/100 mL	—	—	<1.8 (**)
Materiales Trazas					
Aluminio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.001	0.003	5.670 ± 0.51
Antimonio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.00004	0.00013	0.00209 ± 0.00059
Arsénico Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.00003	0.00010	0.01419 ± 0.0016
Bario Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0001	0.0003	0.1043 ± 0.0094
Berilio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.00002	0.00006	0.00017 ± 0.000040
Bismuto Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00031 ± 0.000070
Boro Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.002	0.006	0.076 ± 0.0090
Cadmio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00020 ± 0.000060
Calcio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.003	0.009	41.614 ± 4.16
Carbono Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.00008	0.00024	0.00764 ± 0.00062
Cesio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0059 ± 0.0010
Cobalto Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00486 ± 0.00044
Cobre Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.00003	0.00009	0.01852 ± 0.0046
Cromo Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0100 ± 0.0025
Estibio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010
Estroncio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0002	0.0006	0.3480 ± 0.031
Fósforo Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.015	0.047	0.320 ± 0.080
Gaio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.00004	0.00012	0.00316 ± 0.00026
Germanio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006
Hafnio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.00005	0.00015	0.00017 ± 0.000010
Hierro Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0004	0.0013	9.0091 ± 0.77
Lantano Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0005	0.0015	0.0035 ± 0.00090
Litio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0346 ± 0.0031
Lutecio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006
Magnesio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.001	0.003	14.717 ± 1.77
Manganeso Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.00003	0.00010	0.31523 ± 0.022
Mercurio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.00003	0.00009	<0.00009 (**)
Molibdeno Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.00002	0.00006	0.00209 ± 0.00048
Niobio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015
Niquel Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0115 ± 0.0026
Plata Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.000003	0.000010	0.000020 ± 0.0000040
Plomo Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0222 ± 0.0020
Potasio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.04	0.13	4.23 ± 0.34
Rubidio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0003	0.0009	0.0164 ± 0.0016
Selenio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0004	0.0013	0.0014 ± 0.00030
Silicio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.09	0.27	32.95 ± 3.36
Sodio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.040	0.128	15.400 ± 1.85
Talio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.006	0.019	14.296 ± 1.52
Talio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.00002	0.00006	0.00006 ± 0.000010
Tantalo Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0007	0.0021	<0.0021
Teluro Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.001	0.003	<0.003
Torio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.00006	0.00019	<0.00019
Titanio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0002	0.0006	0.1065 ± 0.014
Urano Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.000003	0.000010	0.000357 ± 0.000075
Vanadio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0213 ± 0.0032
Wolframio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006
Yterbio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.00002	0.00006	0.00020 ± 0.000040
Materiales Trazas					

Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.

Figura 131. Informe de Ensayo Monitoreo de Octubre del 2024.

**INFORME DE ENSAYO
MA2441982 Rev. 0**

IDENTIFICACION DE MUESTRA					RHta2
FECHA DE MUESTREO					31/10/2024
HORA DE MUESTREO					16:30:00
CATEGORIA					AGUA NATURAL
SUB CATEGORIA					AGUA SUPERFICIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre
Zinc Total	EW EPA200_8	mg/L	0.0008	0.0026	0.0495 ± 0.0050
Zirconio Total	EW EPA200_8	mg/L	0.00015	0.00045	0.00086 ± 0.00020

Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.

Página 4 de 7

Figura 132. Informe de Ensayo Monitoreo de Octubre del 2024.

**INFORME DE ENSAYO
MA2441982 Rev. 0**

CONTROL DE CALIDAD

Parámetro	Unidad	LC	MB	DUP %RPD	LCS %Recovery	MS %Recovery	MSD %RPD
LC: Límite de cuantificación MB: Blanco del proceso. LCS %Recovery: Porcentaje de recuperación del patrón de proceso. MS %Recovery: Porcentaje de recuperación de la muestra adicionada. MSD %RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados de la muestra adicionada. Dup %RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados del proceso.							
S.A.M. (Detergentes)	mg/L	0.050	<0.050		99 - 100%	98 - 104%	4 - 8%
Aceites y Grasas	mg/L	0.4	<0.4	0%	103%	110%	
Fósforo Total	mg P/L	0.010	<0.010		97 - 104%	103%	5%
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	2.6	<2.6		99 - 100%		
Demanda Química de Oxígeno	mg O ₂ /L	4.5	<4.5		96 - 100%	100%	3%
Aluminio Total	mg/L	0.003	<0.003	1%	95 - 105%	99 - 108%	1%
Antimonio Total	mg/L	0.00013	<0.00013	0%	101 - 105%	95 - 96%	3%
Arsénico Total	mg/L	0.00010	<0.00010	1%	97 - 104%	91 - 97%	2%
Bario Total	mg/L	0.003	<0.003	4%	97 - 99%	97 - 103%	4%
Berilio Total	mg/L	0.00006	<0.00006	0%	98 - 107%	93 - 95%	8%
Bismuto Total	mg/L	0.00003	<0.00003	0%	96 - 108%	103 - 105%	1%
Boro Total	mg/L	0.006	<0.006	7%	92%	99 - 101%	0%
Cadmio Total	mg/L	0.00003	<0.00003	0%	93 - 97%	93 - 96%	2%
Calcio Total	mg/L	0.009	<0.009	2%	96 - 108%	92 - 104%	12%
Cerio Total	mg/L	0.00004	<0.00004	8%	98 - 107%	94 - 96%	1%
Cesio Total	mg/L	0.0003	<0.0003	1%	92 - 107%	100 - 102%	3%
Cobalto Total	mg/L	0.00003	<0.00003	0%	91 - 101%	94 - 95%	7%
Cobre Total	mg/L	0.00009	<0.00009	0%	105 - 109%	96 - 99%	4%
Cromo Total	mg/L	0.0003	<0.0003	0%	101 - 102%	95 - 106%	8%
Estaño Total	mg/L	0.00010	<0.00010	0%	97 - 104%	99 - 109%	3%
Estroncio Total	mg/L	0.0006	<0.0006	3%	91 - 103%	92 - 99%	8%
Fósforo Total	mg/L	0.047	<0.047	5%	93 - 101%	94 - 108%	10%
Gaio Total	mg/L	0.00012	<0.00012	0%	101 - 103%	93 - 95%	5%
Germanio Total	mg/L	0.0006	<0.0006	0%	94 - 100%	96 - 102%	9%
Hafnio Total	mg/L	0.00015	<0.00015	0%	103 - 104%	91 - 107%	5%
Hierro Total	mg/L	0.0013	<0.0013	3%	94 - 102%	94 - 99%	0%
Lantano Total	mg/L	0.0015	<0.0015	0%	94 - 95%	91 - 92%	0%
Litio Total	mg/L	0.0003	<0.0003	6%	94%	92 - 102%	0%
Lutecio Total	mg/L	0.00006	<0.00006	0%	91 - 96%	108 - 109%	2%
Magnesio Total	mg/L	0.003	<0.003	4%	101 - 106%	104 - 107%	4%
Manganeso Total	mg/L	0.00010	<0.00010	3%	96 - 107%	98 - 101%	1%
Mercurio Total	mg/L	0.00009	<0.00009	0%	94 - 100%	91 - 99%	4%
Molibdeno Total	mg/L	0.00006	<0.00006	0%	94 - 104%	94 - 96%	0%
Niobio Total	mg/L	0.0015	<0.0015	0%	92 - 97%	98 - 103%	1%
Níquel Total	mg/L	0.0006	<0.0006	0%	94 - 101%	91 - 95%	4%
Plata Total	mg/L	0.00010	<0.00010	0%	99 - 107%	100 - 103%	3%
Plomo Total	mg/L	0.0006	<0.0006	0%	101 - 104%	95 - 99%	1%
Potasio Total	mg/L	0.13	<0.13	4%	94 - 105%	107%	0%
Rubidio Total	mg/L	0.0009	<0.0009	3%	101 - 104%	93 - 97%	9%
Selenio Total	mg/L	0.0013	<0.0013	0%	92%	94 - 95%	3%
Silicio Total	mg/L	0.27	<0.27	7%	100%	92 - 103%	0%
Sódico Total	mg/L	0.128	<0.128	7%	98 - 100%	92 - 103%	0%
Sodio Total	mg/L	0.019	<0.019	2%	103 - 108%	96 - 103%	13%
Talio Total	mg/L	0.00006	<0.00006	0%	93 - 102%	94 - 97%	3%
Tantalo Total	mg/L	0.0021	<0.0021	0%	93 - 108%	97 - 108%	2%
Teluro Total	mg/L	0.003	<0.003	0%	91 - 107%	101 - 102%	9%
Torio Total	mg/L	0.00019	<0.00019	0%	96 - 101%	97%	2%
Ytario Total	mg/L	0.0006	<0.0006	7%	96 - 97%	95 - 99%	7%
Yttrio Total	mg/L	0.00010	<0.00010	0%	97 - 99%	97 - 103%	10%
Vanadio Total	mg/L	0.0003	<0.0003	0%	105 - 109%	103 - 106%	1%
Wolframio Total	mg/L	0.0006	<0.0006	0%	92 - 102%	100 - 108%	4%
Yterbio Total	mg/L	0.00006	<0.00006	0%	94 - 101%	105 - 108%	1%
Zinc Total	mg/L	0.0026	<0.0026	1%	92 - 101%	92 - 97%	2%
Zirconio Total	mg/L	0.00045	<0.00045	7%	91 - 107%	94 - 96%	3%
Nitrogeno Total	mg N/L	0.10	<0.10		107%	99%	2%
Sólidos Totales en Suspensión	mg Sólidos Totales en Suspensión/L	3	<3	0 - 5%	98 - 100%		
Cloro	mg/L	0.050	<0.050		100%	100%	0%
Fluoruro	mg/L	0.004	<0.004		98 - 100%	100 - 104%	0 - 1%
Nitrato	mg/L	0.062	<0.062		98 - 100%	100%	0%
Nitrito	mg/L	0.006	<0.006		99 - 100%	100%	0%
Sulfato	mg/L	0.03	<0.03		100%	100%	0%

Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.

Figura 133. Informe de Ensayo Monitoreo de Octubre del 2024.

**INFORME DE ENSAYO
MA2441982 Rev. 0**

REFERENCIAS DE MÉTODOS DE ENSAYO

Referencia	Sede	Parámetro	Método de Ensayo
EW_APHA2540D	Callao	Sólidos Totales en Suspensión	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540-D, 23rd Ed. 2017. Solids: Total Suspended Solids dried at 103-105 °C. (VALIDADO - Aplicado fuera del alcance) 2017
EW_APHA4500PJ	Callao	Nitrógeno Total	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-P, J, 23rd Ed. 2017. Phosphorus, Persulfate Method for Simultaneous Determination of Total Nitrogen and Total Phosphorus (VALIDADO - Aplicado fuera del alcance) 2017
EW_APHA4500PJF	Callao	Fósforo Total	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-P, F, J, 24th Ed. 2023. Phosphorus, Automated Ascorbic Acid Reduction Method, Persulfate Method for Simultaneous Determination of Total Nitrogen and Total Phosphorus
EW_APHA5210B	Callao	Demanda Bioquímica de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 24th Ed. 2023. Biochemical Oxygen Demand (BOD): 5-Day BOD test
EW_APHA5220D	Callao	Demanda Química de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. 2017. Chemical Oxygen Demand, Closed Reflux, Colorimetric Method. (VALIDADO - Aplicado fuera del alcance) 2017
EW_APHA9221E_NMP	Callao	Numeración de Coliformes fecales o termotolerantes	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E, 1, 24th Ed. (Incluye Muestreo). 2023. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure. Thermotolerant Coliform Test (EC Medium)
EW_APHA9221F	Callao	Numeración de Escherichia coli (EC-MUG)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 F, 1, 24th Ed. (Incluye Muestreo). 2023. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Escherichia coli Procedure Using Fluorogenic Substrate. Escherichia coli test (EC-MUG Medium)
EW_ASTMD3921	Callao	Aceites y Grasas	ASTM D3921 - 96 (Reapproved 2011) Standard Test Method for Oil and Grease and Petroleum Hydrocarbons in Water. (VALIDADO - Aplicado fuera del alcance) 2015
EW_EPA200_8	Callao	Metales Totales	EPA- Method 200.8 Rev. 5.4, 1994. Determination of trace elements in water and wastes by Inductively Coupled Plasma-Mass spectrometry. 2015 (VALIDADO - Aplicado fuera del alcance)
EW_EPA300_0	Callao	Cloruro	EPA METHOD 300.0, Rev. 2.1; 1993. Determination of inorganic anions by ion chromatography.
EW_EPA300_0	Callao	Fluoruro	EPA METHOD 300.0, Rev. 2.1; 1993. Determination of inorganic anions by ion chromatography.
EW_EPA300_0	Callao	Nitrato	EPA METHOD 300.0, Rev. 2.1; 1993. Determination of inorganic anions by ion chromatography.
EW_EPA300_0	Callao	Nitrato	EPA METHOD 300.0, Rev. 2.1; 1993. Determination of inorganic anions by ion chromatography.
EW_EPA300_0	Callao	Sulfato	EPA METHOD 300.0, Rev. 2.1; 1993. Determination of inorganic anions by ion chromatography.
EW_ISO16265	Callao	S.A.A.M.(Detergentes)	ISO 16265, 1st Ed. 2009. Water quality - Determination of the Methylene blue active substances (MBAS) index - Method using continuous flow analysis (CFA) (VALIDADO - Aplicado fuera del alcance) 2014

Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.

Página 6 de 7

Figura 134. Informe de Ensayo Monitoreo de Octubre del 2024.

INFORME DE ENSAYO MA2441982 Rev. 0

NOTAS

- El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.
- Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.
- La incertidumbre expandida de medición reportada se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar combinada por el factor de cobertura $k=2$, de modo que la probabilidad de cobertura corresponde aproximadamente a un nivel de confianza del 95%.
- (*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA.
- (**) Los resultados del ensayo no se encuentran dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL - DA debido a que la muestra no es idónea para el ensayo solicitado. Los resultados se emiten a solicitud del cliente.

"Este informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL-DA, se encuentra dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"

Este documento es emitido bajo las Condiciones Generales de Servicio de SGS del Perú S.A.C., las cuales se encuentran descritas en la página <http://www.sgs.pe/es-ES/Terms-and-Conditions.aspx>. Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción definidas en dichas Condiciones Generales de Servicio, su alteración o su uso indebido constituye un delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales de la materia; queda prohibida la reproducción total o parcial, salvo autorización escrita de SGS del Perú S.A.C.

Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para la(s) muestra(s) ensayada(s); no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. La compañía no es responsable del origen o fuente de la cual las muestras han sido tomadas y de la información proporcionada por el cliente.

Última Revisión Enero 2022

Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.

Página 7 de 7

Figura 135. Informe de Ensayo Monitoreo de Octubre del 2024.