

UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y AMBIENTALES



Influencia del vertimiento de aguas residuales municipales en la
calidad del agua de la cuenca baja del río Huaura - Huaura, período
2017-2020

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AMBIENTAL**

AUTORES

Asunciona Clorinda Campos Gutierrez

Melvin Nathaly Paredes Matta

ASESORES

Fredy Román Paredes Aguirre

Elvira Teófila Castañeda Chirre

Huaura, Perú

2025

METADATOS COMPLEMENTARIOS**Datos de los Autores****Autor 1**

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	
Número de Orcid (opcional)	

Autor 2

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	
Número de Orcid (opcional)	

Autor 3

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	
Número de Orcid (opcional)	

Autor 4

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	
Número de Orcid (opcional)	

Datos de los Asesores**Asesor 1**

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	
Número de Orcid (Obligatorio)	

Asesor 2

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	
Número de Orcid (Obligatorio)	

Datos del Jurado

Presidente del jurado

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	

Segundo miembro

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	

Tercer miembro

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	

Datos de la Obra

Materia*	
Campo del conocimiento OCDE Consultar el listado:	
Idioma	
Tipo de trabajo de investigación	
País de publicación	
Recurso del cual forma parte (opcional)	
Nombre del grado	
Grado académico o título profesional	
Nombre del programa	
Código del programa Consultar el listado:	

***Ingresar las palabras clave o términos del lenguaje natural (no controladas por un vocabulario o tesauro).**



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

ACTA N° 023-2025-UCSS/FCAA-DI

Siendo las 09:30 a. m. del 09 de abril de 2025 a través de la plataforma virtual zoom de la Universidad Católica Sedes Sapientiae, el Jurado de Tesis integrado por:

- | | |
|-------------------------------------|-----------------|
| 1. Manuel Antonio Trelles Velasco | presidente |
| 2. Julián Alberto Álvarez Paredes | primer miembro |
| 3. Carlos Alfonso Maldonado Vásquez | segundo miembro |
| 4. Fredy Román Paredes Aguirre | asesor(a) |

Se reunieron para la sustentación virtual de la tesis titulada:

Influencia del vertimiento de aguas residuales municipales en la calidad del agua de la cuenca baja del río Huaura - Huaura, período 2017- 2020

Que presentan las bachilleres en **Ciencias Ambientales**:

Melvin Nathaly Paredes Matta Asunciona Clorinda Campos Gutierrez

Cumpliendo así con los requerimientos exigidos por el reglamento para la modalidad de titulación; la presentación y sustentación de un trabajo de investigación original, para obtener el Título Profesional de **Ingeniero Ambiental**.

Terminada la sustentación y luego de deliberar, el jurado acuerda:

APROBAR	X
DESAPROBAR	...

La tesis, con el calificativo de **SUFICIENTE** y eleva la presente acta al decanato de la **Facultad de Ciencias Agrarias y Ambientales**, a fin de que se declare EXPEDITA para conferir el TÍTULO de **INGENIERO AMBIENTAL**.

Lima, 09 de abril de 2025.


Manuel Antonio Trelles Velasco
Presidente


Julián Alberto Álvarez Paredes
1° miembro


Carlos Alfonso Maldonado Vásquez
2° miembro


Fredy Román Paredes Aguirre
Asesor(a)

Anexo 2**CARTA DE CONFORMIDAD DEL ASESOR(A) DE TESIS / INFORME ACADÉMICO/ TRABAJO DE INVESTIGACIÓN/ TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL CON INFORME DE EVALUACIÓN DEL SOFTWARE ANTIPLAGIO**

Huaura, 08 de abril de 2025

Señor(a),
Wilfredo Mendoza Caballero
Jefe del Departamento de Investigación
Facultad de Ciencias Agrarias y Ambientales

Reciba un cordial saludo.

Sirva el presente para informar que **la tesis** / informe académico/ trabajo de investigación/ trabajo de suficiencia profesional, bajo mi asesoría, con **título:** Influencia del vertimiento de aguas residuales municipales en la calidad del agua de la cuenca baja del río Huaura - Huaura, período 2017-2020, presentado por Campos Gutierrez Asunciona Clorinda (código de estudiante 2015101890 y DNI 71845851) y Paredes Matta Melvin Nathaly (código de estudiante 2015101892 y DNI 72414341) para optar el **título profesional**/ grado académico de Ingeniero Ambiental ha sido revisado en su totalidad por mi persona y **CONSIDERO** que el mismo se encuentra **APTO** para ser sustentado ante el Jurado Evaluador.

Asimismo, para garantizar la originalidad del documento en mención, se le ha sometido a los mecanismos de control y procedimientos antiplagio previstos en la normativa interna de la Universidad, **cuyo resultado alcanzó un porcentaje de similitud de 0 % (cero)**. Por tanto, en mi condición de asesor(a), firmo la presente carta en señal de conformidad y adjunto el informe de similitud del Sistema Antiplagio Turnitin, como evidencia de lo informado.

Sin otro particular, me despido de usted. Atentamente,

A handwritten signature in blue ink, reading 'Fredy Roman Paredes Aguirre', is written over a horizontal line.

Firma

Fredy Roman Paredes Aguirre (a)

DNI N°: 15859960

ORCID: 0000-0002-3829-9541

Facultad de Ciencias Agrarias y Ambientales - UCSS

* De conformidad con el artículo 8°, del Capítulo 3 del Reglamento de Control Antiplagio e Integridad Académica para trabajos para optar grados y títulos, aplicación del software antiplagio en la UCSS, se establece lo siguiente:

Artículo 8°. Criterios de evaluación de originalidad de los trabajos y aplicación de filtros

El porcentaje de similitud aceptado en el informe del software antiplagio para trabajos para optar grados académicos y títulos profesionales, será máximo de veinte por ciento (20%) de su contenido, siempre y cuando no implique copia o indicio de copia.

DEDICATORIA

A nuestros padres, quienes apostaron por nuestra educación y crecimiento profesional; apoyándonos, tanto emocional y económicamente, para cumplir todas las metas trazadas.

A nuestros asesores, Mg. Fredy Román Paredes Aguirre y Mg. Elvira Castañeda Chirre, quienes brindaron el apoyo técnico necesario para la ejecución exitosa de la presente investigación.

A nuestros familiares, amigos y compañeros del pregrado, por compartir sus experiencias de vida, para desempeñarnos éticamente, en un ambiente de armonía, respeto y cooperación mutua.

AGRADECIMIENTOS

- A Dios, nuestro más sincero agradecimiento, ya que Él es la fuente de inteligencia y sabiduría. También agradecemos por el don de la vida, la salud y la oportunidad de formar parte del Programa Nacional de Beca 18, lo que nos permitió estudiar nuestra carrera universitaria.
- A nuestros padres, por el esfuerzo que hicieron en educarnos y apoyarnos incondicionalmente en todos los momentos difíciles de nuestras vidas.
- A nuestro Asesores, quienes nos brindaron el apoyo durante el desarrollo de esta investigación.
- Al Ing. Rhoyni Quiroz Santos, por apoyarnos en el desarrollo de la investigación.
- Al Programa Nacional de Beca 18 por brindarnos la oportunidad y las facilidades durante la formación profesional.
- A la Universidad, queremos expresar nuestro más profundo agradecimiento por apoyarnos en nuestra formación profesional y por brindarnos la oportunidad de ser parte de la comunidad universitaria, convirtiéndose así en nuestra alma mater.
- A todos los catedráticos de la Universidad, les agradecemos por sus valiosas enseñanzas y lecciones que han quedado grabadas en nosotros, permitiéndonos desenvolvernos con éxito en el campo laboral.
- A nuestros compañeros y amigos de toda la vida, en especial a Angélica Murillo Advíncula, por brindarnos su apoyo y motivación para culminar nuestra carrera profesional.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
ÍNDICE GENERAL	8
ÍNDICE DE TABLAS	11
ÍNDICE DE FIGURAS	13
ÍNDICE DE APÉNDICES	14
RESUMEN	15
ABSTRACT	16
INTRODUCCIÓN	17
OBJETIVOS	19
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO	20
1.1. Antecedentes	20
1.2. Bases teóricas especializadas	28
1.2.1. El agua	28
1.2.2. Importancia de la calidad del agua	29
1.2.3. Contaminación del agua	30
1.2.4. Tipos de aguas residuales que causan contaminación	31
1.2.5. Aguas residuales domésticas	32
1.2.6. Aguas residuales industriales	32
1.2.7. Aguas residuales municipales	33
1.2.8. Parámetros físicos del agua como indicadores de contaminación	34
1.2.9. Parámetros químicos del agua como indicadores de contaminación	34
1.2.10. Parámetros microbiológicos del agua como indicadores de contaminación	37
CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS	43
2.1. Diseño de la investigación	43
2.2. Lugar y fecha	43
2.3. Población y muestra	46
2.4. Técnicas e instrumentos	47
2.5. Descripción de la investigación	48
2.5.1. Fase preliminar (Pre muestreo)	48
2.5.2. Fase de campo	48
2.5.3. Fase de laboratorio	50
2.5.4. Fase de gabinete	51

2.6. Identificación de variables y su mensuración.....	53
2.7. Análisis estadístico de datos.....	53
2.8. Materiales y equipos.....	53
CAPÍTULO III: RESULTADOS	55
3.1. Evaluación de la variación de los parámetros fisicoquímicos (potencial de hidrógeno, temperatura, conductividad eléctrica, aceites y grasas, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅) y oxígeno disuelto en el agua) de la cuenca baja del río Huaura, período 2017-2020	55
3.1.1. Potencial de hidrógeno	55
3.1.2. Temperatura.....	57
3.1.3. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	58
3.1.4. Conductividad eléctrica (μS/cm).....	60
3.1.5. Oxígeno disuelto.....	61
3.1.6. Aceites y grasas	63
3.2. Evaluación de la variación de los parámetros microbiológicos (Coliformes termotolerantes y <i>Escherichia coli</i> en el agua) de la cuenca baja del río Huaura, período 2017-2020	64
3.2.1. Coliformes termotolerantes	64
3.2.2. <i>Escherichia coli</i>	66
3.3. Determinación del Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS) de la cuenca baja del río Huaura, período 2017-2020.....	68
3.4. Comparar las concentraciones de los parámetros antes y después del vertimiento utilizando la Prueba <i>T-student</i> , período 2017-2020	73
3.4.1. Determinación de la influencia del vertimiento en el pH.....	73
3.4.2. Determinación de la influencia del vertimiento en la temperatura.....	74
3.4.3. Determinación de la influencia del vertimiento en la DBO ₅	75
3.4.4. Determinación de la influencia del vertimiento en la conductividad eléctrica.....	76
3.4.5. Determinación de la influencia del vertimiento en el Oxígeno Disuelto	77
3.4.6. Determinación de la influencia del vertimiento en Aceites y grasas.....	78
3.4.7. Determinación de la influencia del vertimiento en coliformes.....	78
3.4.8. Determinación de la influencia del vertimiento en <i>Escherichia coli</i>	79
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN.....	81
4.1. Evaluación de la variación de los parámetros fisicoquímicos (potencial de hidrógeno, temperatura, conductividad eléctrica, aceites y grasas, Demanda Bioquímica de	

Oxígeno (DBO ₅) y oxígeno disuelto en el agua) de la cuenca baja del río Huaura, período 2017-2020	81
4.2. Evaluación de la variación de los parámetros microbiológicos (Coliformes termotolerantes y <i>Escherichia coli</i> en el agua) de la cuenca baja del río Huaura, período 2017-2020	83
4.3. Determinación del Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS) de la cuenca baja del río Huaura, período 2017-2020.....	84
4.4. Comparar las concentraciones de los parámetros antes y después del vertimiento utilizando la Prueba <i>T-student</i> , período 2017-2020	85
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES	89
CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES	91
REFERENCIAS	92
TERMINOLOGÍA	105
APÉNDICES	107

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. <i>Contaminantes más comunes en las aguas residuales</i>	31
Tabla 2. <i>Clasificación de industrias según las características de los efluentes</i>	33
Tabla 3. <i>Fuentes contaminantes de la cuenca del río Huaura</i>	40
Tabla 4. <i>Relación de documentos de monitoreo de agua, período 2017-2020</i>	47
Tabla 5. <i>Puntos de muestreo de agua</i>	50
Tabla 6. <i>Escala de valoración del ICARHS</i>	52
Tabla 7. <i>Variables de estudio</i>	53
Tabla 8. <i>Materiales para la toma de muestras</i>	54
Tabla 9. <i>Equipos para la toma de datos en campo</i>	54
Tabla 10. <i>Materiales y equipos complementarios para la toma de datos</i>	54
Tabla 11. <i>Resumen estadístico del pH (Unidad) en 2017, 2018, 2019 y 2020</i>	56
Tabla 12. <i>Resumen estadístico de la temperatura (°C) en 2017, 2018, 2019 y 2020</i>	58
Tabla 13. <i>Resumen estadístico de DBO₅ (mg/L) en 2017, 2018, 2019 y 2020</i>	60
Tabla 14. <i>Resumen estadístico de conductividad eléctrica (μS/cm) en 2017, 2018, 2019 y 2020</i>	61
Tabla 15. <i>Resumen estadístico de oxígeno disuelto (mg/L) en 2017, 2018, 2019 y 2020</i> .	63
Tabla 16. <i>Resumen estadístico de aceites y grasas (mg/L) en 2017, 2018, 2019 y 2020</i> ...	64
Tabla 17. <i>Resumen estadístico de coliformes termotolerantes en 2017, 2018, 2019 y 2020</i>	66
Tabla 18. <i>Resumen estadístico de E. coli en 2018, 2019 y 2020</i>	67
Tabla 19. <i>ICARHS en los puntos de muestreo del año 2017</i>	68
Tabla 20. <i>ICARHS en los puntos de muestreo del año 2018</i>	69
Tabla 21. <i>ICARHS en los puntos de muestreo del año 2019</i>	71
Tabla 22. <i>ICARHS en los puntos de muestreo del año 2020</i>	72
Tabla 23. <i>Comparación de medias de pH antes y después del vertimiento de aguas residuales municipales, período 2017-2020</i>	73
Tabla 24. <i>Prueba de T de muestras relacionadas para la determinación de influencia del vertimiento en pH, período 2017-2020</i>	74
Tabla 25. <i>Comparación de medias de temperatura antes y después del vertimiento de aguas residuales municipales período 2017 - 2020</i>	74

Tabla 26. <i>Prueba de T para muestras relacionadas para la determinación de influencia del vertimiento en la temperatura, período 2017- 2020</i>	75
Tabla 27. <i>Comparación de medias de DBO₅ antes y después del vertimiento de aguas residuales municipales, período 2017 - 2020</i>	75
Tabla 28. <i>Prueba de T para muestras relacionadas para la determinación de influencia del vertimiento en DBO₅, período 2017 - 2020</i>	76
Tabla 29. <i>Comparación de medias de conductividad antes y después del vertimiento de aguas residuales municipales, período 2017 - 2020</i>	76
Tabla 30. <i>Prueba T para muestras relacionadas para la determinación de influencia del vertimiento en la conductividad, período 2017 – 2020</i>	77
Tabla 31. <i>Comparación de medias de oxígeno disuelto antes y después del vertimiento de aguas residuales municipales, período 2017 - 2020</i>	78
Tabla 32. <i>Prueba de T para muestras relacionadas para la determinación de influencia del vertimiento en el Oxígeno Disuelto, período 2017 - 2020</i>	78
Tabla 33. <i>Comparación de medias de coliformes antes y después del vertimiento de aguas residuales municipales, período 2017 - 2020</i>	79
Tabla 34. <i>Prueba de T para muestras relacionadas para la determinación de influencia del vertimiento en coliformes termotolerantes, período 2017 - 2020</i>	79
Tabla 35. <i>Comparación de medias de E. coli antes y después del vertimiento de aguas residuales municipales, período 2017 - 2020</i>	80
Tabla 36. <i>Prueba T para muestras relacionadas para la determinación de influencia del vertimiento en E. coli, período 2017 - 2020</i>	80

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. <i>Mapa de ubicación de la cuenca del río Huaura</i>	44
Figura 2. <i>Mapa de ubicación de la zona de estudio - cuenca baja del río Huaura</i>	45
Figura 3. <i>Toma de muestras de agua</i>	49
Figura 4. <i>Valores de pH en 2017, 2018, 2019 y 2020</i>	56
Figura 5. <i>Valores de temperatura en 2017, 2018, 2019 y 2020</i>	57
Figura 6. <i>Concentración de DBO₅ (mg/L) en 2017, 2018, 2019 y 2020</i>	59
Figura 7. <i>Conductividad eléctrica en 2017, 2018, 2019 y 2020</i>	60
Figura 8. <i>Oxígeno disuelto en 2017, 2018, 2019 y 2020</i>	62
Figura 9. <i>Aceites y grasas en 2017, 2018, 2019 y 2020</i>	63
Figura 10. <i>Coliformes termotolerantes (NMP/100 mL) en 2017, 2018, 2019 y 2020</i>	65
Figura 11. <i>Escherichia coli en 2017, 2018, 2019 y 2020</i>	67
Figura 12. <i>ICARHS en los puntos de muestreo del año 2017</i>	69
Figura 13. <i>ICARHS en los puntos de muestreo del año 2018</i>	70
Figura 14. <i>ICARHS en los puntos de muestreo del año 2019</i>	71
Figura 15. <i>ICARHS en los puntos de muestreo del año 2020</i>	73

ÍNDICE DE APÉNDICES

	Pág.
Apéndice 1. Mapa de puntos de muestreo	107
Apéndice 2. Sub índice 1 (materia orgánica) del ICARHS de 2017	108
Apéndice 3. Sub índice 2 (físico químico - metal) del ICARHS de 2017	109
Apéndice 4. Sub índice 1 (materia orgánica) del ICARHS de 2018	110
Apéndice 5. Sub índice 2 (físico químico - metal) del ICARHS de 2018	111
Apéndice 6. Sub índice 1 (materia orgánica) del ICARHS de 2019	112
Apéndice 7. Sub índice 2 (físico químico - metal) del ICARHS de 2019	113
Apéndice 8. Sub índice 1 (materia orgánica) del ICARHS de 2020	114
Apéndice 9. Sub índice 2 (físico químico - metal) del ICARHS de 2020	115
Apéndice 10. Informe de laboratorio - parámetros fisicoquímicos	116
Apéndice 11. Informe de laboratorio - parámetros microbiológicos	117
Apéndice 12. Información del monitoreo del río Huaura de 2017, 2018 y 2019	118

RESUMEN

La contaminación de los ríos por aguas residuales afecta de manera negativa el fin ecológico de los ríos y la salubridad pública; dado que el uso sin previo tratamiento de estas aguas representa un riesgo para la salud, el ambiente y economía, por la modificación de las características físico-químicas y microbiológicas naturales del agua. Este estudio investigó la influencia de las aguas residuales municipales en la calidad del agua en la cuenca baja del río Huaura, midiendo parámetros fisicoquímicos (pH, temperatura, DBO₅, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto y aceites y grasas) y microbiológicos (coliformes termotolerantes y *Escherichia coli*) en seis estaciones de muestreo. Para ello, se utilizó estadística descriptiva para determinar la influencia del vertimiento de las aguas residuales. Asimismo, se evaluó la calidad ambiental de agua, con el Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS) propuesto por la Autoridad Nacional del Agua. Los resultados evidenciaron un incremento en los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos después del vertimiento. Sin embargo, el análisis estadístico mediante la Prueba *T-Student* reveló que ninguno de los parámetros analizados influyó de manera significativa en la calidad del agua, con un nivel de confianza del 95,00 % (pH: p-valor = 0,545; temperatura: p-valor = 0,656; DBO₅: p-valor = 0,552; conductividad eléctrica: p-valor = 0,855; oxígeno disuelto: p-valor = 0,353; coliformes termotolerantes: p-valor = 0,589; y *E. coli*: p-valor = 0,528; todos p-valores > 0,05). Por su parte, el ICARHS clasificó el agua mayoritariamente como de pésima calidad, con proporciones de 33,33 % de los puntos de muestreo en 2017, 50,00 % en 2018, 16,67 % en 2019 y 66,67 % en 2020. Esta clasificación se atribuyó principalmente a la presencia de contaminantes orgánicos. En conclusión, el vertimiento de aguas residuales sin tratamiento tiene un impacto negativo significativo en la calidad del agua de esta cuenca, debido a la tendencia negativa con relación a la calidad del agua, debido al efecto acumulativo en el tiempo.

Palabras clave: *Aguas residuales, contaminación ambiental, ICARHS, salud pública, vertimiento.*

ABSTRACT

River pollution by wastewater negatively affects the ecological purpose of rivers and public health, since the use of these waters without prior treatment represents a risk to health, the environment and the economy, due to the modification of the natural physical-chemical and microbiological characteristics of the water. This study investigated the influence of municipal wastewater on water quality in the lower basin of the Huaura River, measuring physicochemical parameters (pH, temperature, BOD₅, electrical conductivity, dissolved oxygen and oils and fats) and microbiological parameters (thermotolerant coliforms and *Escherichia coli*) at six sampling stations. To this end, descriptive statistics were used to determine the influence of wastewater discharge. Likewise, the environmental quality of water was evaluated, with the Environmental Quality Index of Surface Water Resources (ICARHS) proposed by the National Water Authority. The results showed an increase in the physical-chemical and microbiological parameters after discharge. However, statistical analysis using the Student T-test revealed that none of the parameters analyzed significantly influenced water quality, with a confidence level of 95,00 % (pH: p-value = 0,545; temperature: p-value = 0,656; BOD₅: p-value = 0,552; electrical conductivity: p-value = 0,855; dissolved oxygen: p-value = 0,353; thermotolerant coliforms: p-value = 0,589; and *E. coli*: p-value = 0,528; all p-values > 0,05). For its part, ICARHS classified the water mostly as poor quality, with proportions of 33,33 % of the sampling points in 2017, 50,00 % in 2018, 16,67 % in 2019 and 66,67 % in 2020. This classification was mainly attributed to the presence of organic contaminants. In conclusion, the discharge of untreated wastewater has a significant negative impact on the water quality of this basin, due to the negative trend in relation to water quality, due to the cumulative effect over time.

Keywords: *Wastewater, environmental pollution, ICARHS, public health, discharge.*

INTRODUCCIÓN

Los ríos son considerados como uno de los ecosistemas más importantes y diversos del planeta que proveen diferentes servicios ecosistémicos tales como: provisión de agua para los seres vivos, hábitat de animales, autopurificación, control de inundaciones y sequías, entre otros (Encalada, 2010). Por otro lado, se estima que la población mundial crecerá alrededor de 8,30 millones de habitantes para el año 2025, de manera que la magnitud de contaminación del agua se incrementará a razón de 5 a 10 veces en cargas contaminantes, especialmente por el rápido crecimiento de las zonas urbanas en los países en desarrollo (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [UNESCO], 2019). Esta situación es aún más crítica en las zonas bajas de las cuencas, debido a la limitada cantidad de recurso hídrico y la alta concentración poblacional que descargan aguas residuales sin previo tratamiento. Por esta razón, se busca el cuidado y la conservación de este importante ecosistema a través de la identificación y control de las variables determinantes de la mala calidad del agua y a partir de ello establecer una buena gestión y políticas para el cuidado del recurso hídrico.

La cuenca del río Huaura es la principal fuente de agua tanto para las actividades domésticas como también productivas; sin embargo, está siendo contaminada por vertimientos de aguas residuales domésticas e industriales, principalmente en la zona baja (Rivera, 2019). El distrito de Carquín es, sin duda, el más afectado, dado que se encuentra al final de la cuenca, aguas abajo (Maldonado, 2019). El recurso hídrico que se utiliza para el riego de los cultivos es una mezcla de aguas provenientes de desagües domésticos, efluentes industriales y aguas de relaves mineros. A pesar de ello, los productos se distribuyen en los mercados locales para el consumo humano. Por lo tanto, en esta investigación, se compararon los resultados con los límites establecidos en la categoría 3: riego de vegetales y bebida de animales del Estándar de Calidad Ambiental para agua, aprobado mediante el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.

En este contexto, la importancia de esta investigación radica en la evaluación de la calidad del agua, ya que es fundamental para garantizar la salud pública y su conservación a lo largo

del tiempo. Además, el agua en la cuenca del río Huaura sustenta actividades productivas clave, como la generación hidroeléctrica en Cheves, la agricultura, la piscicultura, la industria, entre otras, así como servicios ecosistémicos esenciales, como el turismo, la recreación y el consumo humano (Dourojeanni *et al.*, 2002; Statkraft, 2015). Del mismo modo, la caracterización de la calidad del agua mediante el Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS) formulado por la ANA (2020) constituye un instrumento fundamental en la gestión de la calidad de los recursos hídricos debido a que permite transmitir información de manera sencilla sobre la calidad del agua a las autoridades competentes y al público en general; e identifica y compara las condiciones de la calidad del agua y sus posibles tendencias en el espacio y tiempo. Estos índices han tenido un uso generalizado desde su creación y son empleados en diferentes investigaciones para clasificar la aptitud de las aguas en sus diferentes usos y generalmente alcanzan resultados óptimos en zonas aplicadas.

La investigación fue estructurada en seis capítulos. Por un lado, en el Capítulo I se presentan antecedentes nacionales e internacionales similares a las variables estudiadas y una revisión de información especializada; mientras que en el Capítulo II, se describen los materiales y métodos empleados para el cumplimiento de los objetivos. Por otro lado, en el Capítulo III se presentan los resultados; en el Capítulo IV, las discusiones; en el Capítulo V, las conclusiones y; en el Capítulo IV, se indica una serie de recomendaciones.

OBJETIVOS

Objetivo general

Determinar la influencia del vertimiento de aguas residuales municipales en la calidad del agua de la cuenca baja del río Huaura, Huaura, período 2017-2020.

Objetivos específicos

- Evaluar la variación de los parámetros fisicoquímicos (potencial de hidrógeno, temperatura, conductividad eléctrica, aceites y grasas, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) y oxígeno disuelto en el agua) de la cuenca baja del río Huaura, período 2017-2020.
- Evaluar la variación de los parámetros microbiológicos (Coliformes termotolerantes y *Escherichia coli* en el agua) de la cuenca baja del río Huaura, período 2017-2020.
- Determinar el Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS) de la cuenca baja del río Huaura, período 2017-2020.
- Comparar las concentraciones de los parámetros antes y después del vertimiento utilizando la Prueba *T-student*, período 2017-2020.

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes

1.1.1. Antecedentes internacionales

Robledo (2023) en la investigación “Evaluación del índice de Calidad de agua ICA- NSF en las microcuencas del Parque Nacional Río Dulce”, Livingston, Izabal – Guatemala; tuvo como objetivo evaluar la condición de este cuerpo de agua. Para ello, realizó el muestreo de agua en 12 estaciones en 30 centímetros de profundidad del río, donde cada muestra tuvo un volumen de un litro y para la estimación del índice de calidad de agua correspondiente a cada una de las 12 estaciones de muestreo utilizó la metodología del *National Sanitation Foundation* – NSF de los Estados Unidos de América, a través del sistema en línea desarrollado por Oram denominado “alculadora del *Water Reserch Center*”; para la realización de los cálculos utilizó un algoritmo de una suma lineal ponderada del efecto de las variables de respuesta y los resultados fueron expresados en forma numérica entera, en una escala de 0 a 100 (0: Muy mala; 100: Excelente). Entre los resultados, mostró que, en el cálculo del índice de calidad del agua, los parámetros críticos fueron *Escherichia coli* y sólidos totales disueltos. Sin embargo, en general, todos los parámetros estudiados no afectaron significativamente el índice. De las estaciones analizadas, el 81,00 % presentaron aguas de buena calidad, el 18,00 % mostraron calidad media, y solo el 1,00 % de las estaciones reportó agua de excelente calidad. El estudio concluyó que la calidad del agua fue buena, de forma generalizada; siendo no propicia para consumo humano de forma directa. Asimismo, el autor recomendó la implementación de sistemas de monitoreo en los efluentes de descargas de aguas residuales dentro del Parque, con el propósito de evaluar el nivel de contaminación y factor de resiliencia de los ríos.

Núñez *et al.* (2023) en la investigación “Evaluación de la calidad de las aguas subterráneas en la Laguna Del Pedregal”, distrito Central, Honduras; tuvieron como objetivo la caracterización de la calidad de las aguas subterránea y sus potenciales fuentes de contaminación en el período 2018 – 2019. El estudio fue llevado a cabo en las colonias aledañas a la laguna Pedregal, para ello realizaron la caracterización fisicoquímica y

microbiológica del agua en 13 estaciones de muestreo en los días 16,17 y 22 de agosto del año 2018 para la temporada de La Canícola; los días 29 y 31 de octubre y primero de noviembre del mismo año para la época lluviosa; y los días 8, 9 y 10 de abril del año 2019 para la época seca; para evaluar la calidad de agua usaron el índice canadiense propuesto por el *Canadian Council of Ministers of the Environment*, conocido como CCME – WQI que clasifica al agua en un rango de cero a 100 (pobre, marginal, regular, buena y excelente). Las variables de estudio fueron: sólidos disueltos totales, cloruros, sulfatos, potasio, cobre, nitratos, nitritos, hierro, manganeso, amonio y zinc como parámetros fisicoquímicos y de los parámetros microbiológicos fueron considerados los coliformes totales y coliformes termotolerantes. Entre los principales resultados mostraron que el 46,00 % de las estaciones de muestreo tuvieron una clasificación pobre; el 31,00 %, presentaron una clasificación buena; el 15,00 %, marginal y; un 8,00 %, regular. La investigación concluyó que teóricamente, las actividades antropogénicas estaban significando un riesgo a la calidad del agua del manto acuífero.

Chen *et al.* (2022) en la investigación “Distribución de las fuentes de contaminación del río Xinbian de una zona agrícola en China”; tuvieron como objetivo de tener una buena gestión de los recursos hídricos. El estudio empleó un diseño no experimental. Para ello, recolectaron 99 muestras de agua superficial en 9 sitios de monitoreo desde diciembre del 2019 hasta noviembre del 2020 en época de lluvia y época seca, los parámetros analizados fueron los siguientes: pH, conductividad eléctrica y concentraciones de F, Cl⁻, SO₄⁻², Na⁺, K⁺, Mg²⁺, Ca²⁺, As, Cr, Cu, Zn y Pb. Cada muestra fue tomada a una profundidad de 50,00 cm por debajo de la superficie del agua utilizando un muestreador de agua vertical para ser recolectada en una botella de polietileno de dos litros. Utilizaron técnicas estadísticas de análisis factorial para identificar cualitativamente las fuentes potenciales de contaminación; así mismo, utilizaron un modelo receptor de regresión lineal múltiple de puntaje de componente principal absoluto para evaluar cuantitativamente la contribución de cada fuente de contaminación a los parámetros de calidad de agua. Entre los resultados mostraron que el pH y SO₄⁻² fueron los principales índices de contaminación en la época seca, superando la norma nacional de agua potable en 26,00 % y 70,00 % respectivamente; por el contrario, el As, SO₄²⁻, F⁻ y pH excedieron el estándar en un 20,00 % - 70,00 % en la estación húmeda. Los autores concluyeron que el principal factor del deterioro de la calidad del agua durante la temporada de lluvias fue la recarga frecuente de contaminantes, destacando los porcentajes

de contribución: proceso geogénico (24,00 %), actividades agrícolas (21,00 %), fuentes avícolas (17,00 %), contaminación doméstica (9,00 %) y contaminación del transporte (5,00 %). Recomendaron como estrategias prioritarias el control de la contaminación agrícola, el fortalecimiento de la regulación ganadera y la mejora de la red de alcantarillado para proteger los recursos hídricos superficiales en Suzhou.

Xu *et al.* (2022) en la investigación “Análisis e identificación de fuentes de contaminación de la calidad integral del agua de los ríos: evidencia de dos cuencas fluviales en China”, tuvieron como objetivo de mejorar la precisión y pertinencia de la gestión de la calidad del agua. Para ello, los autores se basaron en un estudio empírico sobre el impacto de los cultivos, ganadería, acuicultura, fuentes de contaminación industrial y doméstica mediante la revisión y sistematización de información disponible del Ministerio de Ecología y Medio Ambiente de la República Popular de China de los años 2004 hasta 2019 que involucraron a 46 ciudades a nivel de prefectura y 18 secciones transversales de monitoreo. Entre los resultados, mostraron que el coeficiente de regresión para las fuentes de contaminación por cultivos fue de $-0,003$, siendo significativo al nivel de $0,10$. Esto significó que por cada 10 % de aumento en la contaminación proveniente de cultivos, el deterioro de la calidad del agua aumentaba un $0,03$ %, debido principalmente a la aplicación excesiva de fertilizantes químicos, especialmente aquellos que contienen nitrógeno y fósforo. En cuanto a la ganadería y acuicultura, los coeficientes de regresión fueron de $-0,025$ y $-0,050$, respectivamente, ambos significativos al nivel de $0,10$. Esto indicó que por cada 10 % de aumento en las fuentes de contaminación derivadas de la ganadería y la acuicultura, la calidad del agua se deterioraba un $0,25$ % y un $0,50$ %, respectivamente. Por otro lado, el coeficiente de regresión para las fuentes industriales fue de $-0,084$, siendo significativamente negativo al nivel de $0,01$. Esto implicó que por cada 10 % de incremento en las descargas de efluentes industriales, la calidad del agua se deterioraba un $0,84$ %. Finalmente, el coeficiente de regresión para las aguas residuales domésticas fue de $-0,059$, también significativamente negativo al nivel de $0,01$. Esto indicó que por cada 10 % de aumento en las descargas de aguas residuales domésticas, la calidad del agua se deterioraba un $0,59$ %. Los autores concluyeron que una posible razón del elevado nivel de contaminación por efluentes domésticos en China fue que, aunque el país ha adoptado medidas estrictas de regulación ambiental para las industrias, ha implementado muy pocas regulaciones para controlar la contaminación doméstica urbana y reducir las consecuencias

ambientales no deseadas causadas por la producción y/o alto nivel de industrialización en el país.

Hernández *et al.* (2021) en la investigación “Evaluación de la calidad del agua en la Quebrada Jui, afluente del río Sinú”, Córdova-Colombia; tuvieron como objetivo determinar el índice de calidad del agua (ICA) y establecer la relación entre los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos con las diferentes fuentes antropogénicas, para establecer el origen común de contaminación; así mismo, se basaron en el análisis de plaguicidas organoclorados y organofosforados, para conocer la influencia de las actividades agrícolas. El diseño estadístico fue no experimental, con enfoque cuantitativo y alcance de tipo descriptivo correlacional de campo. Para ello tomaron muestras en seis estaciones en recipientes de vidrio ámbar, previamente esterilizados de 1 L para los parámetros fisicoquímicos, y de 0,25 L para las variables microbiológicas, en el período seco y húmedo del 2018; las concentraciones de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, lo analizaron empleando los métodos estandarizados de la *American Public Health Association*, los plaguicidas fueron cuantificados por el método de cromatografía de gases con espectrometría de masas (GC-MS). Para el análisis estadístico lo efectuaron con SPSS v. 23.0.0.0, donde utilizaron la prueba Tukey para evaluar si había diferencia significativa entre las concentraciones promedio de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos entre períodos de muestreo; así mismo, para identificar relaciones significativas y origen común entre parámetros realizaron un análisis de Pearson, componentes principales (ACP) y conglomerados. Entre los resultados indicaron que el ICA fue de 66,70 – 79,00 (promedio: 74,10), indicando que la calidad de agua es de nivel II (aguas de buena calidad). Así mismo, indicaron que las diferentes estaciones no presentaron variabilidad espacial y diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$). Los autores concluyeron que las fuentes contaminantes principales que afectaron la calidad de la quebrada fueron las aguas residuales domésticas, heces del ganado porcino, escorrentía agrícola y minería de arena.

Benavides (2019) en la investigación “Análisis de la Influencia de la calidad de agua del arroyo León en la calidad de agua de la ciénaga de Mallorquín”, Barranquilla-Colombia; tuvo como objetivo determinar la influencia de un cuerpo de agua sobre otro; su estudio fue no experimental. Para ello, las variables monitoreadas fueron pH, temperatura, oxígeno

disuelto, conductividad, DBO₅, DQO, SST, nitrógeno total y fósforo total en época húmeda (junio –agosto 2018) y seca (octubre de 2018 – marzo de 2019), para determinar el Índice de Calidad de Agua (ICA) en el arroyo León el autor empleó en la metodología del Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM] lo cual, se basa en un número que señala el grado de calidad de un cuerpo de agua clasificándola en un intervalo de (“0” Muy Mala y “1” Buena); y para la ciénaga de Mallorquín empleó la metodología de Índice de Calidad Marina [ICAM] que clasifica la calidad del agua mediante un número en porcentaje (valores entre 0 y 100), siendo cero de pésima calidad y 100 de calidad óptima. Entre los resultados mostró que las aguas del arroyo estuvieron clasificadas como de muy mala y mala calidad (ICA= 0,34 y 0,46, respectivamente), mientras que la ciénaga presentó aguas de calidad pésima e inadecuada (ICAM =26,49 y 42,03, respectivamente). El autor concluyó que la calidad del agua del arroyo y la calidad del agua de la ciénaga tenían una relación directamente proporcional, es decir que, si la contaminación en el arroyo León aumentaba, en la ciénaga de Mallorquín también aumentaría.

Cuenca y Vásquez (2018) en la investigación “Variación de la calidad del agua tanto espacial y temporal del río Barro Blanco”, Magdalena-Colombia; tuvieron como objetivo evaluar la calidad del efluente en un rango de dimensión física de la corriente de agua Barro Blanco. Este estudio tuvo un diseño no experimental con un enfoque cualitativo básico y un alcance explicativo. Para el estudio emplearon la caracterización del agua mediante un recorrido de cinco estaciones de muestreo en cuatro meses (junio, agosto, octubre y noviembre) del año 2016, midiendo 17 parámetros fisicoquímicos (T°, CE, CO₂, pH, Alcalinidad, OD, DQO, Porcentaje de saturación de OD, DBO₅, fosfatos, nitrógeno total, nitratos, Dureza total, cloruros, sulfatos, sólidos totales y Turbidez. La metodología que usaron fue el análisis de Clúster y discriminante y la técnica del análisis de la relación canónica para estudiar su variabilidad. Entre los resultados, mostraron que en la estación E3, los valores fueron: DQO = 31,5 mg/L y DBO₅ = 21,8 mg/L; mientras que en la estación E4, los valores fueron significativamente más altos, con DQO = 148,3 mg/L y DBO₅ = 110,5 mg/L. Estas estaciones presentaron las mayores concentraciones, lo que indicó que estaban influenciadas por actividades antropogénicas y vertimientos provenientes de la industria agropecuaria cercanos a la zona. Así mismo, en la época de lluvias los valores registrados fueron mayores. Los autores concluyeron que la calidad del agua del Río Barro Blanco se vio afectada por las acciones humanas y las descargas de aguas contaminadas en la zona. En particular, los

resultados durante la época de lluvias fueron más altos, lo que se relacionó directamente con la escorrentía. Esto significó que a medida que aumentaba la intensidad de la lluvia, también se incrementaba el arrastre de partículas contaminantes.

1.1.2. Antecedentes nacionales

Condori y Parillo (2018) en la investigación “Efecto del vertimiento de las aguas residuales del riachuelo Torococha en la calidad del agua del río Coata en el período de avenidas ciudad de Juliaca, Juliaca, Perú”, Juliaca-Perú; tuvieron como objetivo determinar la variación de la calidad del agua del río Coata por vertimiento de las aguas residuales del río Torococha. Este estudio tuvo un enfoque cualitativo básico con un enfoque transversal explicativo. Así mismo, eligieron los parámetros a analizar según los recomendados en los índices de calidad de agua propuesto por Dinius (1985) y Torres y Patiño (2009). Los parámetros fueron comparados con los estándares nacionales de calidad de agua según la categoría III del Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. Las muestras fueron recolectadas en seis puntos: el primer punto antes de la mezcla, el segundo punto en la mezcla, los tercer, cuarto y quinto puntos después de la mezcla, y el sexto punto en la descarga del río Torococha. Para realizar los análisis siguieron de manera estricta los métodos normalizados para el análisis de agua potable y residuales (APHA-AWWA-WPCF,1992,1830). Los resultados obtenidos mostraron que el agua del río Coata se encontraba en categoría contaminada, anterior y posterior al vertimiento. Los autores concluyeron que las aguas servidas no influyeron significativamente en la calidad del agua.

Huamani (2018) en la investigación “Determinación del efecto de las aguas servidas sobre el suelo y cultivos en la desembocadura del canal de regadío de las salinas bajo – Chancay – Lima”, Lima-Perú; tuvo como objetivo determinar el efecto contaminante de las aguas servidas sobre el suelo y cultivos en la desembocadura del canal de regadío de las salinas bajo – chancay – Lima. Este estudio tuvo un enfoque cualitativo básico con un alcance explicativo, aplicativo. Para la recolección de muestras de suelo siguió la metodología de Zamora *et al.*, (2008), y para recolección de muestras de agua la de Bonilla *et al.* (2015), Reutelshofer y Guzmán 2015), ANA (2016). La población estuvo constituida por los suelos de uso agrícola en las Salinas Bajo abarcando una extensión promedio de 120 ha. Con este fin recolectó muestras en tres horarios (8:00, 13:00, 18:00 horas) para analizar parámetros

fisicoquímicos y microbiológicos en el sistema agua-suelo-planta; tomando 12 muestras de agua, 10 para el suelo y 6 muestras para los cultivos de lechuga (*Lactuca sativa* L.), fresa y betarraga (*Beta vulgaris* L.). Los resultados fisicoquímicos del agua de riego indicaron que son muy duras, alcalinas; así mismo, contienen altas concentraciones de sólidos suspendidos que conllevan a la turbidez; en cuanto a metales pesados presentes en el agua no sobrepasaron los Estándares de Calidad Ambiental (ECA-Agua), pero los parámetros microbiológicos (coliformes fecales, totales y *Escherichia coli*) muestreados a la salida del canal excedieron los estándares. Asimismo, los resultados del análisis del suelo indicaron que son salinos, básicos, y calcáreos. Con respecto al análisis de los cultivos, encontró una cantidad tolerable de coliformes fecales, totales y *Escherichia coli*. La autora concluyó que las aguas servidas presentes en el canal de regadío estaban contaminando y deteriorando el agua, los suelos, y los cultivos de la zona, lo cual pudo causar enfermedades mortales en la población en el futuro.

Coveñas (2017) en la investigación “Impacto ambiental por vertimiento de aguas servidas domésticas en las características físicas, químicas y biológicas en el agua de mar – Bocana Norte”, Trujillo- Perú; tuvo como objetivo determinar los parámetros de DBO₅, oxígeno disuelto y coliformes fecales a causa del vertimiento de aguas residuales domésticas en el agua de mar en la zona la Bocana. El estudio empleó una metodología de investigación no experimental, de tipo básico causal con enfoque cuantitativo-descriptivo comparativo. Las técnicas e instrumentos para recolección de datos utilizaron guías de la ANA y los estándares de calidad ambiental, siguiendo ello realizó el muestreo en tres puntos durante los meses de septiembre octubre y noviembre en la Bocana Norte. Asimismo, usó herramientas estadísticas como es un análisis de varianza ANOVA, para determinar si hay diferencia entre los puntos de muestreo. Entre los resultados, mostró que en el punto de muestreo dos, durante los meses de septiembre, octubre y noviembre, los parámetros de pH, temperatura, DBO₅ (12,87 mg/L), oxígeno disuelto (9,60 mg/L) y coliformes fecales (62 NMP/100 mL) fueron superiores a los registrados en los puntos de muestreo uno y tres. Además, afirmó que, según las pruebas estadísticas, existía una diferencia significativa entre los puntos de muestreo. El autor concluyó que existió un impacto ambiental sobre el agua de mar de la Bocana Norte, ya que algunos parámetros no cumplieron con lo establecido en los ECAs por efecto del vertimiento.

Chávez *et. al.* (2017) en la investigación “Evaluación del impacto del vertimiento de aguas residuales en la calidad del río Ventilla, Amazonas”, Amazonas-Perú; tuvieron como objetivo analizar parámetros microbiológicos, (coliformes totales, coliformes fecales, *Escherichia coli*, y enterococos fecales). El estudio fue no experimental de tipo básico con alcance explicativo – causal y enfoque cuantitativo. Las técnicas e instrumentos que utilizaron para la recolección de datos siguieron el procedimiento de APHA 2005, durante el mes de agosto de 2016 en tres puntos de muestreo. Para el análisis de la información determinaron inicialmente los supuestos del modelo como normalidad utilizando la prueba de kolmogorov Smirnov y de homogeneidad la prueba de varianzas, donde se encontraron con pruebas no paramétricas por lo que procedieron a utilizar la prueba de Kruskal Wallis. Los resultados mostraron concentraciones elevadas de bacterias en el agua, que oscilaron entre 500 y 32×10^5 NMP de CT/100 mL, 170 y 32×10^5 NMP de CF/100 mL, 170 y 17×10^5 NMP de EC/100 mL, y 22 a 30 000 NMP de EF/100 mL. Principalmente, en el punto dos se encontraron las concentraciones más altas, las cuales se atribuyen al flujo de aguas provenientes de una laguna de oxidación. Un análisis de datos mediante la prueba de Kruskal-Wallis reveló diferencias estadísticamente significativas entre los diferentes puntos de muestreo. En consecuencia, determinaron que el río está contaminado debido a las descargas provenientes de la laguna de oxidación en esa área, así como a la crianza de ganado vacuno en sus orillas. Los autores concluyeron que el agua no cumplía con los límites establecidos para las categorías I, III y IV en los Estándares de Calidad Ambiental (ECA-Agua), y su uso podía ocasionar enfermedades infecciosas tanto en humanos como en animales.

Flores (2017) en la investigación “Variación temporal de la calidad de agua en la bocatoma la Atarjea, río Rímac 2009-2015”, Lima-Perú; tuvo como objetivo analizar patrones de variación temporal de la calidad de agua en la captación la Atarjea del río Rímac. El estudio fue no experimental de tipo básico – descriptivo con enfoque cuantitativo, mediante un enfoque de análisis multivariante y no-paramétrico. Los datos fueron proporcionados por la Empresa SEDAPAL y la población estuvo constituida por las aguas de la subcuenca del río Rímac en la bocatoma la Atarjea. Para ello, usó el análisis clúster para determinar tres épocas: estiaje, transición y avenida. Para realizar el análisis estadístico utilizó los paquetes estadísticos XLSTAT 2016.02 y PAST 3.x. Entre los resultados mostró que la variación entre épocas fue significativa ($p < 0,0001$) según tres modelos de análisis discriminante, con

una clasificación que abarcó entre 66 y 74 observaciones. Además, el Análisis Multivariante de Varianza no Paramétrico (NPMANOVA) indicó que existen diferencias significativas entre las estaciones. Por otro lado, con las pruebas univariantes identificó nueve parámetros en transición, uno en avenida y tres en transición. Finalmente, con el análisis de componentes principales (ACP) determinó que los componentes principales (CPs) explican el 55,81 % de la varianza. El autor concluyó que el uso de análisis multivariante no paramétrico probó discrepancias significativas de la calidad de agua en los tres tiempos.

1.2. Bases teóricas especializadas

1.2.1. El agua

El agua es un compuesto que cubre alrededor del 70 % de nuestro planeta y está distribuido en océanos, lagos, glaciares, ríos, el aire y en el suelo (Autoridad Nacional del Servicio Civil [SERVIR], 2021). Del 100,00 % de este elemento un 97,50 % se encuentra en el océano y solo un 2,5 % es agua dulce. Los glaciares aportan un 80 % de agua dulce, las aguas subterráneas un 19 % y aguas superficiales un 1 %. El de mayor accesibilidad es el agua superficial, de la cual se derivan varios usos, como la agricultura, ganadería el consumo humano, industrias, entre otros. Así mismo, en el mundo el uso del agua ha aumentado un 1 % desde 1980 debido al creciente consumo en los países en desarrollo y a la creciente economía. La agricultura, donde se incluye también al riego, la ganadería y a la acuicultura son los que consumen más agua en el mundo con un 69 % al año. Así mismo, las industrias consumen un 19,5 % y las viviendas 2 un 12 % del agua global. Para el año 2050 se estima que se aumentará un 20 a un 30 % el uso del agua (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [UNESCO], 2019).

El escurrimiento natural en la cuenca del río Huaura, se produce debido a las precipitaciones estacionales y al deshielo de los glaciares. La cantidad de precipitación media anual varía considerablemente, desde unos pocos milímetros en la costa árida hasta 1 559,40 mm en la estación Raura, que se encuentra a más de 4,800 m s.n.m. (Maldonado, 2019). Las lluvias en las zonas altas, que ocurren entre octubre y mayo, son generadas por masas de aire húmedo provenientes de la cuenca del Amazonas. A pesar de que estas masas descargan gran parte de su humedad en la vertiente oriental, aún logran provocar precipitaciones

significativas en la vertiente opuesta. Se ha observado una fuerte relación entre la precipitación y la altitud, analizada mediante pluviómetros instalados a partir de los 100 msnm. En las áreas de valle, las lluvias son escasas, con solo una ligera llovizna en julio, agosto y septiembre. Se recopilaron datos de 26 estaciones, tanto dentro como fuera de la cuenca, con un registro de 33 años (1964-1997) proporcionado por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENAMHI (Peña, 2008).

1.2.2. Importancia de la calidad del agua

Swimtonic Technology (2018) resalta la importancia del recurso agua para la humanidad y los seres vivos existentes en el planeta tierra, también como recurso económico e industrial. En la actualidad el calentamiento global está incrementando y causando desertización en zonas que antes deleitaban de ríos y pantanos, es por ello que la imposibilidad de cultivar y regar la tierra es el mayor problema de hambre en todo el mundo. Mientras que (Monforte y Cantú, 2009) indican que las actividades humanas, los diferentes procesos industriales, urbanos y agrícolas afectan a la calidad del agua, ya que vierten sustancias en concentraciones que modifican las condiciones naturales del ambiente, esto ocasiona que, aunque el agua esté disponible no pueda ser utilizada, lo que lleva a problemas de disponibilidad hídrica para toda la población y el medio ambiente.

El Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI, 2015) menciona que mejorar la calidad de este recurso importante abarca diversos aspectos, desde la protección y conservación de las cuencas hidrográficas hasta la mejora de las leyes ambientales y su implementación; con la finalidad de reducir los riesgos, la vulnerabilidad y garantizar la seguridad del agua. A nivel mundial la calidad del agua ha sido modificada por las actividades humanas, el aumento demográfico, la urbanización, la industrialización y los usos de tierra con diferentes cambios evolutivos. Los contaminantes son cada vez más complejos y pueden estar relacionados con la salud humana y con impactos en los ecosistemas. Esto implica elevados costos para la purificación del agua. La contaminación fecal y orgánica fue el problema que comenzó a deteriorar la calidad del agua en el siglo XIX, seguidamente por el incremento de sustancias metálicas acumulables en los ecosistemas acuáticos. A partir de los años 60 se observó procesos de eutrofización en

América Latina causando el incremento de cianobacterias dando lugar a cianotoxinas en lagos y embalses (Vammen *et al.*, 2021).

La conservación de la calidad del agua en las cuencas bajas, de las zonas costeras, es crítico para garantizar la salubridad de la población; dado que en estas aguas son utilizadas para el riego de vegetales que son consumidos por la población y utilizados para la bebida de animales (Huamani, 2018). Tal es el caso de Huaura, una ciudad en constante crecimiento demográfico; sin embargo, a la fecha no cuenta con plantas de tratamiento de aguas residuales, propiciando la descarga de efluentes en el río, sin un previo tratamiento (Rivera, 2018).

1.2.3. Contaminación del agua

Según Guadarrama *et al.* (2016) la contaminación hídrica se entiende como la acción de introducir algún material en el agua alterando su calidad y composición química. Así mismo, la Organización Mundial de Salud (OMS, 2017) menciona que el agua está contaminada cuando su composición se haya modificado de modo que no reúna las condiciones necesarias para el uso, al que se le hubiera destinado en su estado natural. La Autoridad Nacional del Agua (2016a) agrega que hay dos fuentes de contaminación del agua, una es la fuente puntual que son las descargas directas a un solo punto o estacionarias como plantas de tratamiento de aguas residuales, barcos, fábricas e industrias y las fuentes no puntuales que incluyen descargas mineras, agrícolas y urbanas. Existen sustancias peligrosas en el agua que provienen de las aguas residuales, agrícolas, derrames de petróleo, aguas residuales industriales y aguas domésticas, también los principales contaminantes del agua son los metales pesados, patógenos, nutrientes, ácidos, productos químicos y orgánicos, y la radioactividad, que pueden interactuar aditivamente, sinérgica o antagónicamente, dando respuestas frente al hombre y a los ecosistemas acuáticos. La composición de las aguas residuales puede variar con la diversas actividades tanto industriales y municipales (Nsabimana y Li, 2023). En la Tabla 1 se presentan los componentes más significativos o comunes de las aguas residuales.

Tabla 1*Contaminantes más comunes en las aguas residuales*

Contaminantes	Fuente	Importancia ambiental
Sólidos suspendidos	Uso doméstico, desechos industriales.	Causa depósitos de lodo y condiciones anaeróbicas en los ecosistemas acuáticos
Compuestos orgánicos biodegradables	Desechos domésticos e industriales.	Causa degradación biológica aumentando la demanda de oxígeno.
Microorganismos patógenos	Desechos patógenos	Causan enfermedades transmisibles.
Nutrientes	Desechos domésticos e industriales	Pueden causar eutrofización.
Compuestos orgánicos refractarios.	Desechos industriales	Pueden ser tóxicos o carcinogénicos.

Nota. Elaboración propia a partir de Autoridad Nacional del Agua (ANA, 2016a). Transporte y transformación de contaminantes en el ambiente y contaminación de las aguas p. 18-304. <https://repositorio.ana.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12543/3941/ANA0002523.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

En la cuenca del río Huaura, se han identificado 35 fuentes de contaminación en el año 2013; de las cuales, 7 fueron por vertimiento de aguas residuales domésticas; 11, por vertimiento de aguas residuales industriales; 1, por vertimiento de aguas mineros y; 16 por botaderos de residuos sólidos (Autoridad Nacional del Agua [ANA], 2014).

1.2.4. Tipos de aguas residuales que causan contaminación del agua

Aguas residuales municipales

Son aquellas aguas que tienen una mezcla de aguas residuales domésticas con aguas residuales de origen industrial, incluso pueden incluir aguas de drenaje pluvial (ANA, 2019). Por otro lado, ANA (2016a) define como aguas residuales municipales a aquellas que provienen de zonas residenciales, instalaciones públicas e instalaciones comerciales o similares. También asegura que este tipo de aguas cuando recién son generados el olor es

muy fuerte y el color es gris, pero al transcurrir el tiempo el olor y color cambia, es más negro el agua y se vuelve apestosa con un olor a sulfhídrico.

1.2.5. Aguas residuales domésticas

Las aguas domésticas son provenientes de las residencias, estas contienen residuos de cocina, baños, lavado de ropa y de limpieza de los pisos, entre otras actividades en las viviendas que usan el agua, también incluyen a los centros comerciales e instituciones y se estima que solo el 70 y el 90 % del agua doméstica llega a su alcantarillado (Carrillo *et al.*, 2021). Así mismo, se definen como el producto de la utilización en las actividades de un hogar, y por lo tanto en nivel de contaminación puede manifestar la presencia de sólidos, desechos orgánicos, detergentes, jabones y grasas que en concentraciones altas perjudican el estado natural de los cuerpos naturales receptores (Cáceres *et al.*, 2021). Las aguas residuales producidas en los hogares son de las que presentan mayor número de contaminantes y requieren de un efectivo tratamiento previo a su liberación en las fuentes naturales, siendo esta actividad uno de los puntos más importantes actualmente en la prevención del deterioro ambiental provocado por el ser humano (Carrillo *et al.*, 2021; Cáceres *et al.*, 2021).

1.2.6. Aguas residuales industriales

Son aquellas aguas que provienen de actividades de producción, transformación o manipulación en las que se usa agua (Jacobo, 2018). Dichas aguas, menciona Jacobo (2018), son muy variables en cuanto a su caudal y composición, afectando a las características de los vertidos; la variabilidad no solo es de diferentes industrias, sino también en la misma industria. Asimismo, este tipo de aguas son más contaminantes que las aguas residuales urbanas (Carrillo *et al.*, 2021).

En la Tabla 2 se muestra la clasificación de tipos de industrias según sus características con efluentes orgánicos, inorgánicos, refrigeraciones y materias en suspensión.

Tabla 2*Clasificación de industrias según las características de los efluentes*

Industrias con efluentes principalmente orgánicos	Industrias con efluentes orgánicos e inorgánicos	Industrias con efluentes principalmente inorgánicos	Industrias con efluentes con materias en suspensión	Materias con efluentes de refrigeración
Papeleras	Refinerías y petroquímicas	Limpieza y recubrimiento de metales	Lavaderos de mineral y carbón	Centrales térmicas
Azucareras	Coquerías	Explotaciones mineras y salinas	Corte y pulido de mármol	Centrales nucleares
Mataderos	Textiles	Fabricación de productos químicos, inorgánicos	Laminación en caliente	
Conservas	Fabricación de productos químicos			
Lecherías				
Fermentación				
Bebidas				

Nota. Elaboración propia a partir de Jacobo (2018). Aguas residuales urbanas y sus efectos en la comunidad de Paso Blanco, municipio de Jesús María, Aguascalientes. <https://doi.org/10.21696/rcsl9162018760>

En los vertimientos de aguas residuales industriales de mataderos, la DBO, DQO y sólidos en suspensión son los que se encuentran en mayor cantidad, ya que se realizan actividades de sacrificio de los animales, lavado y descuartizamiento (Jacobo, 2018). Por otro lado, Carrillo *et al.* (2021) mencionan que las aguas residuales industriales son especiales porque tienen una elevada carga de materia orgánica, presencia de componentes tóxicos para microorganismos y sustancias que son difícil de biodegradar o no se biodegradan.

1.2.7. Aguas residuales municipales

Son aquellas aguas que tienen una mezcla de aguas residuales domésticas con aguas residuales de origen industrial, incluso pueden incluir aguas de drenaje pluvial (ANA, 2019b). Por otro lado, Riveros (2013) define como aguas residuales municipales a aquellas que provienen de zonas residenciales, instalaciones públicas e instalaciones comerciales o similares. También asegura que este tipo de aguas cuando recién son generados el olor es muy fuerte y el color es gris, pero al transcurrir el tiempo el olor y color cambia, es más negro el agua y se vuelve apesetosa con un olor a sulfhídrico.

1.2.8. Parámetros físicos del agua como indicadores de contaminación

Los parámetros físicos son aquellos que caracterizan la calidad del agua respondiendo a los sentidos de la vista, gusto, tacto y olfato, los cuales son (ANA, 2016):

Temperatura

La temperatura como una magnitud física, calcula la energía térmica de un cuerpo, esta energía se relaciona con el movimiento de las partículas que conforman un cuerpo; es decir, que, a una mayor velocidad de movimiento de dichos átomos, se incrementará la temperatura de un cuerpo, en el agua dependerá mucho del tipo de agua y la calidad en que se encuentre, ello va depender de la concentración de demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno todo ello por una gran carga de materia orgánica (Rodríguez, 2016).

Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica mide la cantidad de iones en disolución y evalúa la capacidad de conducir la corriente eléctrica. En el caso de los recursos hídricos, su conductividad depende mucho de la geología por donde discurre la cuenca, es decir, si hay descargas de aguas residuales se incrementará la conductividad debido a la presencia de cloruros, nitratos, fosfatos, sulfatos, sodio, magnesio y calcio y estos son compuestos que se ionizan (Goyenola, 2007).

1.2.9. Parámetros químicos del agua como indicadores de contaminación

Según García (2013) los parámetros químicos del agua son:

Potencial de hidrógeno (pH)

Es un parámetro que indica la alcalinidad o basicidad del agua, en un rango de 0 a 14 unidades, el cual en un cuerpo natural de agua depende de la concentración del CO₂; por lo que influye en la adsorción de los nutrientes por la planta (Dirección General de Salud [DIGESA], 2010).

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)

Muñoz *et al.* (2012) mencionan que un cuerpo de agua para poder degradar la materia orgánica necesita de oxígeno, a esto se denomina demanda bioquímica de oxígeno. A mayor cantidad de materia orgánica, mayor oxígeno se necesitará, los altos niveles orgánicos propician el crecimiento de microorganismos y hongos. Este proceso de oxidación de dicha materia a través del uso de oxígeno ayuda con la reducción de los niveles de oxígeno disponible para el crecimiento de la vida en el agua. La demanda bioquímica es un indicador muy importante tanto en la medición de la contaminación en aguas residuales, como en el monitoreo de la calidad del agua potable. Entre los efectos al ecosistema, se encuentra en cambio en la calidad del agua, y la posible elevación del pH, provocando la desaparición de peces y plantas (Raffo y Ruiz, 2014).

La mineralización o descomposición microbiana de la materia orgánica es un proceso de vital importancia que se realiza en los cuerpos de agua y representa una de las demandas de oxígeno, llevada a cabo por microbios que no pueden producir su propio alimento. Para determinar la concentración de materia orgánica en aguas residuales domésticas, se realiza el ensayo de DBO₅, a cinco días, a 20 °C dicho ensayo es uno de los más importantes. En aguas residuales domésticas, el valor de la DBO₅ a cinco días representa en promedio un 65 a 70 % del total de la materia orgánica oxidable (Navarro, 2007).

Oxígeno Disuelto (OD)

El oxígeno disuelto es la cantidad de oxígeno que está disuelto en el agua y es esencial para los seres vivos que habitan en ríos o lagos, el nivel de oxígeno disuelto es un indicador de cuán contaminada está un ecosistema acuático; generalmente, un nivel alto de oxígeno disuelto indica agua de mejor calidad, por lo contrario, si los niveles de oxígeno disuelto son demasiados bajos, algunos peces y otros organismos no pueden sobrevivir (Peña y Chang, 2007).

Peña y Chang (2007), establecieron que concentraciones de OD entre 5,00 y 6,00 mg/L son suficientes para la mayor parte de las especies; mientras que concentraciones entre 2 y 3 mg/L, es dañina para la mayor parte de especies y menores a 2,00 mg/L son fatales.

Ridanovic *et al.* (2006), indica que el oxígeno en el agua proviene principalmente de la atmósfera por difusión física a través de la interfaz agua-aire. Este proceso de transferencia se incrementa sustancialmente por la mezcla de turbulenta de agua con aire, facilitada por el viento y olas de agua. El oxígeno en el agua también puede venir a través de la fotosíntesis y la asimilación de la luz del día por algas acuáticas y plantas vasculares (Rock y Rivera, 2014). Las concentraciones de oxígeno en el agua variarán dependiendo de las actividades físicas, químicas y bioquímicas en el río que, en circunstancias de manera natural, los ríos deben estar por lo menos 80 % saturados de OD. Las bacterias y otros microorganismos usan oxígeno para la descomposición de materia orgánica presente en el agua, un proceso importante en los ciclos de carbono y nutrientes de un río, a medida que la carga orgánica aumenta, también aumenta la cantidad de oxígeno utilizado (demanda bioquímica de oxígeno), si la demanda excede, los niveles de oxígeno disuelto pueden caer drásticamente y causar graves efectos en la biota (Ridanovic *et al.*, 2006).

Aceites y grasas

Las grasas y aceites son triglicéridos o también llamados ésteres de la glicerina, con ácidos grasos de larga cadena de hidrocarburos, la descarga de aguas residuales con aceites al medio acuático ocasiona el aumento de la DQO que a gran medida afecta al intercambio gaseoso. Así, cuando estas sustancias entran al medio acuático, se difunden a la superficie reduciendo la oxigenación a través de la interface aire-agua y la actividad fotosintética. La radiación solar absorbida por estas sustancias reduce la producción interna de oxígeno disuelto, por ende, produce la muerte de la vida acuática (Bravo *et al.*, 2016).

1.2.10. Parámetros microbiológicos del agua como indicadores de contaminación

Coliformes termotolerantes

García e Iannacone (2014) sostienen que estas bacterias son gramnegativas y pueden ser aeróbicas o anaeróbicas facultativas. Su capacidad de fermentar la lactosa produce gas incubando a altas temperaturas (44 – 45 °C). En el pasado, se les solía llamar coliformes fecales a un grupo de bacterias que se detectaban en muestras que se incubaban a una temperatura de 44,5 °C y en un medio de cultivo específico. Sin embargo, más tarde se demostró que solo una parte de este grupo estaba relacionada con la presencia de materia fecal, por lo que se cambió su nombre para reflejar con mayor precisión su composición y se les conoce ahora simplemente como coliformes.

Escherichia coli

La *Escherichia coli* es una bacteria que pertenece a la familia Enterobacteriaceae, constante huésped en los intestinos del ser humano y en los animales de sangre ardiente (OMS, 2017). Por ello son consideradas como indicadores de contaminación fecal. Cuando este se encuentra en los alimentos quiere decir que la contaminación ha sido reciente, ya que es sensible de vivir en ambientes extra entérico. A temperaturas de pasteurización y su almacenamiento en frío hace que esta se destruya (Pascual y Calderón, 2000). En particular, las bacterias *E. coli* habitan en los intestinos de los seres humanos y de los animales saludables. La mayoría de las cepas de *Escherichia* son pacíficas o causan diarreas leves en algunos casos. Sin embargo, algunas cepas particularmente peligrosas, como la *E. coli*, pueden causar cólicos abdominales intensos, diarreas con sangre y vómitos (Centers for Disease Control and Prevention [CDC], 2021).

De la misma manera, CDC (2021) agrega que es posible que los seres humanos se expongan a la *E. coli* por medio de alimentos o agua contaminados, particularmente a través de vegetales crudos y carne de res molida que no se ha cocido adecuadamente. Si bien las personas mayores sanos pueden recuperarse de la infección en alrededor de los siete días, los niños pequeños y ciertos adultos tienen un elevado riesgo de sufrir una forma de carencia

renal llamada síndrome urémico hemolítico, que puede poner en peligro su vida (Sanabria, 2004).

1.2.11. Cuenca del río Huaura

El curso del río Huaura comienza en la parte Occidental de la Cordillera de los Andes, a una altitud por encima a los 500 m s.n.m. Su cuenca hidrográfica abarca una extensión de 6051,34 kilómetros cuadrados y el río principal, también denominado Huaura, tiene una longitud máxima de 162 kilómetros. La fuente de agua de esta red hidrográfica proviene del deshielo de nevados y glaciares, así como de varias pequeñas lagunas (entre las más importantes se encuentran Surasaca, Cochaquillo, Patón, Coyllarcocha y Mancancocha), situadas en la parte alta de la cuenca. El río Huaura fluye en dirección oeste y desemboca en el Océano Pacífico (Instituto Geológico Minero y Metalúrgico [INGEMMET], 2007).

Adicionalmente, se mencionan las actividades socioeconómicas que se benefician del agua de la cuenca del río Huaura.

Actividades socioeconómicas

ANA (2019) menciona en su informe técnico de monitoreo de la cuenca del río Huaura que las actividades que más aportan al PBI de esta zona son:

Actividad agrícola. En la zona baja de la cuenca del río Huaura, una de las actividades destacadas que se lleva a cabo es la agricultura, la cual se realiza mediante riego por gravedad por medio de organizaciones de usuarios. Asimismo, en áreas reducidas se emplea el riego por goteo, siendo la comisión de regantes Santa Rosa una de las que lo utiliza (ANA, 2019).

Actividad pecuaria. Según el estudio tarifario de EPS Aguas de Lima Norte S.A. (2019) la cría de animales es la actividad predominante en la parte media y alta de la cuenca del río Huaura, la cual proporciona empleo e ingresos a los productores de la zona altoandina, destacando especies como el ganado vacuno, ovino, porcino y otras.

Actividad piscicultura. De la misma manera el estudio tarifario de EPS Aguas de Lima Norte S.A. (2019), menciona que los habitantes rurales de la cuenca media y alta también realizan otra actividad económica, la cual se concentra principalmente en la subcuenca Checras, donde se encuentran más de 15 piscigranjas que se dedican a la cría, engorde y recolección de truchas para su comercialización en los mercados tanto local y regional (Secretaría del Medio Ambiente, 2010)

Actividad minera. Según ANA (2019) se desarrolla principalmente en la cuenca alta entre los sectores de Cochamarca-Oyón, en explotación (Mallay, Uchucchacua e Iscaycruz), sin actividad (Caujul, Anamaray, Santa Rita, Mina Eureka, Anguicita y Vizcacha), y las carboníferas Gazuna y Pampahuay. Dichas actividades se practicaban desde la antigüedad, pasando por diferentes épocas de reactivación en los últimos 50 años (Villacorta *et al.*, 2010).

Para Cuellar y Navarro (2016) los minerales más comunes que se presencian en la cuenca del río Huaura son el cromo, cobre, zinc, fierro, manganeso y plomo siendo este último el que pasa los Estándares de Calidad Ambiental para agua.

Fuentes contaminantes

En la última actualización de fuentes contaminantes realizado en la cuenca alta, media y baja del río Huaura, se han identificado y registrado un total de 162 fuentes contaminantes directas y 19 fuentes contaminantes indirectas, tal como se muestra en la Tabla 3 (ANA, 2019).

Tabla 3*Fuentes contaminantes de la cuenca del río Huaura*

Provincia	Fuente contaminante	Cuerpo de agua receptor			Total
		Natural	Artificial	Suelo	
Huaral	Vertimientos domésticos	1			
	Residuos sólidos domésticos	1		1	2
	Infiltraciones de aguas residuales domésticas a terreno				
	Subtotal	2		2	
Huaura	Residuos sólidos	23	10		
	Vertimientos domésticos	22	13		
	Tuberías conectadas a cauce	7	30		
	Vertimiento acuícola	3			118
	Vertimiento de baños termales	1			
	Vertimiento agroindustrial	1			
	Vertimiento industrial				
	Vertimiento pecuario				
	Infiltraciones de aguas residuales domésticas a terreno			13	
	Subtotal	57	61	13	
Oyón	Residuos sólidos	9			
	Vertimientos domésticos	9			
	Pasivos ambientales	8			
	Vertimiento minero no metálico	4	1		
	Vertimiento de baños termales	4			
	Vertimiento acuícola	2			
	Tubería conectada a cauce	2			42
	Escombreras de residuos sólidos mineros	2			
	Vertimiento pecuario	1			
Infiltraciones de aguas residuales domésticas a terreno					
Subtotal	41	1	5		
Total	100	62	19	162	

Nota: Elaboración propia a partir de la Autoridad Nacional del Agua (ANA, 2019a). Informe técnico de los resultados del monitoreo de la calidad del agua superficial en la cuenca del río Huaura.

1.2.12. Normativa que regula la calidad de agua en el Perú

Estándares de Calidad Ambiental para agua

El Ministerio del Ambiente (MINAM, 2019) define los ECA como una herramienta de gestión ambiental que se usa para evaluar la calidad del ambiente en todo el territorio del país. Así mismo, los ECA para agua establecen el nivel de concentración o el grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el agua, en su condición de cuerpo receptor, que no represente riesgo significativo para la salud de las personas ni para el ambiente (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental [OEFA], 2015).

Con respecto a la estructura del ECA-Agua, el MINAM (2019) indica lo siguiente:

En el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM establece que el uso del recurso agua se divide en diferentes categorías, siendo la categoría 1 Poblacional y recreacional y su subcategoría A se refiere al agua destinada a la producción de agua potable” con previo tratamiento que abastecen para el consumo humano; la subcategoría B: aguas destinadas para recreación que están ubicadas en zonas marino costeras o continentales. Así mismo, en la categoría 2 del uso del recurso agua, incluye la extracción, cultivo y otras actividades relacionadas con el medio marino y costero, así como también las actividades en ambientes continentales. La subcategoría C1 se refiere a la extracción y cultivo de moluscos, equinodermos y tunicados en aguas marino costeras, mientras que la C2 se refiere a la extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en las mismas aguas. La C3 se relaciona con las actividades marino portuarias y de saneamiento, mientras que la C4 se enfoca en la extracción de cultivos de especies hidrobiológicas en lagos y lagunas para consumo humano. (p. 1).

En la categoría 3 riego de vegetales y bebidas de animales con su subcategoría D1: mencionan que esta categoría el agua es utilizada para el riego de cultivos, así mismo, existen dos clasificaciones de agua para riego según su calidad: el agua para riego no restringido y el agua para riego restringido (Ollero, 1997). El agua para riego no restringido se utiliza en la irrigación de cultivos alimenticios que se consumen de forma cruda o también al ser cocidos, estos son como cultivos de árboles o arbustos frutales, parques públicos, campos deportivos, áreas verdes, plantas ornamentales y cualquier otro tipo de cultivo (Organización de las Naciones Unidas para la Educación y la Cultura [UNESCO], 2019). Por otro lado, el

agua para riego restringido es utilizado para llevar a cabo la irrigación de cultivos para consumo humano que se consumen cocidos, cultivos de tallo alto que no entran en contacto con el agua de riego, cultivos que pasan por un proceso, envasado y/o industrializados, cultivos para uso industrial no comestibles y cultivos silvícolas, de forrajes, o similares que no son consumidos de manera directa (Ochoa *et al*, 2010). Asimismo, la categoría 3 se refiere a la utilización del recurso agua en actividades agropecuarias. Dentro de esta categoría, se encuentra la subcategoría D2, que incluye el uso de agua para la bebida de animales mayores como vacas, caballos y camellos, así como para animales menores como cerdos, ovejas, cabras, conejos, aves y cuyes. En conclusión, el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM (2019) establece una clasificación específica para el uso de agua en actividades agropecuarias, garantizando la calidad de agua utilizada en la bebida de animales mayores y menores.

Así mismo, el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM establece la categoría 4 Conservación de Ambiente Acuático, que incluye cuerpos hídricos naturales que constituyen parte zonas o ecosistemas de conservación ambiental que necesitan protección ecológica. Dentro de esta categoría, se encuentra la subcategoría E1: lagunas y lagos, que son reservas del recurso hídrico lénticos que carecen de flujo constante, incluyendo humedales. Además, está la subcategoría E2: ríos, que son cursos de agua naturales que fluyen constantemente en una orientación determinada, y la subcategoría E3: ecosistemas costeros y marinos, que incluye los estuarios, áreas donde el agua salada del océano penetra en valles o cursos de ríos hasta el punto máximo alcanzado por la marea, y las áreas marinas que se extienden desde la línea de la marea baja hasta los límites territoriales del país.

CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Diseño de la investigación

En las investigaciones no experimentales, las variables se evalúan tal como se presentan en el entorno, sin manipulación. Un estudio longitudinal implica la recolección de datos en diferentes momentos para describir, analizar e interpretar las variables (Torero *et al.*, 2023). En este contexto, la presente investigación adoptó un diseño no experimental y longitudinal, analizando las variables en un espacio y tiempo específicos. Su alcance fue descriptivo, buscando determinar la variación en la calidad del agua. Además, el enfoque fue cuantitativo, ya que las variables analizadas fueron numéricas y medidas mediante instrumentos específicos.

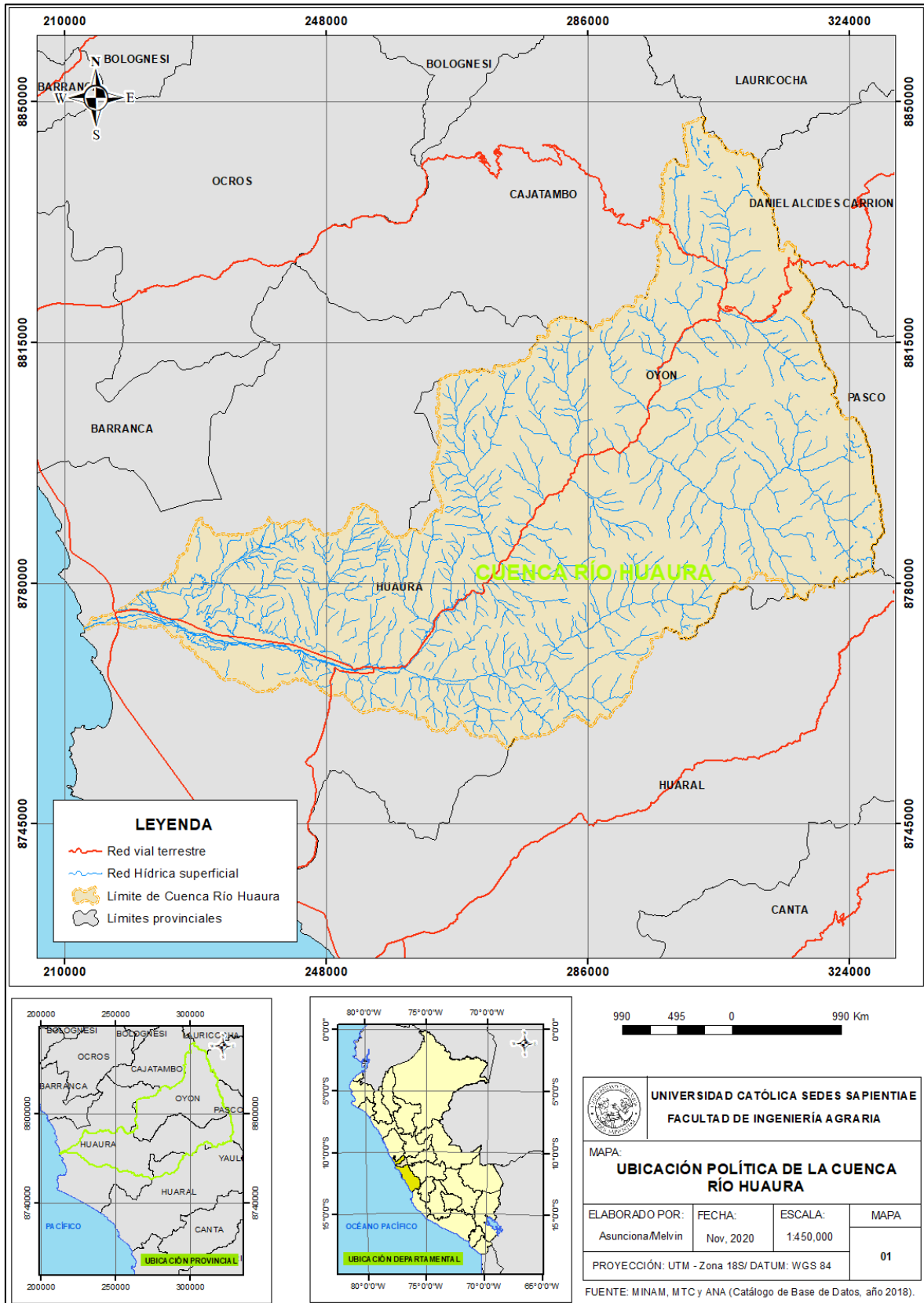
2.2. Lugar y fecha

La presente investigación se realizó en la región de Lima, provincia de Huaura, distrito Huaura (Figura 1), tuvo una duración de 12 meses, iniciando en el mes de junio del año 2020 con la etapa preliminar, seguida de la etapa de campo y por último la etapa de gabinete. Cabe recalcar que por problemas sanitarios de Covid-19 se extendió el tiempo de redacción final del informe de tesis.

En la Figura 2 se observa el área de estudio que se ubica en la cuenca baja del río Huaura a una altitud de 67 m s.n.m, con coordenadas geográficas: los paralelos 10° 27' (8 847 692 norte) y 11° 13' (8 756 028 norte) de latitud sur y los Meridianos 76°32' (328 988 este) y 77°39' (212 856 este) de Longitud oeste. Limita por el oeste con el Océano Pacífico, por el norte con el río Supe y Pativilca, por el sur con el río Chancay-Huaral y por el este con la Cuenca Alto Huallaga (Maldonado, 2019).

Figura 1

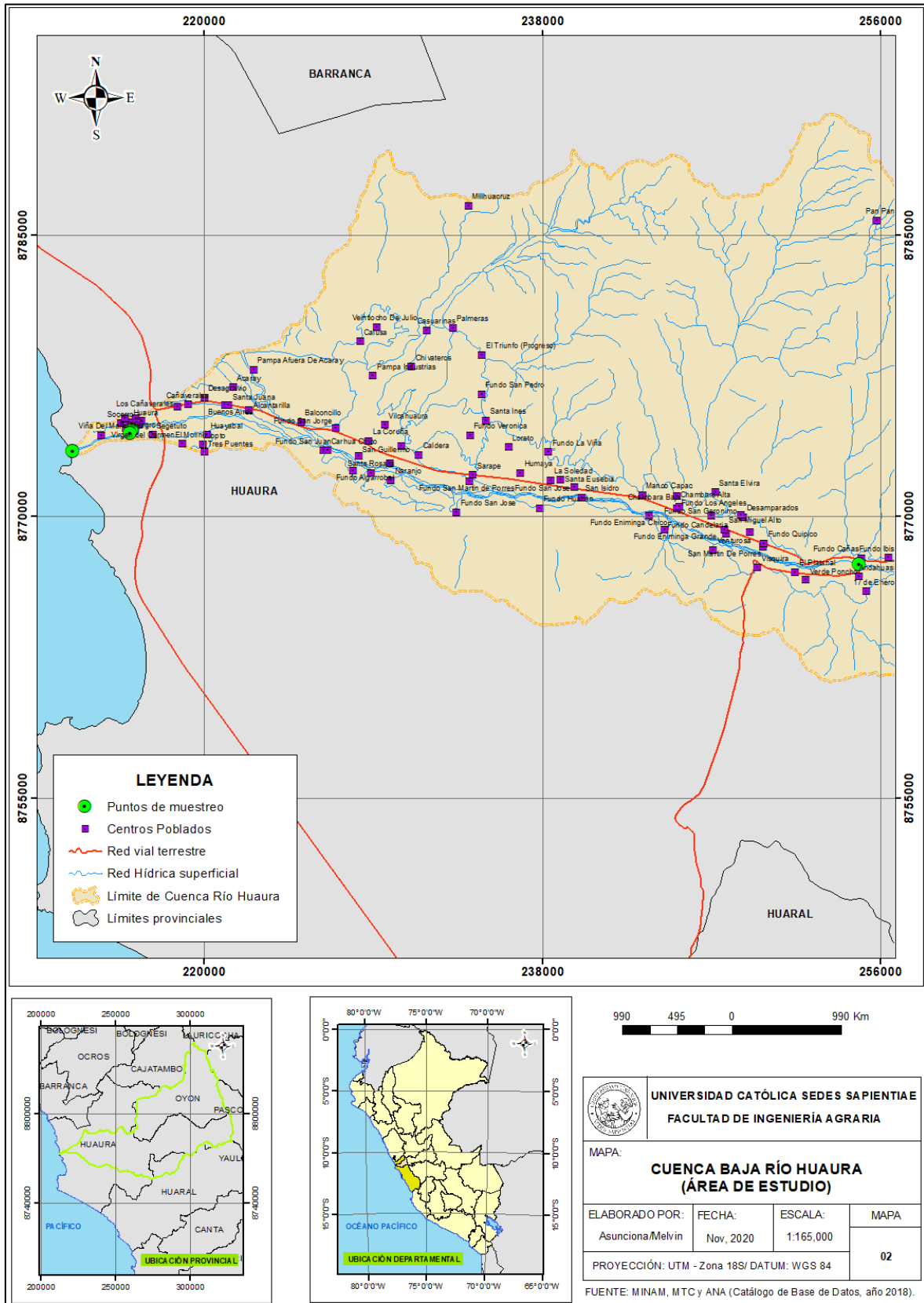
Mapa de ubicación de la cuenca del río Huaura



Nota. El mapa ha sido elaborado utilizando el software ArcGis 10.8.

Figura 2

Mapa de ubicación de la zona de estudio - cuenca baja del río Huaura



Nota. El mapa ha sido elaborado utilizando el software ArcGis 10.8.

2.3. Población y muestra

Población

La población del presente estudio fue representada por el volumen total de las aguas de la cuenca baja del río Huaura.

Muestra

La muestra estuvo representada de la siguiente manera:

Se seleccionó seis puntos de muestreo cuyo detalle se indica en la Tabla 6 y Apéndice 1; dos puntos de muestra antes del vertimiento, dos puntos en cada zona del vertimiento de aguas residuales municipales y dos puntos después de la zona de vertimiento, conforme a los lineamientos establecidos en el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales, aprobado mediante Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA. Además de ello, las distancias de muestreo fueron establecidas considerando la existencia de una bocatoma de canal de riego agrícola del distrito de Carquín, a 100 metros aguas abajo, con respecto a los puntos de vertimiento analizados. En cuanto a la selección de puntos de muestreo de vertimientos, se seleccionaron por la cantidad considerable y continua de agua residual que se vierte en esta zona, en comparación con otras fuentes emisoras que son muy reducidos en cuanto a caudal de descarga.

En cada punto de muestreo se recolectó un litro de agua por cada parámetro analizado, obteniendo un total de 48 litros de muestra. Esto corresponde al análisis de ocho parámetros de calidad de agua en seis puntos de monitoreo ubicados en la cuenca baja del río Huaura, realizado entre los años 2017 y 2020.

2.4. Técnicas e instrumentos

Muestreo directo

Durante la recolección de muestras en el año 2020, se utilizó la técnica de muestreo directo en cada punto, conforme a los lineamientos establecidos en el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales, aprobado mediante Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA. Esta técnica consiste en tomar la muestra utilizando un envase sostenido por una soga, que luego se trasvasa al recipiente correspondiente para cada parámetro. En ciertas ocasiones, se realizó la toma de muestras directamente en el recipiente principal, siempre que las condiciones del flujo y la descarga lo permitieran (ANA, 2016b).

Análisis documental

Para realizar la evaluación de la influencia del vertimiento en la calidad del agua se consideró la técnica de análisis documental, ya que, se solicitó directamente a la Autoridad Nacional del Agua los informes de monitoreo de los años 2017, 2018 y 2019 de la cuenca del río Huaura, con la finalidad de extraer información para su evaluación, análisis y síntesis de acuerdo con el objetivo general (Tabla 4).

Tabla 4

Relación de documentos de monitoreo de agua, período 2017-2020

Año de estudio	Sustento documentado	Fecha de muestreo
2017	Informe Técnico N° 066- 2017- ANA-AAA.CF. -ALA H/KHR	26/08/17
2018	Informe Técnico N° 066- 2018- ANA-AAA.CF. -ALA H/KHR	13/04/18
2019	Informe Técnico N° 046- 2019- ANA-AAA.CF. -ALA H/KHR	22/10/19
2020	Informe de Ensayo N° 202638	17/08/20

Nota. La información remitida por la ANA, fueron Informes Técnicos debidamente aprobados por la Entidad.

Este instrumento es una forma de investigación técnica, un conjunto de operaciones intelectuales que comprende el procesamiento analítico y sintético. Su objetivo es la captación, evaluación, selección y síntesis de los mensajes subyacentes en el contenido de los documentos, empezando por el análisis de sus significados a la luz de un problema determinado. Así, contribuye a la toma de decisiones, al cambio en el curso de las acciones y de las estrategias. Es el instrumento por excelencia de la gestión de la información (Rodríguez *et al.*, 2017).

2.5. Descripción de la investigación

2.5.1. Fase preliminar (Pre muestreo)

En esta fase, se llevó a cabo el reconocimiento del área de estudio mediante un recorrido por la cuenca baja del río Huaura. Se recopiló información tanto del lugar como del tema de investigación, y se elaboró un mapa base del área en estudio, lo que permitió seleccionar los puntos de muestreo. Posteriormente, se adquirieron los materiales necesarios para el desarrollo de la investigación. Además, se solicitó acceso a la información a la ANA para descargar los datos de monitoreo del río Huaura correspondientes a los años 2017, 2018 y 2019 (Apéndice 12). Finalmente, se elaboró un calendario para la toma de muestras requeridas en las siguientes fases de la investigación.

2.5.2. Fase de campo

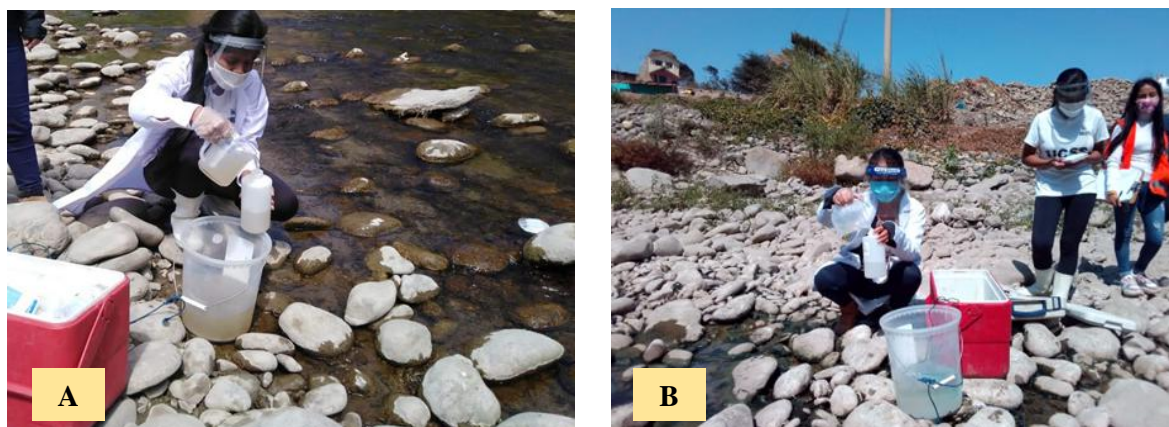
Esta fase se desarrolló de la siguiente manera:

Muestreo

El muestreo que se realizó siguiendo el Protocolo de monitoreo de calidad de agua, aprobado por la Autoridad Nacional de Agua, mediante Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA, en el cual se ha estandarizado los criterios y los procedimientos técnicos para desarrollar el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos, tanto cuerpos de agua dulce en tierra firme (como ríos, quebradas, lagos, lagunas) como marinos costeros (bahías, playas, estuarios, manglares) (ANA, 2016b) (Figura 3).

Figura 3

Toma de muestras de agua



Nota. A: corresponde al muestreo a 100 metros antes del punto de vertimiento. B: corresponde al muestreo a 100 metros después del punto de vertimiento.

En este estudio se consideraron un total de seis puntos de muestreo, los cuales se distribuyeron estratégicamente en relación con el vertimiento de aguas residuales municipales en el puente Huaura, y se asociaron a la red de puntos de monitoreo de la ANA de la siguiente manera: dos puntos aguas arriba del vertimiento (PM1, correspondiente a RHua2, y PM2, ubicado a 100 metros antes del vertimiento), dos puntos en la descarga del vertimiento (PM3 y PM4, ambos correspondientes a RHua3) y dos puntos aguas abajo del vertimiento (PM5, ubicado a 100 metros después del vertimiento – bocatoma de canal de riego del distrito de Carquín, y PM6, correspondiente a RHua4). Esta distribución se detalla en la Tabla 5 y el Apéndice 1.

En cada punto de muestreo se analizaron seis parámetros físico-químicos (pH, temperatura, conductividad eléctrica, demanda bioquímica de oxígeno, oxígeno disuelto y aceites y grasas), además de dos parámetros microbiológicos (*Escherichia coli* y coliformes termotolerantes). Para garantizar la conservación de las muestras destinadas al análisis de aceites y grasas, se añadieron 40 gotas de ácido sulfúrico (H_2SO_4) a una concentración del 0,50 %. Asimismo, las muestras se trasladaron de manera inmediata en una hielera (*cooler*) con gel pack, manteniendo una temperatura inferior a 6,00 °C para preservar su integridad.

Tabla 5*Puntos de muestreo de agua*

Puntos de muestreo	Descripción	Coordenadas	
		Este	Norte
PM1	RHua2: Río Huaura, aguas abajo del puente de Andahuasi	254 867,00	8 767 462,00
PM2	100 metros antes del vertimiento.	216 193,02	8 774 624,18
PM3	Vertimiento de agua residual doméstico 1.	216 115,16	8 774 598,00
PM4	Vertimiento de agua residual doméstico 2 100 metros después del vertimiento	216 111,66	8 774 574,48
PM5	(bocatoma de canal de riego del distrito de Carquín)	216 036,00	8 774 460,00
PM6	RHua4: Río Huaura, desembocando en el Océano Pacífico	212 978,00	8 773 491,00

Nota. El PM1 corresponde a RHua2 de la ANA. Por su parte, tanto el PM3 como el PM4 están asociados al punto de muestreo RHua3 de la ANA. Finalmente, el PM6 se relaciona con RHua4 de la ANA.

2.5.3. Fase de laboratorio

En esta fase, la Empresa Envirotest acreditada por el Instituto Nacional de Calidad (INACAL), realizó la cuantificación analítica de los parámetros de agua.

Los análisis de agua se llevaron a cabo con el objetivo de determinar si las muestras cumplen con los Estándares de Calidad Ambiental para Agua (ECA-Agua), aprobados mediante el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. Los ECA se clasifican en cuatro categorías, según el uso previsto del agua en estudio. Por lo tanto, en esta investigación se emplearon los estándares establecidos para la categoría 3, que incluye D1 (riego de vegetales) y D2 (agua para la bebida de animales).

2.5.4. Fase de gabinete

En esta fase, a partir de los resultados obtenidos en campo, laboratorio y la información proporcionada por la ANA, se procedió a organizar y tabular los datos recopilados. Posteriormente, se realizó un análisis estadístico para evaluar la influencia del vertimiento en las variables estudiadas. Seguidamente, se compararon los valores obtenidos con los Estándares de Calidad Ambiental para Agua (ECA-Agua). Finalmente, se calculó el Índice de Calidad de Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS) con el propósito de evaluar el estado actual del agua en la cuenca baja del río Huaura (ANA, 2019a); con las ecuaciones 1, 2, 3 y 4.

$$CCMEWQI = 100 - \left(\frac{\sqrt{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}}{1,732} \right) \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

F1: se refiere a la proporción de parámetros que no cumplen con los valores establecidos en las regulaciones actuales de calidad ambiental para el agua, con relación al total de parámetros evaluados.

F2: representa la proporción de datos que no cumplen con las normas ambientales (ECA para Agua) en relación el total de datos de los parámetros evaluados (los cuales corresponden a los resultados obtenidos a partir de un mínimo de cuatro monitoreos).

F3: es una medida de la desviación de los datos, calculada mediante la suma normalizada de excesos.

La ecuación de cada factor se determinó de la siguiente manera (ANA, 2019^a):

$$F1 = \frac{N^\circ \text{ de parámetros que no cumplen los ECA Agua}}{N^\circ \text{ total de parámetros a evaluar}} \quad \text{Ecuación 2}$$

$$F2 = \frac{N^\circ \text{ de datos que no cumplen los ECA}}{N^\circ \text{ total de datos evaluados}} \quad \text{Ecuación 3}$$

$$F3 = \left(\frac{\text{Suma Normalizada de Excedentes}}{\text{Suma Normalizada de Excedentes}+1} \right) \quad \text{Ecuación 4}$$

El resultado del ICARHS fue un número adimensional que varió entre 0 y 100; el cual permitió establecer escalas en cinco rangos que calificaron el estado de la calidad del agua: pésimo, malo, regular, bueno y excelente (Tabla 6).

Tabla 6

Escala de valoración del ICARHS

Valor	Clasificación	Color (RGB)	Interpretación
95-100	Excelente	0	La calidad del agua se encuentra resguardada, sin presencia de amenazas ni daños significativos, manteniendo su condición cercana a niveles naturales o deseables (ANA, 2020)
		112	
		255	
80-94	Bueno	0	La calidad del agua se distancia ligeramente de su estado. No obstante, las condiciones deseables pueden enfrentar algunas amenazas o daños menores (ANA, 2020)
		197	
		255	
65-79	Regular	85	La calidad de agua natural puede ser ocasionalmente comprometida o afectada. Con frecuencia, la calidad del agua se aleja de los niveles deseables. Para muchos de sus usos, el agua requiere tratamiento (ANA, 2020)
		255	
		0	
45-64	Malo	255	“La calidad de agua no cumple con los objetivos de calidad, frecuentemente las condiciones deseables están amenazadas o dañadas. Muchos de los usos necesitan tratamiento” (ANA, 2020)
		170	
		0	
0-44	Pésimo	255	“La calidad del agua no cumple con los objetivos de calidad, casi siempre está amenazada o dañada. Todos los usos necesitan tratamiento” (ANA, 2020)
		0	
		0	

Nota. Elaboración propia a partir de la Autoridad Nacional del Agua (ANA, 2020). Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales – ICARHS. p. 09.

https://repositorio.ana.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12543/4479/ANA0002895_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y

2.6. Identificación de variables y su mensuración

Las variables en estudio de la presente investigación fueron con respecto a la calidad del agua como se muestra en la Tabla 7 de la siguiente manera:

Tabla 7

Variables de estudio

Variab les	Unidad de medida	Método
pH	Unid. pH	Multiparámetro (*)
Temperatura	°C	Multiparámetro
Conductividad eléctrica	µS/cm	Multiparámetro
DBO ₅	mg/L	SMEWW-APHA- AWWA-WEF Part 5210B- 23rd.Ed.2017
OD	mg/L	Oxímetro
Aceites y grasas	mg/L	Extracción y gravimetría
Coliformes termotolerantes	NMP/100 mL	Tubos múltiples
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 mL	Tubos múltiples

Nota. (*) El multiparámetro fue incluido en el servicio de análisis de la Empresa Envirotec; el cual fue un equipo calibrado para la certificación por INACAL.

2.7. Análisis estadístico de datos

El análisis estadístico se realizó con el programa SPSS versión 25. La prueba estadística aplicada fue el *T-student* para muestras relacionadas que ayudó en el análisis de la influencia del vertimiento en la calidad del agua, también para la comparación de los promedios, se aplicó estadística descriptiva, tales como: media aritmética y desviación estándar.

2.8. Materiales y equipos

En las Tablas 8, 9 y 10 se describen materiales y equipos que se utilizaron para la toma de muestras y datos en campo de la presente investigación, conforme los procedimientos establecidos por la Empresa Envirotec.

Tabla 8*Materiales para la toma de muestras*

Parámetro	Cantidad	Volumen (mL)	Tipo de envase
A y G	6	1 000,00	Vidrio color ámbar
DBO	6	1 000,00	Plástico
<i>Escherichia coli</i>	6	250,00	Vidrio
Coliforme Fecal Bacteria	6	250,00	Vidrio

Tabla 9*Equipos para la toma de datos en campo*

Parámetro	Equipo	Marca	Modelo
pH	Multiparámetro	Lutron	WA2017SD
Temperatura	Multiparámetro	Lutron	WA2017SD
C.E.	Multiparámetro	Lutron	WA2017SD
OD	Multiparámetro	Lutron	WA2017SD

Tabla 10*Materiales y equipos complementarios para la toma de datos*

Materiales complementarios	Cantidad (Unidad)
Cooler	1
Cadena de custodia	1
Ficha de registro de campo	1
Plumón indeleble	1
Lapicero	1
Equipos complementarios	1
GPS	1
Cámara fotográfica	1
Laptop Core i5	1

CAPÍTULO III: RESULTADOS

3.1. Evaluación de la variación de los parámetros fisicoquímicos (potencial de hidrógeno, temperatura, conductividad eléctrica, aceites y grasas, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) y oxígeno disuelto en el agua) de la cuenca baja del río Huaura, período 2017-2020

Se presenta la variación de los parámetros físico-químicos ocasionados por los vertimientos de las aguas residuales, con información recibida de la Autoridad Nacional del Agua de los años 2017, 2018 y 2019 (información oficial) y obtenida en campo de manera directa en 2020 (Apéndice 10 y 11).

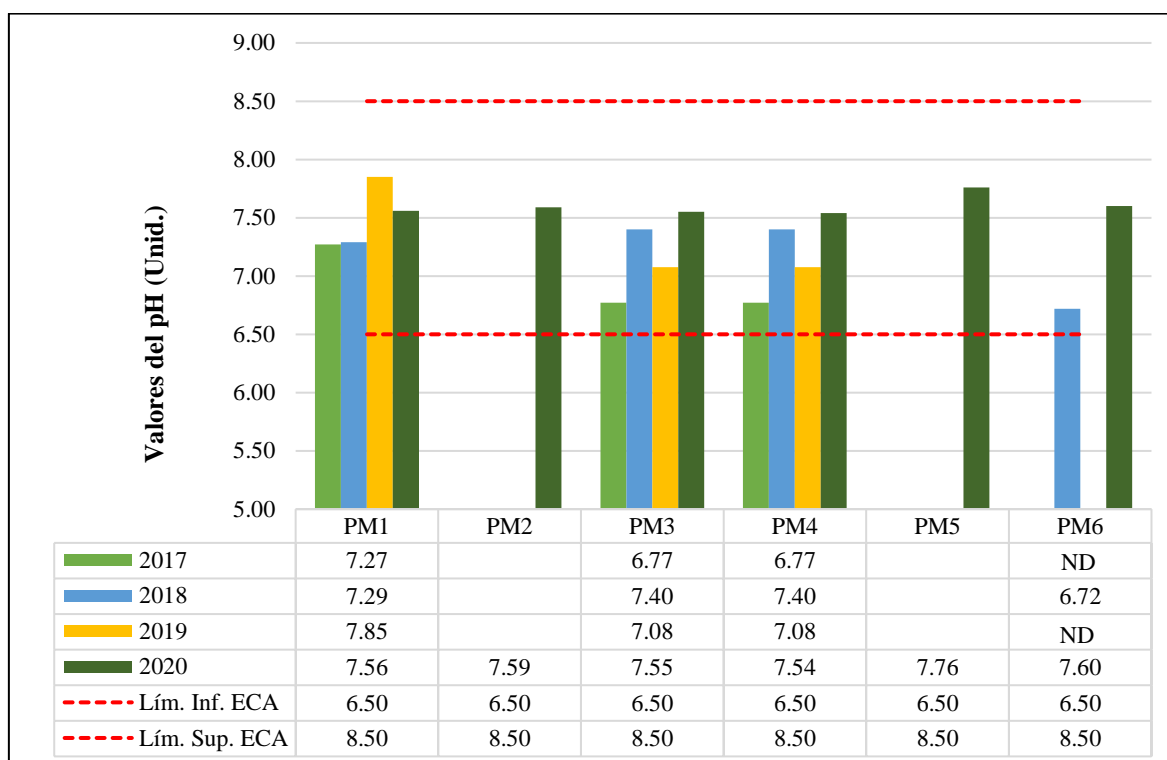
3.1.1. Potencial de hidrógeno

Los valores de pH de los años 2017, 2018, 2019 y 2020 cumplen con el límite establecido en el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM (ECA Agua) en la categoría 3: riego de vegetales y bebida de animales. Por otro lado, si bien los valores se encuentran dentro del rango establecido, se puede observar que en el año 2020 los valores del pH aumentaron después del vertimiento (Figura 4).

En el año 2017, la media aritmética del pH fue 6,94 unidades; con un valor mínimo de 6,77 y un máximo de 7,27. Mientras que, en el año 2018, la media resultó 7,20 unidades; con valores que van desde 6,72 hasta 7,40. Del mismo modo, para el año 2019, la media fue 7,33 unidades; con un valor mínimo de 7,08 y un máximo de 7,85. Finalmente, para el año 2020, la media aritmética fue 7,60 unidades; con un valor mínimo de 7,54 y máximo de 7,76. Así mismo, los resultados del año 2020 fueron los más homogéneos ($S = 0,07$), seguidamente del año 2017 ($S = 0,24$), 2018 ($S = 0,28$) y 2019 ($S = 0,37$) (Tabla 11).

Figura 4

Valores de pH en 2017, 2018, 2019 y 2020



Nota. El PM2 y PM5, corresponden a puntos de muestreo de control a 100 metros antes y después de los puntos de vertimiento (PM3 y PM4), respectivamente y, no corresponden a los puntos de muestreo establecidos por la ANA; razón por el cual, no se cuentan con registros en los años 2017, 2018 y 2019.

Tabla 11

Resumen estadístico del pH (Unidad) en 2017, 2018, 2019 y 2020

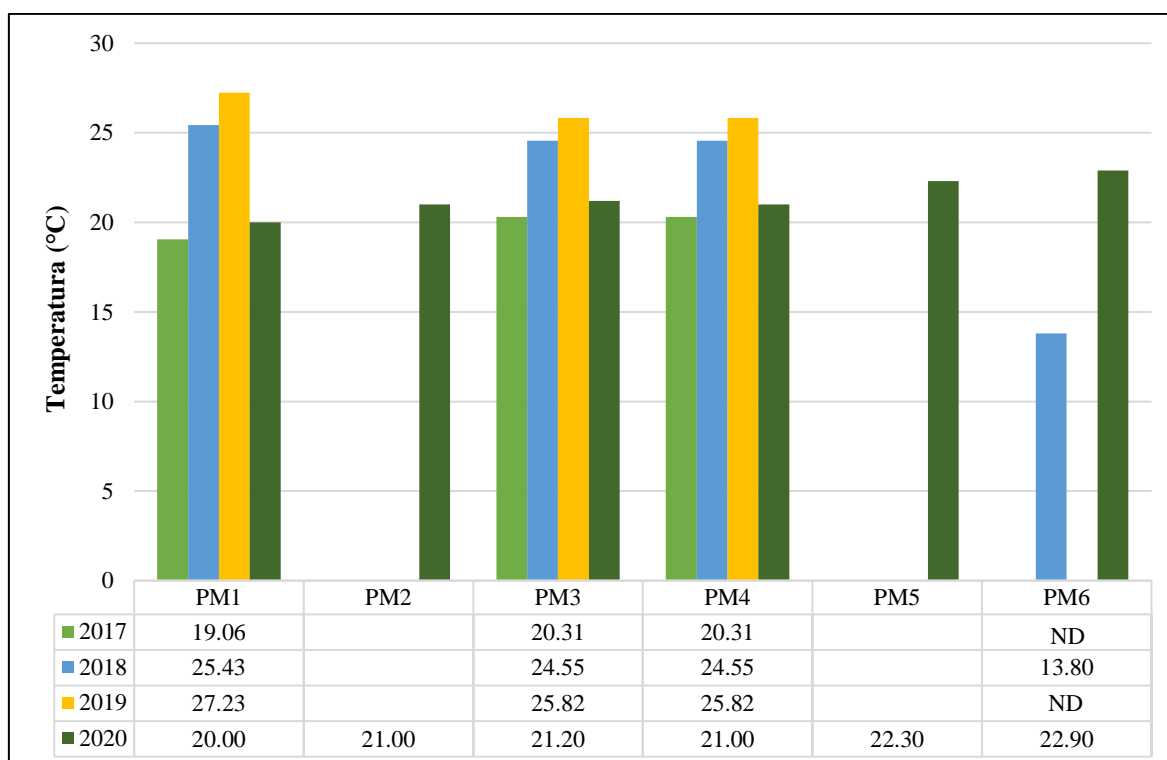
Año	Mínimo	Máximo	Media	Desv.típ.
2017	6,77	7,27	6,94	0,24
2018	6,72	7,40	7,20	0,28
2019	7,08	7,85	7,33	0,37
2020	7,54	7,76	7,60	0,07

3.1.2. Temperatura

La distribución de la temperatura en los años 2017, 2018, 2019 y 2020 se observó diferencia significativa en los puntos de muestreo 1 y 2 (corresponden antes de vertimiento) con los puntos 5 y 6; el cual puede ser asociado al impacto del vertimiento (Figura 5).

Figura 5

Valores de temperatura en 2017, 2018, 2019 y 2020



Nota. En el punto PM6, en el año 2017 y 2019, la ANA no determinó los valores de temperatura (ND).

En la Tabla 12 se aprecia que la media aritmética de la temperatura aumenta ligeramente con el pasar de los años. En el año 2017, la media fue 19,89 °C; con un valor mínimo de 19,06 °C y un máximo de 20,31 °C. Mientras que, en el año 2018, la media resultó 22,08 °C; con valores comprendidos desde 13,80 °C hasta 25,43 °C. Así mismo, en 2019 la media fue 26,29 °C; con valor mínimo de 25,82 °C y máximo de 27,23 °C. Del mismo modo, para el año 2020 la media aritmética fue 21,40 °C; con valores comprendidos entre 20,00 °C y 22,90 °C. Finalmente se observa que la temperatura del año 2017 fue más homogénea, seguidamente del año 2019, 2020 y 2018; con desviación típica de 0,59, 0,66, 0,95 y 4,80, respectivamente.

Tabla 12*Resumen estadístico de la temperatura (°C) en 2017, 2018, 2019 y 2020*

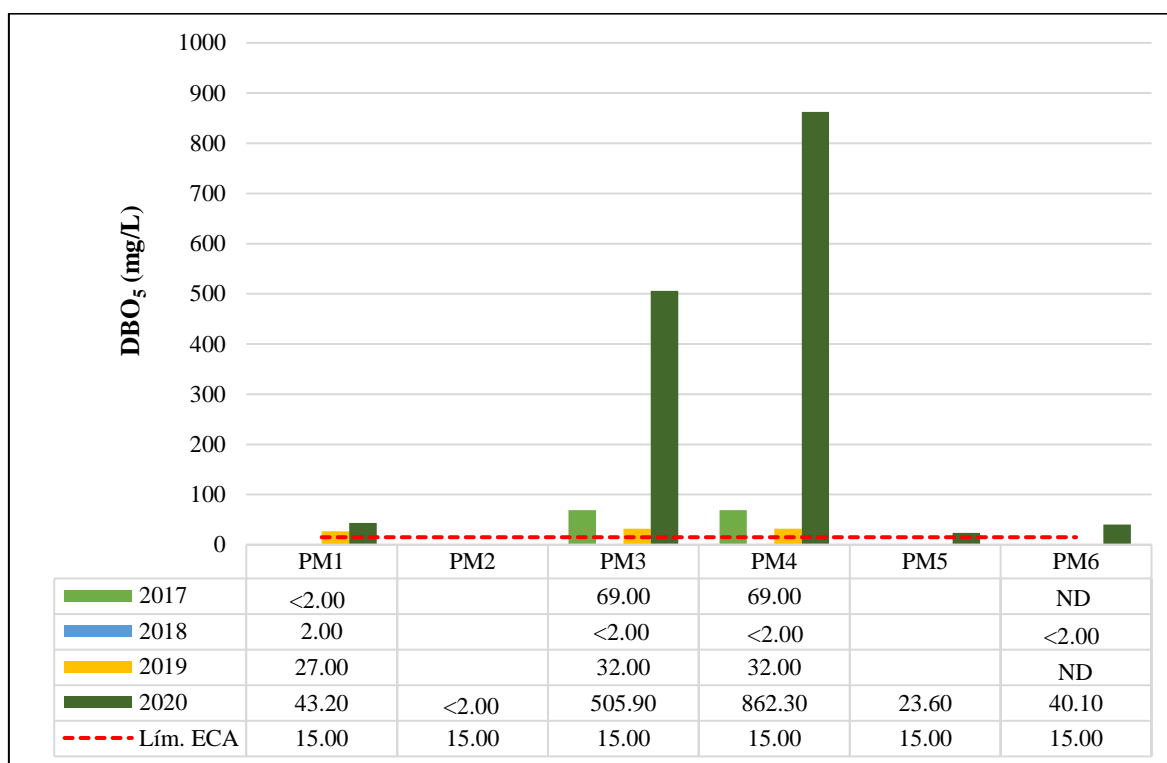
Año	Mínimo	Máximo	Media	Desv.típ.
2017	19,06	20,31	19,89	0,59
2018	13,80	25,43	22,08	4,80
2019	25,82	27,23	26,29	0,66
2020	20,00	22,90	21,40	0,95

3.1.3. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)

En el año 2017, las concentraciones de DBO₅ en los puntos PM3 y PM4 no cumplieron con los Estándares de Calidad Ambiental para Agua (ECA-Agua), establecidos en 15,00 mg/L tanto para subcategoría D1 y D2. Para el año 2018, los puntos PM1, PM3, PM4 y PM6 presentaron concentraciones por debajo del límite establecido ($2,00 < 15,00$ mg/L). Sin embargo, en 2019, las concentraciones registradas en los puntos PM1, PM3 y PM4 excedieron el ECA-Agua (27,00, 32,00 y 32,00 mg/L, respectivamente). Finalmente, en 2020, las concentraciones en los puntos PM1, PM3, PM4, PM5 y PM6 sobrepasaron el estándar (43,20, 505,90, 862,30, 23,60 y 40,10 mg/L, respectivamente); mientras que el punto PM2 ($< 2,00$ mg/L), se mantuvo dentro de los límites aceptados por el ECA-Agua (Figura 6).

Figura 6

Concentración de DBO₅ (mg/L) en 2017, 2018, 2019 y 2020



Nota. En el punto PM6, en el año 2017 y 2019, la ANA no determinó las concentraciones de DBO₅ (ND).

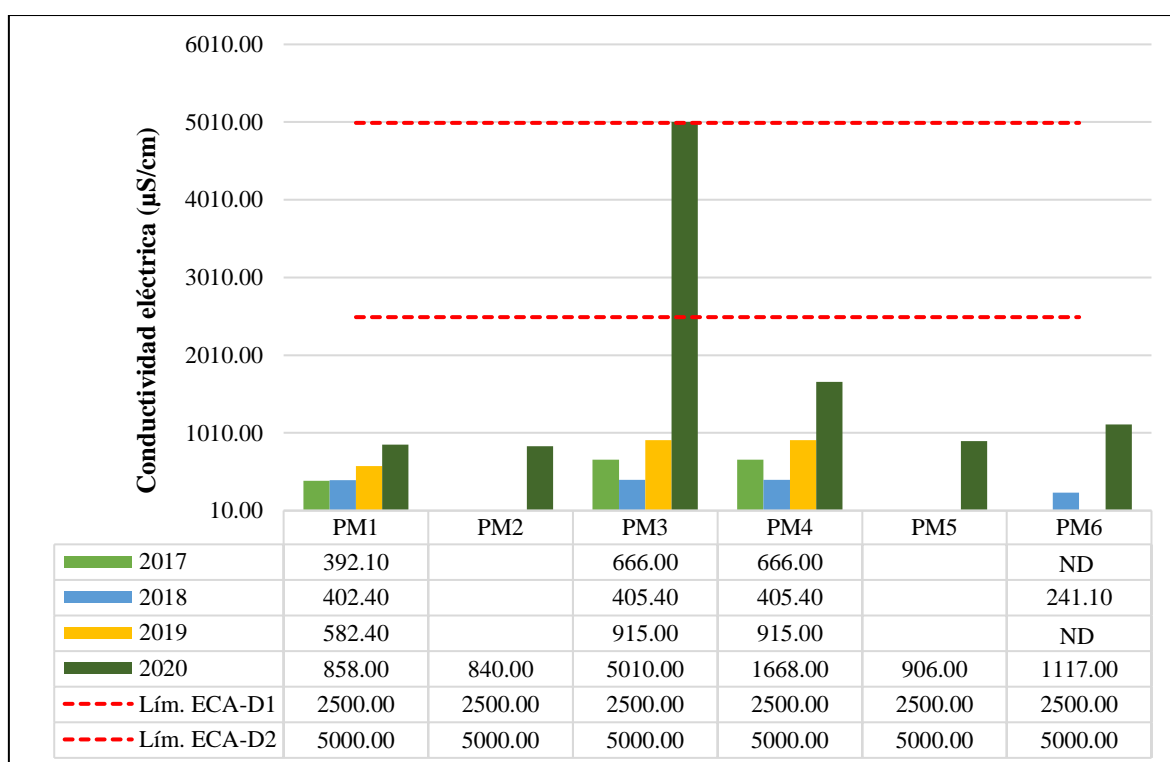
En el año 2017, la concentración mínima de DBO₅ fue registrada en el punto PM1 (<2,00 mg/L) y la concentración máxima en los puntos PM3 y PM4 (69,00 mg/L). Del mismo modo, en el año 2018, la concentración mínima resultó <2,00 mg/L (PM3, PM4 y PM6) y 2,00 mg/L como máxima concentración (PM1). Por su parte, en 2019 la media fue 30,33 mg/L; con un valor mínimo de 27,00 mg/L y un máximo de 32,00 mg/L; mientras que, en 2020 la media resultó 295,02 mg/L, con valores que van desde <2,00 a 862,30 mg/L. Finalmente se registró que la Demanda Bioquímica de Oxígeno en año 2019 fue más homogéneo en comparación al 2020 ($S = 2,36$ y $337,15$ mg/L, respectivamente) (Tabla 13).

Tabla 13*Resumen estadístico de DBO₅ (mg/L) en 2017, 2018, 2019 y 2020*

Años de muestreo	Mínimo	Máximo	Media	Desv.típ.
2017	<2,00	69,00		
2018	<2,00	2,00		
2019	27,00	32,00	30,33	2,36
2020	<2,00	862,30	295,02	337,15

3.1.4. Conductividad eléctrica (µS/cm)

En los años 2017, 2018 y 2019, la máxima conductividad eléctrica registrada se presentó en los puntos PM3 y PM4, con un valor de 915,00 µS/cm, el cual estuvo por debajo del ECA-Agua (D1 = 2 500,00 µS/cm y D2 = 5 000,00 µS/cm). Sin embargo, en 2020, solo el punto PM3 excedió el estándar de la subcategoría D2 (5 010,00 > 5 000,00 µS/cm). De manera general, el vertimiento modifica el patrón de distribución de este parámetro (Figura 7).

Figura 7*Conductividad eléctrica en 2017, 2018, 2019 y 2020*

Nota. El Lím ECA-D1 se refiere a la subcategoría de “riego de vegetales”, mientras que el Lím ECA-D2 hace referencia a la subcategoría de “bebida de animales”.

En el año 2017 en la Tabla 14 se observa que la media de la conductividad eléctrica del agua fue 574,70 $\mu\text{S/cm}$; con un valor mínimo de 392,10 $\mu\text{S/cm}$ y un máximo de 666,00 $\mu\text{S/cm}$. Mientras que, en el año 2018, la media resultó 363,58 $\mu\text{S/cm}$; con valores comprendidos entre 241,10 $\mu\text{S/cm}$ y 405,40 $\mu\text{S/cm}$. Del mismo modo, la media para el 2019 fue de 804,13 $\mu\text{S/cm}$; con una variación desde 582,40 $\mu\text{S/cm}$ hasta 915,00 $\mu\text{S/cm}$. Asimismo, en 2020 la media resultó 1 733,17 $\mu\text{S/cm}$ con un valor mínimo de 840,00 $\mu\text{S/cm}$ y un máximo de 5 010,00 $\mu\text{S/cm}$. Finalmente, los valores de la conductividad en el año 2018 fueron los más homogéneos ($S = 70,72$), seguidamente de 2017 ($S = 129,12$), 2019 ($S = 156,79$) y 2020 (1 492,73).

Tabla 14

Resumen estadístico de conductividad eléctrica ($\mu\text{S/cm}$) en 2017, 2018, 2019 y 2020

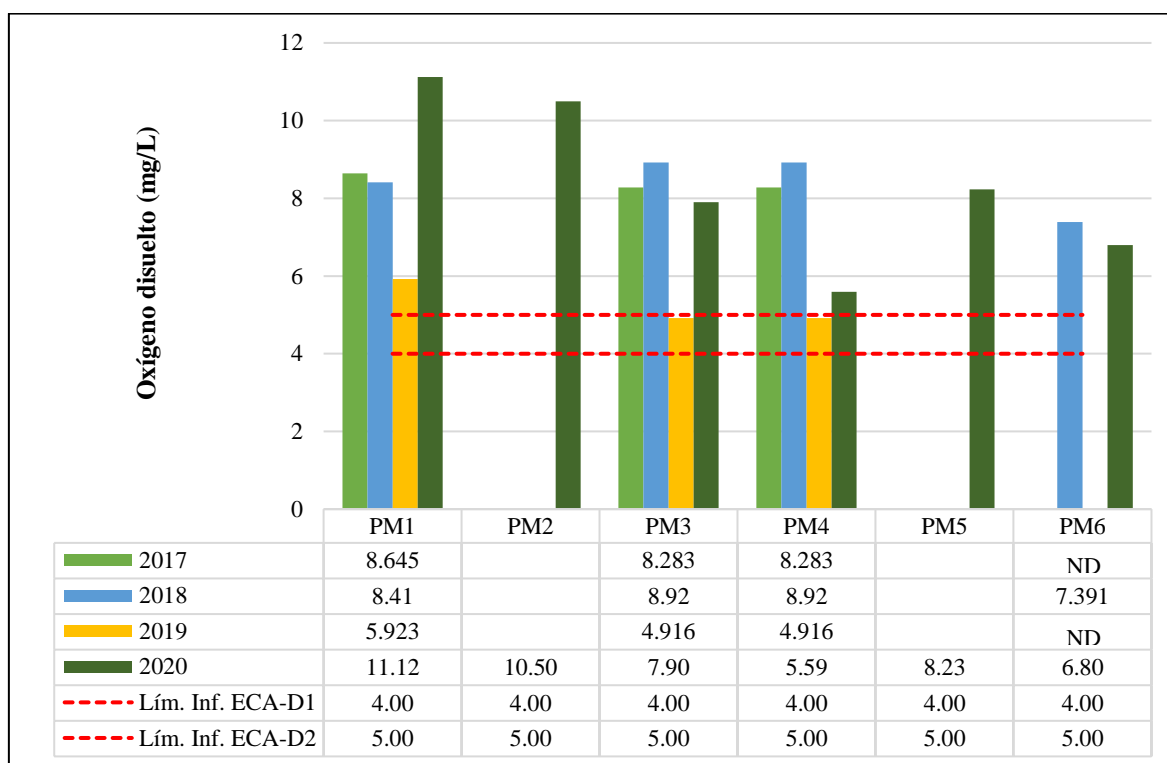
Años de muestreo	Mínimo	Máximo	Media	Desv.típ.
2017	392,10	666,00	574,70	129,12
2018	241,10	405,40	363,58	70,72
2019	582,40	915,00	804,13	156,79
2020	840,00	5 010,00	1 733,17	1 492,73

3.1.5. Oxígeno disuelto

La concentración de oxígeno disuelto más bajo en los años 2017, 2018, 2019 y 2020, resultó 4,916 mg/L (PM3 y PM4), el cual superó el límite inferior establecido en la subcategoría D1 ($\geq 4,00$ mg/L) y D2 ($\geq 5,00$ mg/L) del ECA-Agua. En el punto PM6 para el año 2017 y 2019 no se registraron datos según los resultados de los informes técnicos de monitoreo. De manera general, el vertimiento modifica el patrón de distribución de este parámetro (Figura 8).

Figura 8

Oxígeno disuelto en 2017, 2018, 2019 y 2020



Nota. El Lím ECA-D1 se refiere a la subcategoría de “riego de vegetales”, mientras que el Lím ECA-D2 hace referencia a la subcategoría de “bebida de animales”.

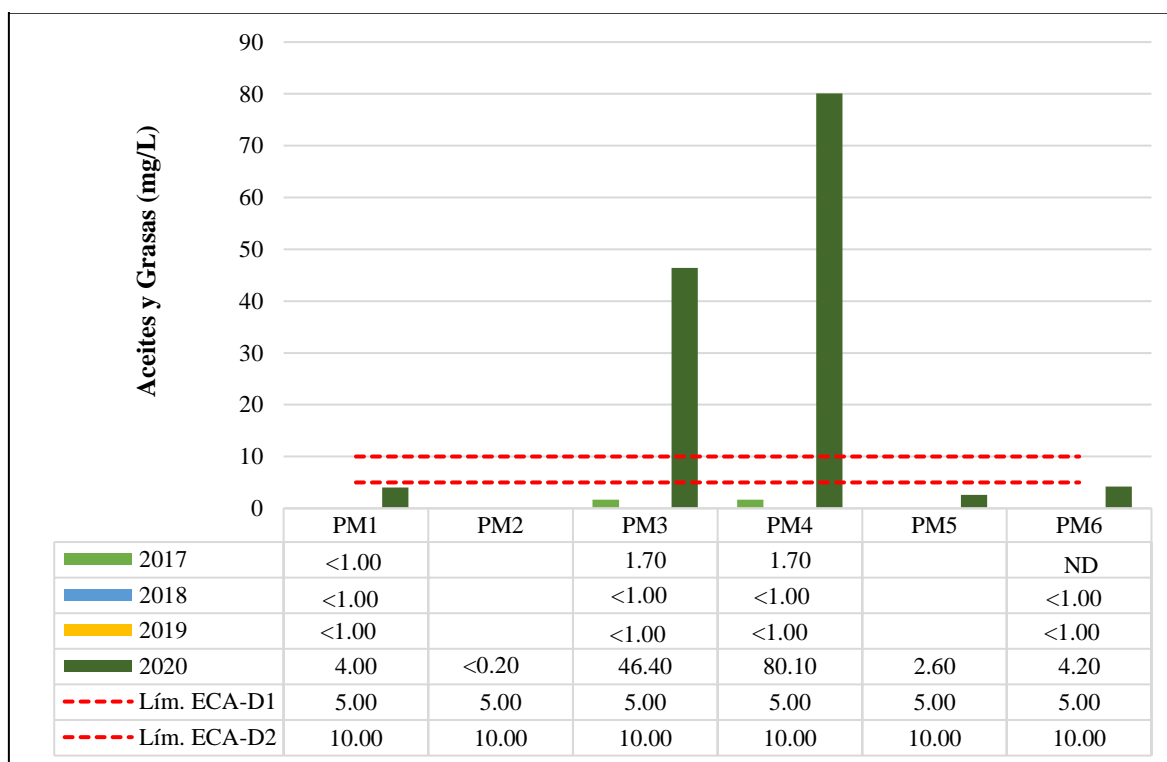
En el año 2017, la media aritmética del oxígeno disuelto fue 8,40 mg/L; con una concentración mínima de 8,28 mg/L y una máxima de 8,65 mg/L. Mientras que, en el año 2018, la media resultó 8,41 mg/L; con concentraciones que variaron desde 7,39 mg/L a 8,92 mg/L. Del mismo modo, en 2019 la media fue 5,25 mg/L; con concentraciones comprendidas entre 4,92 mg/L y 5,92 mg/L. Así mismo, en 2020 la media fue de 8,36 mg/L; con una concentración mínima de 5,59 mg/L y una máxima de 11,12 mg/L. Finalmente, los resultados del año 2017 fueron más homogéneos ($S = 0,17$), seguidamente de 2019 ($S = 0,47$), 2018 ($S = 0,62$) y 2020 ($S = 1,94$) (Tabla 15).

Tabla 15*Resumen estadístico de oxígeno disuelto (mg/L) en 2017, 2018, 2019 y 2020*

Años de muestreo	Mínimo	Máximo	Media	Desv.típ.
2017	8,28	8,65	8,40	0,17
2018	7,39	8,92	8,41	0,62
2019	4,92	5,92	5,25	0,47
2020	5,59	11,12	8,36	1,94

3.1.6. Aceites y grasas

La concentración de aceites y grasas durante los años 2017, 2018 y 2019 se mantuvo por debajo de los estándares establecidos por el ECA-Agua (máximo valor: 1,70 mg/L < D1 = 5,00 mg/L y D2 = 10,00 mg/L). Sin embargo, en 2020, los puntos PM3 y PM4 excedieron significativamente los límites permitidos, registrando concentraciones de 46,40 mg/L y 80,10 mg/L, respectivamente. De manera general, los vertimientos de aguas residuales aportaron concentraciones considerables de este parámetro (Figura 9).

Figura 9*Aceites y grasas en 2017, 2018, 2019 y 2020*

Nota. El ECA-D1 y D2, es la subcategoría de riego de vegetales y bebida de animales, respectivamente.

En el año 2017, la concentración mínima de aceites y grasas resultó <1,00 mg/L y una máxima de 1,70 mg/L. Del mismo modo, en el 2018 y 2019 tanto la concentración mínima y máxima, resultaron <1,00 mg/L. Mientras que en 2020 la media fue 27,46 mg/L; con una concentración mínima de <0,20 mg/L y una máxima de 80,10 mg/L; el cual significó una desviación de 31,11 (Tabla 16).

Tabla 16

Resumen estadístico de aceites y grasas (mg/L) en 2017, 2018, 2019 y 2020

Años de muestreo	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
2017	<1,00	1,70		
2018	<1,00	<1,00		
2019	<1,00	<1,00		
2020	<0,20	80,10	27,46	31,11

3.2. Evaluación de la variación de los parámetros microbiológicos (Coliformes termotolerantes y *Escherichia coli* en el agua) de la cuenca baja del río Huaura, período 2017-2020

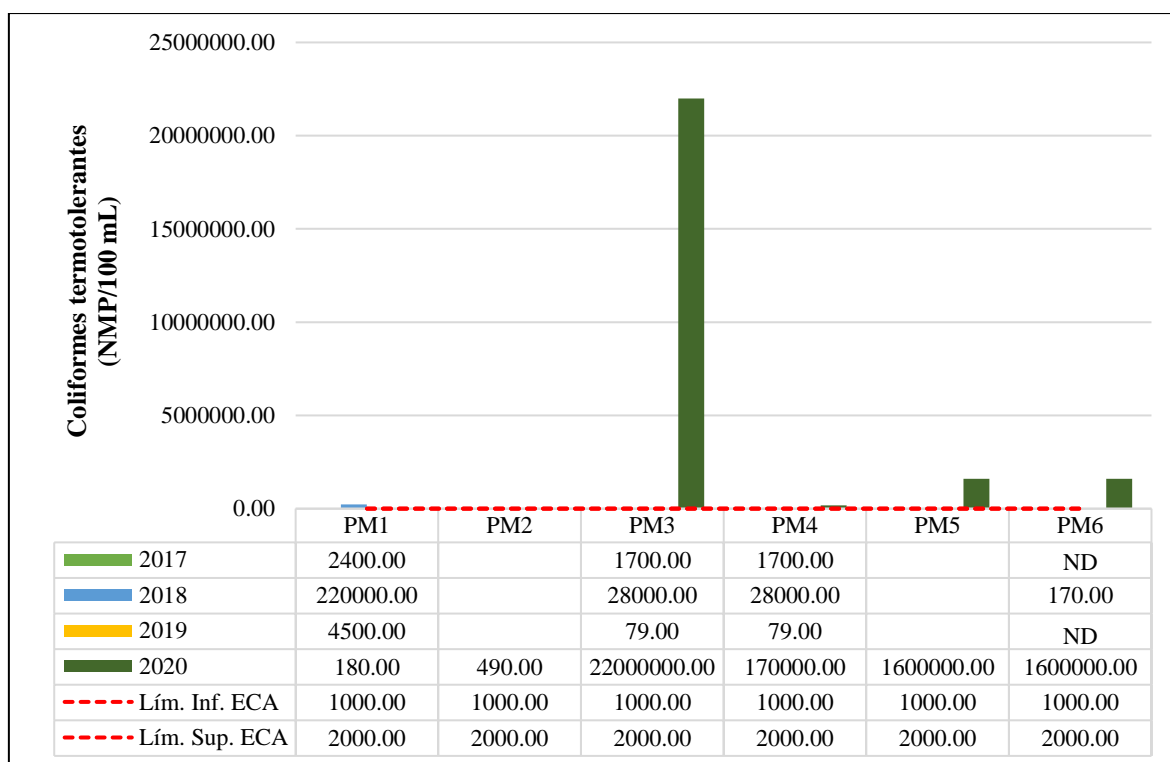
3.2.1. Coliformes termotolerantes

En los años 2017 y 2018, las concentraciones de coliformes termotolerantes en los puntos PM1, PM2 y PM4 excedieron el valor establecido por el ECA-Agua para riego no restringido (1 000,00 – 2 000,00 NMP/100 mL). Por ejemplo, en 2017, el punto PM1 alcanzó 2 400,00 NMP/100 mL, mientras que PM2 y PM4 registraron 1 700,00 NMP/100 mL, cada uno. En contraposición, en 2018, las concentraciones en PM1 fueron extremadamente altas (220 000,00 NMP/100 mL) y en PM2 y PM4 se reportaron 28 000,00 NMP/100 mL, valores significativamente superiores al estándar. Sin embargo, el punto PM6 presentó un valor de 170,00 NMP/100 mL, dentro del límite permitido. En 2019, únicamente el punto PM1 superó el límite del ECA-Agua con una concentración de 4 500,00 NMP/100 mL, mientras que los puntos PM2 y PM4, con 79,00 NMP/100 mL, estuvieron por debajo del estándar establecido. En 2020, se registraron concentraciones muy altas en los puntos PM3, PM4, PM5 y PM6, con valores que oscilaron entre 170 000,00 NMP/100 mL (PM4) y 22 000 000,00 NMP/100 mL (PM3), sobrepasando ampliamente los límites del ECA-Agua. En contraste, los puntos

PM1 y PM2 reportaron valores de 180,00 NMP/100 mL y 490,00 NMP/100 mL, respectivamente, cumpliendo con los estándares establecidos. En términos generales, los resultados muestran una tendencia de altos niveles de contaminación en varios puntos monitoreados, especialmente en los años 2018 y 2020, lo que sugiere que los vertimientos contribuyeron significativamente al aumento de las concentraciones de coliformes en el río (Figura 10).

Figura 10

Coliformes termotolerantes (NMP/100 mL) en 2017, 2018, 2019 y 2020



Nota. El límite máximo es de 2 000,00 NMP/100 mL para agua destinada a riego restringido, mientras que, para agua de riego no restringido y bebida de animales, el límite es de 1 000,00 NMP/100 mL.

La media aritmética de coliformes termotolerantes fue 1 933,33 NMP/100 mL, en el año 2017; con una concentración mínima de 1 700,00 NMP/100 mL y una máxima de 2 400,00 NMP/100 mL. De la misma manera, en el 2018 la media fue 69 042,50 NMP/100 mL; con concentraciones comprendidos desde 170,00 NMP/100 mL hasta 220 000,00 NMP/100 mL. Mientras que en 2019 la media resultó 1 552,67 NMP/100 mL; con un rango entre 79,00 NMP/100 mL y 4 500,00 NMP/100 mL. Así mismo, en el año 2020 la media fue 4 228 445,00 NMP/100 mL; con una concentración mínima de 180,00 NMP/100 mL y una máxima de 22 000 000,00 NMP/100 mL. Finalmente, los resultados en el año 2017 fueron más

homogéneos ($S = 329,98$), seguidamente de 2019 ($S = 2\ 084,08$), 2018 ($S = 87\ 892,78$) y 2020 ($S = 7\ 977\ 786,01$) (Tabla 17).

Tabla 17

Resumen estadístico de coliformes termotolerantes en 2017, 2018, 2019 y 2020

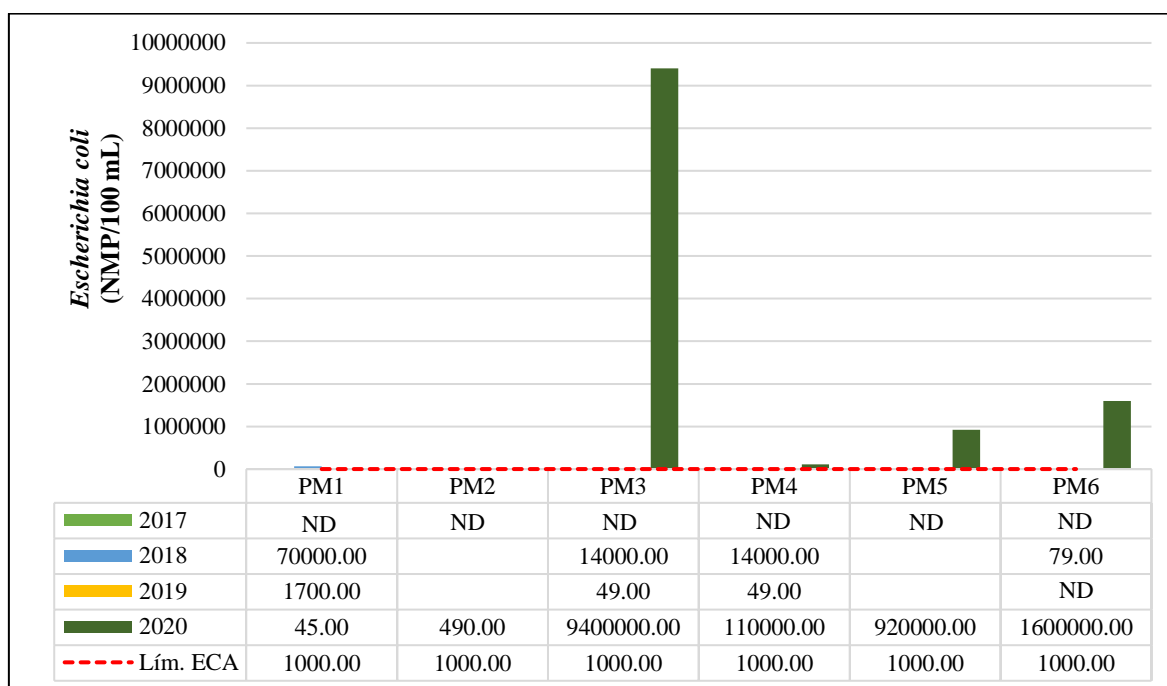
Años de muestreo	Mínimo	Máximo	Media	desv.típ.
2017	1 700,00	2 400,00	1 933,33	329,98
2018	170,00	220 000,00	69 042,50	87 892,78
2019	79,00	4 500,00	1 552,67	2 084,08
2020	180,00	22 000 000,00	4 228 445,00	7 977 786,01

3.2.2. *Escherichia coli*

En el año 2018, las concentraciones de *E. coli* en los puntos PM1, PM3 y PM4 excedieron significativamente el valor establecido por el ECA-Agua (1 000,00 NMP/100 mL). Por ejemplo, en PM1, se registró una concentración de 70 000,00 NMP/100 mL, mientras que en los puntos PM3 y PM4, los valores alcanzaron 14 000,00 NMP/100 mL, cada uno. En contraste, el punto PM6 presentó un valor de 79,00 NMP/100 mL, dentro de los límites permitidos. En 2019, solo el punto PM1 superó el límite del ECA-Agua con una concentración de 1 700,00 NMP/100 mL, mientras que los puntos PM2 y PM4 reportaron valores de 49,00 NMP/100 mL, por debajo del estándar. En 2020, se observaron concentraciones extremadamente altas de *E. coli* en los puntos PM3, PM4, PM5 y PM6, con valores que oscilan entre 110 000,00 NMP/100 mL (PM4) y 9 400 000,00 NMP/100 mL (PM3), muy por encima del límite del ECA-Agua. Por otro lado, los puntos PM1 y PM2 registraron concentraciones de 45,00 NMP/100 mL y 490,00 NMP/100 mL, respectivamente, cumpliendo con los estándares establecidos. En términos generales, los resultados reflejan una contaminación significativa en varios puntos monitoreados, especialmente en los años 2018 y 2020. Este incremento de las concentraciones de *Escherichia* sugiere una posible influencia de vertimientos no controlados en la calidad del agua (Figura 11).

Figura 11

Escherichia coli en 2017, 2018, 2019 y 2020



Nota. El Lím ECA, solo aplica para la subcategoría riego de vegetales no restringido, es decir, no existe estándar en el Perú para la subcategoría de riego restringido y bebida de animales.

En la Tabla 18 se observa que la media aritmética de *E. coli* fue 24 519,75 NMP/100 mL, en el año 2018; con una concentración mínima de 79,00 NMP/100 mL y una máxima de 70 000 NMP/100 mL. Del mismo modo, en el 2019 la media fue 599,33 NMP/100 mL; con concentraciones comprendidos desde 49,00 NMP/100 mL hasta 1 700,00 NMP/100 mL. Mientras que en 2020 la media resultó 2 005 089,17 NMP/100 mL; con un rango entre 45,00 NMP/100 mL y 9 400 000,00 NMP/100 mL. Finalmente, los resultados en el año 2019 fueron más homogéneos ($S = 778,29$), seguidamente de 2018 ($S = 26 866,03$) y 2020 ($S = 3 357 980,66$).

Tabla 18

Resumen estadístico de *E. coli* en 2018, 2019 y 2020

Años de muestreo	Mínimo	Máximo	Media	Desv.típ.
2018	79,00	70 000,00	24 519,75	26 866,03
2019	49,00	1 700,00	599,33	778,29
2020	45,00	9 400 000,00	2 005 089,17	3 357 980,66

Nota. La ANA, en el año 2017, no realizó la medición de *E. coli* (ND).

3.3. Determinación del Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS) de la cuenca baja del río Huaura, período 2017-2020

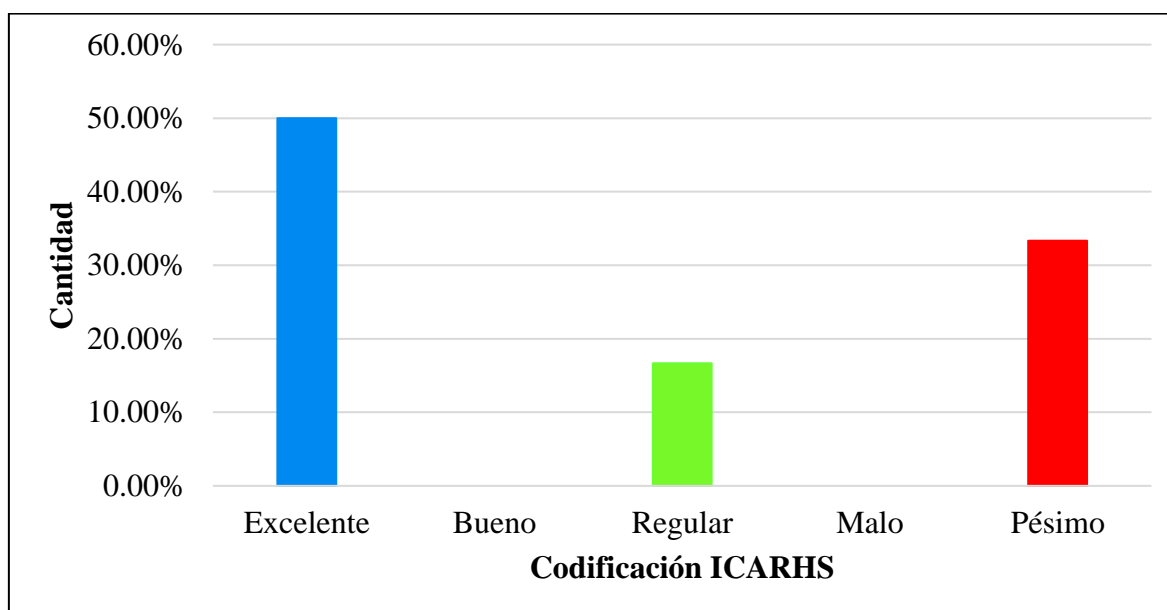
En el año 2017, el subíndice 1 (materia orgánica), presentó un valor general de 41,40, con valores que variaron entre 35,81 y 100,00; mientras que el subíndice 2 (físico químico – metal), presentó un solo valor (100,00) en todos puntos de muestreo. El mayor impacto sobre la calidad fue determinado por el subíndice 1, donde se incluyeron como parámetros indicadores el oxígeno disuelto, DBO₅, *E. coli* y Coliformes termotolerantes (Tabla 19) (Apéndice 2 y 3).

Tabla 19
ICARHS en los puntos de muestreo del año 2017

Subíndices del ICARHS	Puntos de muestreo					
	PM1	PM2	PM3	PM4	PM5	PM6
S1 (materia orgánica) Calificación	Regular	Excelente	Pésimo	Pésimo	Excelente	Excelente
Subíndice 1 (materia orgánica) Valor	67,16	100,00	35,81	35,81	100,00	100,00
S2 (físico químico - metal) Calificación	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
Subíndice 2 (físico químico - metal) Valor	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
ICA-RHS Valor	67,16	100,00	35,81	35,81	100,00	100,00
ICA-RHS Codificación	Regular	Excelente	Pésimo	Pésimo	Excelente	Excelente

Nota. Elaboración propia a partir de información primaria brindada por la ANA.

En el año 2017, el 50,00 % de las muestras de agua (PM2, PM5 y PM6) presentó una calidad excelente, mientras que el 33,33 % (PM3 y PM4) se clasificó como de calidad pésima. Por otro lado, el 16,67 % de las muestras mostró una calidad regular. Es importante destacar que ninguna de las muestras fue catalogada como de calidad buena ni mala (Figura 12).

Figura 12*ICARHS en los puntos de muestreo del año 2017*

En el año 2018, el subíndice 1 (materia orgánica), presentó un valor general de 33,94, con valores que variaron entre 29,93 y 100,00; mientras que el subíndice 2 (físico químico – metal), presentó un solo valor (100,00) en todos puntos de muestreo. Similar que, en el año 2017, el mayor impacto sobre la calidad fue determinado por el subíndice 1 (Tabla 20) (Apéndice 4 y 5).

Tabla 20*ICARHS en los puntos de muestreo del año 2018*

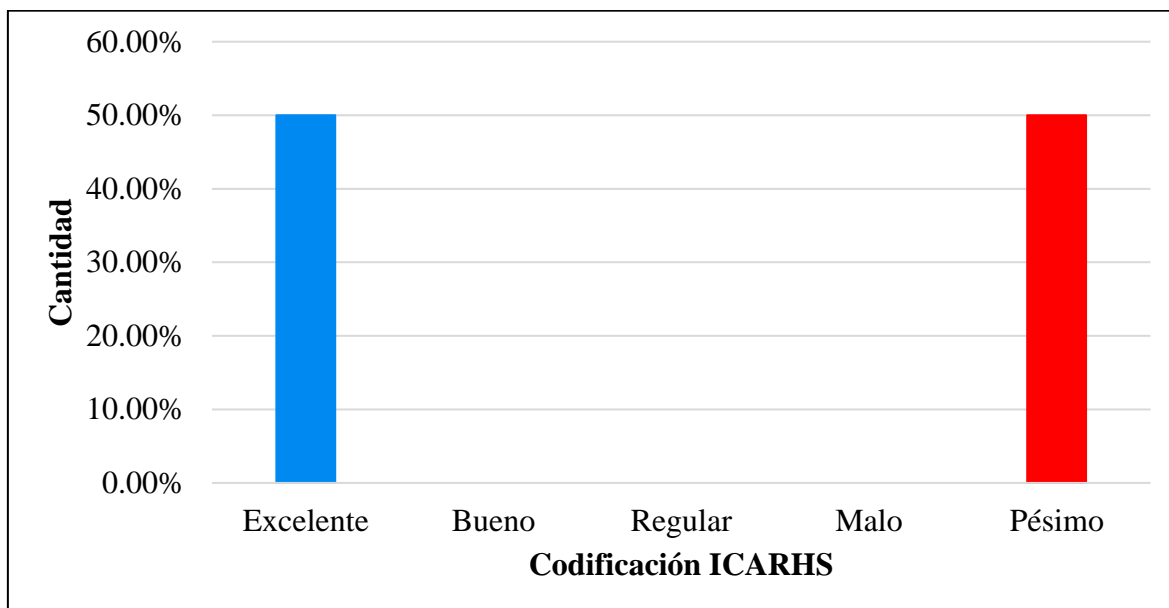
Subíndices del ICARHS	Puntos de muestreo					
	PM1	PM2	PM3	PM4	PM5	PM6
S1 (materia orgánica) Calificación	Pésimo	Excelente	Pésimo	Pésimo	Excelente	Excelente
Subíndice 1 (materia orgánica) Valor	29,93	100,00	33,50	33,50	100,00	100,00
S2 (físico químico - metal) Calificación	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
Subíndice 2 (físico químico - metal) Valor	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
ICA-RHS Valor	29,93	100,00	33,50	33,50	100,00	100,00
ICA-RHS Codificación	Pésimo	Excelente	Pésimo	Pésimo	Excelente	Excelente

Nota. Elaborado a partir de información primaria brindada por la ANA.

En el año 2018, el 50,00 % de las muestras de agua (PM2, PM5 y PM6) mostraron una calidad excelente, mientras que el otro 50,00 % (PM1, PM3 y PM4) fueron clasificada como de calidad pésima. Es relevante señalar que ninguna de las muestras fue catalogada como de calidad buena, regular o mala (Figura 13).

Figura 13

ICARHS en los puntos de muestreo del año 2018



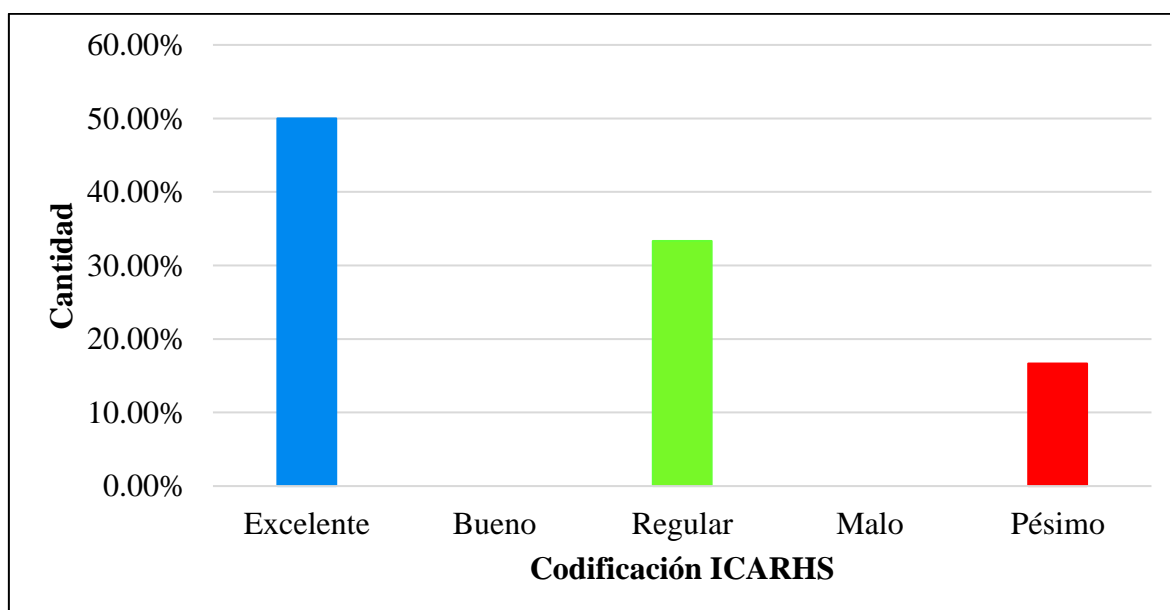
En el año 2019, el subíndice 1 (materia orgánica), presentó un valor general de 45,89, con valores que variaron entre 30,87 y 100,00; mientras que el subíndice 2 (físico químico – metal), presentó un solo valor (100,00) en todos puntos de muestreo. Similar que, en los años 2017 y 2018, el mayor impacto sobre la calidad fue determinado por el subíndice 1 (Tabla 21) (Apéndice 6 y 7).

Tabla 21*ICARHS en los puntos de muestreo del año 2019*

Subíndices del ICARHS	Puntos de muestreo					
	PM1	PM2	PM3	PM4	PM5	PM6
S1 (materia orgánica) Calificación	Pésimo	Excelente	Regular	Regular	Excelente	Excelente
Subíndice 1 (materia orgánica) Valor	30,87	100,00	75,93	75,93	100,00	100,00
S2 (físico químico - metal) Calificación	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
Subíndice 2 (físico químico - metal) Valor	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
ICA-RHS Valor	30,87	100,00	75,93	75,93	100,00	100,00
ICA-RHS Codificación	Pésimo	Excelente	Regular	Regular	Excelente	Excelente

Nota. Elaborado a partir de información primaria brindada por la ANA.

En el año 2019, el 50,00 % de las muestras de agua (PM2, PM5 y PM6) presentó una calidad excelente, mientras que el 33,33 % (PM3 y PM4) se clasificó como de calidad regular. Por otro lado, el 16,67 % de las muestras mostró una calidad pésima. Es importante destacar que ninguna de las muestras fue catalogada como de calidad buena ni mala (Figura 14).

Figura 14*ICARHS en los puntos de muestreo del año 2019*

En el año 2020, el subíndice 1 (materia orgánica), presentó un valor general de 21,37, con valores que variaron entre 15,84 y 100,00; mientras que el subíndice 2 (físico químico – metal), presentó un valor general de 48,29, con un mínimo de 30,23 y un máximo de 100,00. El impacto en la clasificación fue muy similar tanto por el subíndice 1 y 2 (Tabla 22) (Apéndice 8 y 9).

Tabla 22

ICARHS en los puntos de muestreo del año 2020

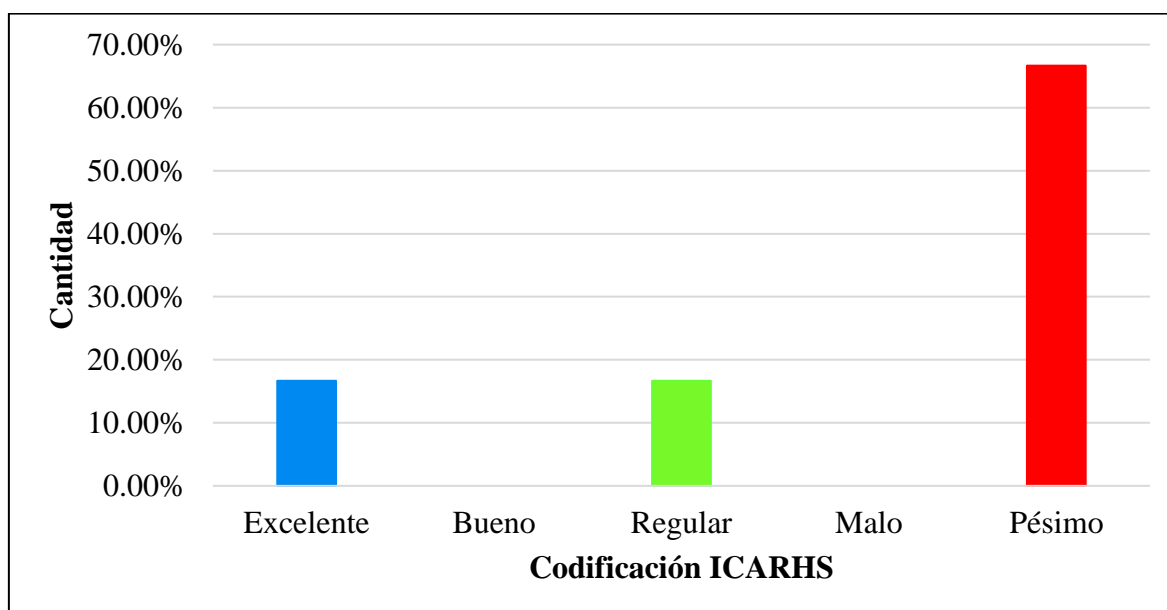
Subíndices del ICARHS	Puntos de muestreo					
	PM1	PM2	PM3	PM4	PM5	PM6
S1 (materia orgánica) Calificación	Malo	Malo	Pésimo	Pésimo	Pésimo	Pésimo
Subíndice 1 (materia orgánica) Valor	45,72	44,29	15,84	15,84	15,84	15,84
S2 (físico químico - metal) Calificación	Malo	Pésimo	Pésimo	Pésimo	Pésimo	Pésimo
Subíndice 2 (físico químico - metal) Valor	44,03	43,63	20,87	37,01	43,93	43,63
ICA-RHS Valor	44,03	43,63	15,84	15,84	15,84	15,84
ICA-RHS Codificación	Malo	Pésimo	Pésimo	Pésimo	Pésimo	Pésimo

Nota. Elaborado a partir de información primaria obtenida en campo y laboratorio.

En el año 2020, el 16,67 % de las muestras de agua (PM2) mostró una calidad excelente, mientras que otro 16,67 % (PM1) fue clasificado como de calidad regular. Por su parte, el 66,67 % de las muestras (PM3, PM4, PM5 y PM6) presentaron una calidad pésima. Es importante destacar que ninguna de las muestras fue codificada como de calidad buena o mala (Figura 15).

Figura 15

ICARHS en los puntos de muestreo del año 2020



3.4. Comparar las concentraciones de los parámetros antes y después del vertimiento utilizando la Prueba *T-student*, período 2017-2020

3.4.1. Determinación de la influencia del vertimiento en el pH

Entre el período 2017 y 2020, al comparar las medias del pH, se observó una disminución de 0,27 unidades, mostrando una tendencia hacia la acidez (Tabla 23). Para evaluar la influencia, se aplicó la Prueba T para muestras relacionadas, la cual determinó, con un nivel de confianza del 95,00 %, que la diferencia no fue significativa. Por lo tanto, el vertimiento de las aguas residuales municipales no tuvo un impacto significativo en este parámetro (Tabla 24).

Tabla 23

Comparación de medias de pH antes y después del vertimiento de aguas residuales municipales, período 2017-2020

		Media	N	Desviación típ.	Error típ. de la media
Par 1	pH antes del vertimiento	7,4250	2	0,19092	0,13500
	pH después del vertimiento	7,1600	2	0,62225	0,44000

Tabla 24

Prueba de T de muestras relacionadas para la determinación de influencia del vertimiento en pH, período 2017-2020

	Diferencias relacionadas						t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia		t			
				Inferior	Superior				
pH antes y después del vertimiento	0,26500	0,43134	0,30500	-3,61039	4,14039	,869	1	0,545	

3.4.2. Determinación de la influencia del vertimiento en la temperatura

Al comparar las medias de la temperatura en el período 2017-2020, disminuyó 4,365 °C (Tabla 25). Para evaluar la influencia, se aplicó la Prueba T para muestras relacionadas, la cual determinó, con un nivel de confianza del 95,00 %, que la diferencia no fue significativa ($p\text{-valor} > 0,05$); por lo tanto, el vertimiento de las aguas residuales municipales no influyó en este parámetro (Tabla 26).

Tabla 25

Comparación de medias de temperatura antes y después del vertimiento de aguas residuales municipales período 2017 - 2020

		Media	N	Desviación típ.	Error típ. de la media
Par 1	T (°C) antes del vertimiento	22,7150	2	3,83959	2,71500
	T (°C) después del vertimiento	18,3500	2	6,43467	4,55000

Tabla 26

Prueba de T para muestras relacionadas para la determinación de influencia del vertimiento en la temperatura, período 2017- 2020

	Diferencias relacionadas						t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia					
				Inferior	Superior				
T (°C) antes y después del vertimiento	4,36500	10,27426	7,26500	-87,94558	96,67558	0,601	1	0,656	

3.4.3. Determinación de la influencia del vertimiento en la DBO₅

Al comparar las medias de las concentraciones de la Demanda Bioquímica de Oxígeno en el período 2017-2020, aumentó 17,50 mg/L (Tabla 27). Para evaluar la influencia, se aplicó la Prueba T para muestras relacionadas, la cual determinó, con un nivel de confianza del 95,00 %, que la diferencia no fue significativa (p -valor > 0,05); por lo tanto, el vertimiento de las aguas residuales municipales no influyó en este parámetro (Tabla 28).

Tabla 27

Comparación de medias de DBO₅ antes y después del vertimiento de aguas residuales municipales, período 2017 - 2020

		Media	N	Desviación típ.	Error típ. de la media
Par 1	DBO ₅ antes del vertimiento	22,6000	2	29,13280	20,60000
	DBO ₅ después del vertimiento	40,1000	2	0,00000	0,00000

Tabla 28

Prueba de T para muestras relacionadas para la determinación de influencia del vertimiento en DBO₅, período 2017 - 2020

	Diferencias relacionadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	95 % Intervalo de confianza para la diferencia				
				Inferior	Superior			
DBO ₅ antes y después del vertimiento	-17,50000	29,13280	20,60000	-279,24782	244,24782	-0,850	1	0,552

3.4.4. Determinación de la influencia del vertimiento en la conductividad eléctrica

Al comparar las medias de la conductividad eléctrica en el período 2017-2020, esta aumentó 48,85 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Tabla 29). Para evaluar la influencia, se aplicó la Prueba T para muestras relacionadas, la cual determinó, con un nivel de confianza del 95,00 %, que la diferencia no fue significativa ($p\text{-valor} > 0,05$); por lo tanto, el vertimiento de las aguas residuales municipales no influyó en este parámetro (Tabla 30).

Tabla 29

Comparación de medias de conductividad antes y después del vertimiento de aguas residuales municipales, período 2017 - 2020

		Media	N	Desviación típ.	Error típ. de la media
Par 1	CE antes del vertimiento	630,2000	2	322,15785	227,80000
	CE después del vertimiento	679,0500	2	619,35483	437,95000

Tabla 30

Prueba T para muestras relacionadas para la determinación de influencia del vertimiento en la conductividad, período 2017 – 2020

	Diferencias relacionadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
				Inferior	Superior			
CE antes y después del vertimiento	-48,85000	297,19698	210,15000	,2719,05893	2621,35893	-0,232	1	0,855

3.4.5. Determinación de la influencia del vertimiento en el Oxígeno Disuelto

En el período 2017 al 2020 al comparar las medias del oxígeno disuelto, este disminuyó 2,67 mg/L (Tabla 31). Para evaluar la influencia, se aplicó la Prueba T para muestras relacionadas, la cual determinó, con un nivel de confianza del 95,00 %, que la diferencia no fue significativa ($p\text{-valor} > 0,05$); por lo tanto, el vertimiento de las aguas residuales municipales no influyó en este parámetro (Tabla 32).

Tabla 31

Comparación de medias de oxígeno disuelto antes y después del vertimiento de aguas residuales municipales, período 2017 - 2020

		Media	N	Desviación típ.	Error típ. de la media
Par 1	OD antes del vertimiento	9,7650	2	1,91626	1,35500
	OD después del vertimiento	7,0955	2	0,41790	0,29550

Tabla 32

Prueba de T para muestras relacionadas para la determinación de influencia del vertimiento en el Oxígeno Disuelto, período 2017 - 2020

	Diferencias relacionadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
				Inferior	Superior			
OD antes y después del vertimiento	2,66950	2,33416	1,65050	-18,30209	23,64109	1,617	1	0,353

3.4.6. Determinación de la influencia del vertimiento en Aceites y grasas

No se ha podido realizar la prueba T para muestras relacionadas para el parámetro de aceites y grasas; dado que las concentraciones registradas por la ANA resultaron por debajo del Límite de Cuantificación Analítica del laboratorio (<1,00) (Tabla 16).

3.4.7. Determinación de la influencia del vertimiento en coliformes

En el período 2017 al 2020 al comparar las medias de coliformes termotolerantes, este aumentó 689 995,00 NMP/100 mL después del vertimiento (Tabla 33). Para evaluar la influencia, se aplicó la Prueba T para muestras relacionadas, la cual determinó, con un nivel de confianza del 95,00 %, que la diferencia no fue significativa (p-valor > 0,05); por lo tanto, el vertimiento de las aguas residuales municipales en la cuenca baja del río Huaura no influyó en este parámetro de estudio (Tabla 34).

Tabla 33

Comparación de medias de coliformes antes y después del vertimiento de aguas residuales municipales, período 2017 - 2020

		Media	N	Desviación típ.	Error típ. de la media
Par 1	CT antes del vertimiento	110090,0000	2	155436,2126	109910,0000
	CT después del vertimiento	800085,0000	2	1131250,642	799915,0000

Tabla 34

Prueba de T para muestras relacionadas para la determinación de influencia del vertimiento en coliformes termotolerantes, período 2017 - 2020

	Diferencias relacionadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
				Inferior	Superior			
CT antes y después del vertimiento	-689 995,00	1 286 686,85	909 825,00	-12 250 417,72	10 870 427,72	-0,76	1	0,589

3.4.8. Determinación de la influencia del vertimiento en *Escherichia coli*

Al comparar las medias de *E. coli* en el período 2017 al 2020, incrementó 765 017,00 NMP/100 mL después del vertimiento (Tabla 35). Para evaluar la influencia, se aplicó la Prueba T para muestras relacionadas, la cual determinó, con un nivel de confianza del 95,00 %, que la diferencia no fue significativa ($p\text{-valor} > 0,05$); por lo tanto, el vertimiento de las aguas residuales municipales en la cuenca baja del río Huaura no influyó en este parámetro (Tabla 36).

Tabla 35

Comparación de medias de E. coli antes y después del vertimiento de aguas residuales municipales, período 2017 - 2020

		Media	N	Desviación típ.	Error típ. de la media
Par 1	EC antes del vertimiento	35022,5000	2	49465,65488	34977,50000
	EC después del vertimiento	800039,5000	2	1131314,988	799960,5000

Tabla 36

Prueba T para muestras relacionadas para la determinación de influencia del vertimiento en E. coli, período 2017 - 2020

Diferencias relacionadas								
	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
				Inferior	Superior			
CT antes y después del vertimiento	-765017,0000	1180780,643	834938,0000	-11373910,17	9843876,170	-0,92	1	0,528

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN

En este Capítulo, se comparan los resultados obtenidos con investigaciones previas realizadas en condiciones climáticas similares o parecidas a las de la cuenca del río Huaura, dado que no se encontraron estudios equivalentes desarrolladas en la zona de estudio.

4.1. Evaluación de la variación de los parámetros fisicoquímicos (potencial de hidrógeno, temperatura, conductividad eléctrica, aceites y grasas, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) y oxígeno disuelto en el agua) de la cuenca baja del río Huaura, período 2017-2020

La interpretación de los resultados se centra en la variabilidad de los parámetros fisicoquímicos del agua en los 4 años de estudio (2017, 2018, 2019 y 2020).

La media aritmética de los valores de pH en esta investigación mostró un aumento a lo largo de los años (2017 = 6,94; 2018 = 7,20; 2019 = 7,33; y 2020 = 7,60, respectivamente). Sin embargo, se puede observar que se mantiene en la escala neutra y que tampoco superó el ECA de categoría 3 (riego de vegetales y bebidas de animales). Estos resultados fueron similares a los obtenidos por Chen *et al.* (2022), quien reportó que las medias de pH en el río Xinbian, China, fueron de 8,58 en época húmeda y 8,62 en época seca, mostrando claramente un aumento en el parámetro evaluado. Sin embargo, a diferencia de esta investigación, se indicó que en ambas estaciones sí excedió el límite permitido en China. mientras que la presencia de sustancias Las alcalinas hacen que el pH aumente. En base a esto, las descargas de aguas residuales afectan directamente la variación de este parámetro, ya que en su composición se encuentran diferentes sustancias químicas (García *et al.*, 2019).

Para la temperatura la media aritmética indicó un aumento en tres años (2017 = 19,89 °C; 2018 = 22,08 °C y 2019 = 26,29 °C); en el año 2020 la temperatura bajó a 21,40 °C, pero en comparación con los años 2017 y 2018 mantiene una tendencia creciente, sin embargo, los valores de los cuatro años se mantienen dentro los Estándares de Calidad Ambiental para agua. Los resultados de la investigación guardan relación con los que obtuvo Pérez (2021),

quién reportó el promedio de la temperatura en el río Santa en los últimos cuatro años: 2012 = 21,66 °C; 2013 = 21,18 °C; 2014 = 21,72 °C y; 2015 = 22,72 °C. Este comportamiento de variación de temperatura se debe, en parte, a las condiciones físicas y climáticas del área de muestreo. Por ejemplo, Useros (2012) menciona que, debido al cambio climático y al calentamiento de la atmósfera, los sistemas hidrológicos sufren cambios importantes. Uno de los más relevantes es la alteración de la estructura térmica y de la calidad del agua de los ríos y lagos. De la misma manera, Escobar (2002) menciona que el vertimiento de aguas de refrigeración provenientes de las industrias afecta la temperatura de los ríos y del mar.

La conductividad eléctrica del agua, en promedio, se incrementó en los años 2017, 2019 y 2020 (574,70 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 804,13 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 1 733,17 $\mu\text{S}/\text{cm}$, respectivamente). En el año 2018 se reportó una disminución a 363,58 $\mu\text{S}/\text{cm}$. En comparación, todos los ECAs cumplieron con lo establecido. Los resultados obtenidos fueron diferentes a lo reportado por Huamani (2018), quien en su estudio determinó el efecto de las aguas residuales sobre el suelo y cultivos en la desembocadura del canal de regadío de Chancay encontró que la conductividad eléctrica del agua variaba entre 0,89 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 0,95 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en las muestras iniciales, y de 0,96 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 1,30 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en las muestras finales; dichos valores estuvieron por debajo de los ECAs. Un agua para riego con alta conductividad eléctrica puede ser negativa para la agricultura, ya que indica un exceso de sales disueltas que pueden dificultar la absorción de los nutrientes necesarios para el crecimiento de las plantas (Serrano, 2014). El aumento de la conductividad eléctrica está relacionado con el agua de escorrentía de la agricultura, las aguas residuales municipales y la precipitación.

Las concentraciones de aceites y grasas en esta investigación, durante los años 2017, 2018 y 2019, fueron inferiores a 1,00 mg/L, cumpliendo así con lo establecido en el Estándar de Calidad Ambiental para Agua (ECA-Agua). Sin embargo, en el año 2020 se observó un incremento significativo en la concentración media de este parámetro, alcanzando 27,46 mg/L, lo que superó el límite establecido por el ECA para agua (5,00 mg/L). Los resultados obtenidos en relación con los años 2017, 2018 y 2019 fueron diferentes a los reportados por Ramos (2016) en su estudio de análisis fisicoquímicos de aguas superficiales contaminadas en el estuario del río Chillón, quien indicó que las concentraciones de aceites y grasas fueron de 279,00 mg/L en mayo y 539,40 mg/L en junio. La presencia de este parámetro en los

cuerpos de agua se debe al vertimiento de aguas residuales domésticas e industriales, que forman películas en la superficie y no permiten el libre paso del oxígeno hacia el agua, ni la salida del CO₂ del agua hacia la atmósfera. En casos extremos, esto puede provocar la acidificación del agua, junto con bajos niveles de oxígeno disuelto, además de interferir con la penetración de la luz solar, afectando a la flora y fauna del lugar (Rodríguez y Santana, 2017).

4.2. Evaluación de la variación de los parámetros microbiológicos (Coliformes termotolerantes y *Escherichia coli* en el agua) de la cuenca baja del río Huaura, período 2017-2020

Las concentraciones medias de coliformes termotolerantes presentaron variaciones significativas a lo largo del período analizado, todas ellas superando el estándar establecido en el ECA-Agua. En el año 2017, la media aritmética fue de 1 933,33 NMP/100 mL, mientras que en 2018 se registró un incremento considerable, alcanzando una media de 69 042,50 NMP/100 mL. En 2019, la concentración media disminuyó a 1 552,67 NMP/100 mL; sin embargo, en 2020 se observó un aumento drástico, con una media de 4 228 445,00 NMP/100 mL. Los resultados fueron similares a los que obtuvo Benavidez (2019) quien reportó en su estudio en Colombia que las concentraciones de Coliformes termotolerantes en las diferentes fechas de monitoreo fueron (2018 = 60×10^5 NMP/100 mL y 2019= 80×10^5 NMP/100 mL) y estos sobrepasaron la normativa establecida (< 5000 NMP/100 mL). Así mismo, Huamani (2018) en su investigación indicó que los resultados de los análisis microbiológicos de Coliformes termotolerantes fueron mayores a 16×10^2 NMP/100 mL, valor que supera con los niveles establecidos en el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. El aumento en las concentraciones de coliformes en los ríos se debe principalmente a las descargas de aguas residuales domésticas sin tratamiento previo. Asimismo, el tamaño de la población es un factor determinante en la cantidad de generación de aguas residuales, y su disposición afecta directamente a los cuerpos naturales de agua (Narváez y Gómez, 2008).

Las concentraciones medias de *Escherichia coli* mostraron un comportamiento variable durante el período analizado, superando considerablemente el ECA-Agua en todos los años. En 2018, la media aritmética fue de 24 519,75 NMP/100 mL, seguida de una disminución a 599,33 NMP/100 mL en 2019. Sin embargo, en 2020, se registró un aumento notable,

alcanzando una media de 2 005 089,17 NMP/100 mL. Los resultados fueron similares a los que mostró Huamani (2018) quien en su investigación mostró que las concentraciones de *Escherichia coli* en la desembocadura del canal de regadío de Salinas Bajas en Chancay fueron mayores a 16×10^2 NMP/100 mL, indicando que los resultados obtenidos en su estudio fueron superiores a lo estipulado en el ECA para agua categoría tres. El incremento de las concentraciones de *Escherichia coli* se debe a las descargas de aguas residuales sin previo tratamiento como en el caso del distrito de Huaura, que lleva años vertiendo las aguas residuales domésticas en el río Huaura.

4.3. Determinación del Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS) de la cuenca baja del río Huaura, período 2017-2020

En la investigación, de manera general, el agua en la cuenca baja del río Huaura durante los años 2017, 2018, 2019 y 2020 recibió una calificación de “pésima” calidad según el Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales, influenciada en su mayoría por materia orgánica. Una situación similar fue reportada por Núñez *et al.* (2023), quienes evaluaron la calidad de las aguas subterráneas en las colonias aledañas a la Laguna del Pedregal y concluyeron que, teóricamente, las actividades antropogénicas representan un riesgo para la calidad del agua del manto acuífero, dado que casi la mitad de las estaciones de muestreo tuvieron una clasificación de “pobre”, mientras que las demás se clasificaron entre buena, marginal y regular. Asimismo, Carhuasuica y Gonzales (2021) determinaron el Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales en el río Vilcanota en el año 2021, obteniendo como resultado, en la época de estiaje, una valoración de calidad regular. En nuestra investigación, en esta misma época, se obtuvo una valoración de pésima calidad. La variación de los resultados entre ambas investigaciones se debe principalmente a la ubicación geográfica de los puntos de monitoreo.

Asimismo, Benavides (2019) evaluó la contaminación del agua en la parte baja de la microcuenca Cutuchi; donde concluyó que todos los puntos de muestreo resultaron de mala calidad con el método CCMC. Por su parte, Hernández *et al.* (2021) evaluaron la calidad del agua en Nithar Ke en Pakistán; donde concluyeron que el agua se encontraba generalmente de mala calidad. Se constata una problemática similar en la cuenca baja del río, donde la

mala calidad del agua se vincula con actividades antropogénicas y el vertimiento de aguas residuales sin previo tratamiento.

La diferencia en cuanto a la calidad del agua en los ríos depende de muchos factores, entre algunos, tenemos: grado o nivel de conservación de los ecosistemas, ubicación geográfica, cantidad de precipitaciones en la zona y el clima (Robledo, 2023).

4.4. Comparar las concentraciones de los parámetros antes y después del vertimiento utilizando la Prueba *T-student*, período 2017-2020

La Prueba *T-student* para el pH indicó que no hubo diferencia significativa ($0,545 > 0,05$) (Tabla 24); por lo tanto, este parámetro no influyó en la calidad del agua del río Huaura. Estos resultados fueron similares a los obtenidos por Robledo (2023), quien concluyó que los parámetros de estudio, incluido el pH en el río Dulce, Guatemala, no alteraron significativamente el índice de calidad del agua (ICA pH = 8,50), aunque no se considera apta para consumo humano ni para riego de productos de consumo fresco. Según la International Finance Corporation (2015), los impactos acumulativos son aquellos que resultan de los efectos sucesivos, incrementales y/o combinados; de manera que el comportamiento de dicho parámetro, a largo plazo, puede afectar directamente al índice de calidad del agua por efecto acumulativo en la cuenca baja del río Huaura.

En el caso de la temperatura, la prueba estadística también mostró, con un nivel de confianza del 95,00 %, que el vertimiento de las aguas residuales en la cuenca baja del río Huaura no afecta significativamente la calidad del agua ($0,656 > 0,05$) (Tabla 26). Sin embargo, al comparar las medias de los datos obtenidos antes y después del vertimiento, se observó que la temperatura disminuyó en 4,37 °C, lo que indica que, con el tiempo, puede llegar a impactar por el efecto acumulativo. Dichos resultados obtenidos en la investigación fueron diferentes a los de Xu *et al.* (2022), quienes afirmaron que los coeficientes de las variables de control, precipitación y temperatura, fueron 0,446 y 2,041 respectivamente, los cuales son significativos al nivel 0,01, y afectan la calidad del agua en la cuenca de los ríos Yangtze y Yellow, en China.

Los resultados de la prueba T para muestras relacionadas de la DBO₅ muestran que el vertimiento de aguas residuales municipales no influye significativamente en la calidad del agua en la cuenca baja del río Huaura ($0,552 > 0,05$) (Tabla 28). Sin embargo, la comparación de sus medias mostró un aumento de 17,50 mg/L, lo que sugiere que el vertimiento de aguas residuales y la calidad del agua del río tienen una correlación negativa. Si las descargas continúan llegando directamente al río sin tratamiento previo, con el tiempo este parámetro podría afectar la calidad del agua. Similar comportamiento fue reportado por Coveñas (2017), quien concluyó que los valores de demanda bioquímica de oxígeno tampoco influyeron significativamente en la calidad del agua ($0,95 > 0,05$).

Los resultados de la prueba estadística para la evaluación de la influencia de la conductividad eléctrica mostraron, con un nivel de confianza del 95,00 %, que el vertimiento de las aguas residuales municipales no influye en la calidad del agua de la cuenca baja del río Huaura ($0,855 > 0,05$), tal como se aprecia en la Tabla 30. Asimismo, la comparación de sus medias indicó un aumento de 48,85 μ S/cm después de las descargas. Los resultados obtenidos fueron diferentes al estudio de Huamani (2018), quien indicó que los valores de conductividad eléctrica están por debajo del nivel máximo establecido. En consecuencia, el incremento puede presentar problemas de salinidad y afectar las irrigaciones; dado que, si hay un exceso de sales, incrementa la presión osmótica de la solución del suelo, reduciendo la capacidad de las plantas para absorber agua, lo que puede llegar a ser tóxico para las plantas o inhibir la absorción de nutrientes necesarios para el desarrollo de los cultivos, disminuyendo el rendimiento (Castro *et al.*, 2017).

La Tabla 32 mostró, mediante la prueba T para muestras relacionadas, que el vertimiento de aguas residuales no influye significativamente en la concentración de oxígeno disuelto ($0,353 > 0,05$); por lo tanto, los valores antes de la mezcla presentan una concentración similar a los que se obtuvieron después. Asimismo, la comparación de sus medias indicó una disminución de 2,67 mg/L, lo que sugiere que, si continúa bajando con el tiempo, puede llegar a afectar significativamente. Los resultados obtenidos tienen relación con lo reportado por Coveñas (2017), quien mencionó que las aguas servidas domésticas no tienen una influencia significativa en la concentración de oxígeno disuelto del agua del mar en Bocana Norte ($0,94 > 0,05$). El agotamiento de la concentración de oxígeno disuelto se debe a la

elevada concentración de materia orgánica en forma de demanda bioquímica de oxígeno presente en las aguas residuales, lo que produce alteraciones en los ecosistemas, como las riberas, debido a procesos anaeróbicos cuyos productos finales poseen cierto grado de toxicidad para los seres acuáticos y generan olores desagradables (Carrillo *et al.*, 2013).

No se ha podido llevar a cabo la prueba T para muestras relacionadas con el parámetro aceites y grasas, ya que las concentraciones registradas por la ANA se encontraban por debajo del límite de cuantificación analítica del laboratorio ($<1,00$) (Tabla 16). Sin embargo, al comparar el resultado obtenido en 2020 (27,46 mg/L) con los años anteriores, se observa una tendencia creciente que, de continuar, podría afectar la calidad del agua en la cuenca baja del río Huaura. En efecto, los aceites y grasas, al ser menos densos que el agua, se extienden sobre la superficie, creando películas que alteran los procesos biológicos de las aguas (Bojaca, 2007). Asimismo, Morales (2012) menciona que uno de los efectos más notables tiene que ver con la oxigenación de los cuerpos de agua; dado que, al formarse una película, se impide el intercambio aire-agua y se absorbe la radiación solar, afectando la actividad fotosintética e impidiendo la producción de oxígeno disuelto.

Para el caso de coliformes termotolerantes, el análisis estadístico T para muestras relacionadas mostró, con un nivel de confianza del 95,00 %, que el vertimiento de aguas residuales no influye significativamente en la calidad del agua de la cuenca baja del río Huaura ($0,589 > 0,05$), tal como se aprecia en la Tabla 36. Estos resultados fueron similares a los obtenidos por Coveñas (2017), quien indicó en su estudio, con un nivel de significancia ($0,10 > 0,05$), que las descargas de aguas residuales domésticas no influyen significativamente en la concentración de coliformes termotolerantes. Al respecto, el agua del río Huaura está destinada para riego de cultivos y bebida de animales; por lo tanto, existen normas nacionales e internacionales de salud que recomiendan que el agua residual para riego de hortalizas debe tener menos de 1 000 coliformes fecales por cada 100 mL de agua, índice que evidentemente no se cumple (Rivera *et al.*, 2009).

El análisis estadístico para *Escherichia coli* en el período 2017–2020 mostró, con un nivel de confianza del 95,00 %, que las aguas residuales municipales no influyen

significativamente en la calidad del agua de la cuenca baja del río Huaura ($0,528 > 0,05$). En comparación, Robledo (2023) indicó que los valores de *E. coli* alteraron significativamente el índice de calidad del agua, ya que presentó un ICA = 23, categorizado como muy mala. De la misma manera, Chávez *et al.* (2017) mencionan en su investigación que los parámetros bacteriológicos en el agua del río Ventilla resultaron no aptos según los ECAs para las categorías I, III y IV. En el río Huaura, el vertimiento de aguas residuales se realiza de manera directa y sin tratamiento previo, razón por la cual se sobrepasan considerablemente los estándares de calidad. *E. coli* es actualmente el indicador más confiable de la contaminación bacteriana fecal de aguas superficiales y representa un riesgo para la salud pública debido a las enfermedades transmitidas por el agua (Rock y Rivera, 2014).

Las enfermedades transmitidas por agua y alimentos contaminados suponen un peligro para la salud; generalmente, son de carácter infeccioso o tóxico y son causadas por bacterias, virus, parásitos o sustancias químicas que penetran en el organismo a través del agua o los alimentos contaminados. Respecto a las bacterias más comunes que provocan enfermedades vía alimentos contaminados, destacan Salmonella, Campylobacter y *Escherichia coli*. Se estima que cada año, en el mundo, alrededor de 600 millones de personas se enferman por ingerir alimentos contaminados, lo que equivale a casi uno de cada 10 personas, y que 420 000 mueren por esta misma causa (Castillo, 2018). En Perú, el control sanitario de aguas y alimentos es deficiente debido a la falta de conciencia sobre la magnitud del problema (falta de cumplimiento de las normativas) y a la escasa inversión en el tratamiento de aguas residuales (Huamani, 2018).

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES

1. En el análisis de los parámetros fisicoquímicos del agua, las concentraciones de DBO₅ en 2017 superaron el límite del ECA-Agua (15,00 mg/L) en los puntos PM3 y PM4, mientras que en 2019 los valores alcanzaron hasta 32,00 mg/L en PM1, PM3 y PM4. En 2020, las concentraciones fueron más altas, llegando hasta 862,30 mg/L en los puntos PM1, PM3, PM4, PM5 y PM6, con PM2 manteniéndose por debajo de 2,00 mg/L. En cuanto a la conductividad eléctrica, en 2017, 2018 y 2019, los valores máximos registrados en PM3 y PM4 fueron de 915,00 $\mu\text{S}/\text{cm}$, por debajo del estándar (D1 = 2 500,00 $\mu\text{S}/\text{cm}$; D2 = 5 000,00 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Sin embargo, en 2020, el punto PM3 excedió el límite de la subcategoría D2 con 5 010,00 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Respecto al oxígeno disuelto, los niveles más bajos registrados (4,916 mg/L en PM3 y PM4) cumplieron con los estándares mínimos de D1 ($\geq 4,00$ mg/L) y D2 ($\geq 5,00$ mg/L). Finalmente, las concentraciones de aceites y grasas se mantuvieron dentro de los límites permitidos en 2017, 2018 y 2019 (máximo 1,70 mg/L), pero en 2020 los puntos PM3 y PM4 excedieron ampliamente los valores establecidos, con 46,40 mg/L y 80,10 mg/L, respectivamente.
2. En los años 2017 y 2018, las concentraciones de coliformes termotolerantes en los puntos PM1, PM2 y PM4 excedieron los límites establecidos por el ECA-Agua para riego no restringido (1 000,00 – 2 000,00 NMP/100 mL). Por ejemplo, en 2017, PM1 alcanzó 2 400,00 NMP/100 mL, mientras que PM2 y PM4 registraron 1 700,00 NMP/100 mL cada uno. En 2018, las concentraciones fueron aún más altas, con PM1 alcanzando 220 000,00 NMP/100 mL y PM2 y PM4 registrando 28 000,00 NMP/100 mL, mientras que PM6 se mantuvo dentro del estándar con 170,00 NMP/100 mL. En 2019, solo PM1 superó el límite con 4 500,00 NMP/100 mL, mientras que PM2 y PM4 estuvieron por debajo del estándar con 79,00 NMP/100 mL. En 2020, se observaron concentraciones extremadamente altas en PM3, PM4, PM5 y PM6, con valores que oscilaron entre 170 000,00 NMP/100 mL (PM4) y 22 000 000,00 NMP/100 mL (PM3), mientras que PM1 y PM2 cumplieron con los estándares con 180,00 NMP/100 mL y

490,00 NMP/100 mL, respectivamente. En cuanto a *E. coli*, en 2018, los puntos PM1, PM3 y PM4 excedieron los límites, con valores de 70 000,00 NMP/100 mL (PM1) y 14 000,00 NMP/100 mL (PM3 y PM4), mientras que PM6 se mantuvo dentro del estándar con 79,00 NMP/100 mL. En 2019, solo PM1 superó el límite con 1 700,00 NMP/100 mL, mientras que PM2 y PM4 registraron 49,00 NMP/100 mL. En 2020, las concentraciones de *E. coli* fueron alarmantes en PM3, PM4, PM5 y PM6, con valores entre 110 000,00 NMP/100 mL (PM4) y 9 400 000,00 NMP/100 mL (PM3), mientras que PM1 y PM2 cumplieron con los estándares con 45,00 NMP/100 mL y 490,00 NMP/100 mL, respectivamente. Estos resultados reflejan una contaminación microbiológica significativa, especialmente en 2018 y 2020.

3. En términos de calidad del agua, en 2017, el 50,00 % de las muestras (PM2, PM5 y PM6) presentó una calidad excelente, el 33,33 % (PM3 y PM4) fue clasificado como de calidad pésima y el 16,67 % tuvo calidad regular. En 2018, nuevamente el 50,00 % de las muestras (PM2, PM5 y PM6) mostró calidad excelente, mientras que el otro 50,00 % (PM1, PM3 y PM4) fue clasificado como de calidad pésima. Para 2019, el 50,00 % de las muestras (PM2, PM5 y PM6) mantuvo una calidad excelente, el 33,33 % (PM3 y PM4) tuvo calidad regular y el 16,67 % (PM1) se clasificó como de calidad pésima. Finalmente, en 2020, solo el 16,67 % de las muestras (PM2) presentó una calidad excelente, otro 16,67 % (PM1) tuvo calidad regular, mientras que el 66,67 % de las muestras (PM3, PM4, PM5 y PM6) fue clasificado como de calidad pésima.
4. Con respecto a la influencia de vertimiento en la calidad del agua de la cuenca baja del río Huaura, el análisis estadístico mediante la Prueba *T-Student* reveló que ninguno de los parámetros analizados influyó de manera significativa en la calidad del agua, con un nivel de confianza del 95,00 % (pH: p-valor = 0,545; temperatura: p-valor = 0,656; DBO5: p-valor = 0,552; conductividad eléctrica: p-valor = 0,855; oxígeno disuelto: p-valor = 0,353; coliformes termotolerantes: p-valor = 0,589; y *E. coli*: p-valor = 0,528; todos p-valores > 0,05); sin embargo, estos tienen una tendencia negativa con relación a la calidad del agua, debido al efecto acumulativo en el tiempo porque los parámetros se encontraron por encima del ECA establecido (agua contaminada).

CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES

1. Se recomienda a la Municipalidad Provincial de Huaura y a los organismos gubernamentales competentes priorizar la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales y clausurar los vertimientos clandestinos en el río Huaura, especialmente en la zona del puente; mientras tanto, promover de manera masiva la sensibilización ambiental para el consumo responsable del agua.
2. Se sugiere llevar a cabo estudios de investigación sobre la calidad del agua utilizando la misma metodología del Índice de Calidad de Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS) en diferentes épocas, tanto en condiciones de estiaje como de avenida. Asimismo, se recomienda la modelación de zonas de mezcla.
3. Se recomienda realizar investigaciones para determinar las cargas microbiológicas en los principales cultivos de tallo bajo (cebolla, lechuga, espinaca, zanahoria, fresa, entre otros), que se comercializan en los mercados locales.
4. Se recomienda a la población en general, reciclar los aceites y grasas, con la finalidad de reducir la contaminación por estas sustancias.

REFERENCIAS

- Administración Local de Agua Huaura. (2010). *Estudio de evaluación de recursos hídricos superficiales en la cuenca del río Huaura*. Autoridad Nacional del Agua. <https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/1965>
- Autoridad Nacional del Agua. (2014). *Monitoreo de la calidad d agua superficial de la cuenca del río Huaura*. Perú. <https://repositorio.ana.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12543/2575/ANA0001239.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Autoridad Nacional del Agua. (2016a). Transporte y transformación de contaminantes en el ambiente y contaminación de las aguas. <https://repositorio.ana.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12543/3941/ANA0002523.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Autoridad Nacional del Agua. (2016b). *Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales*. Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA, Lima, Perú. https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/protocolo_nacional_para_e_l_monitoreo_de_la_calidad_de_los_recursos_hidricos_superficiales.pdf
- Autoridad Nacional del Agua. (2017). *Guía para la determinación de la zona de mezcla y la evaluación del impacto del vertimiento de aguas residuales tratadas a un cuerpo natural de agua*. Resolución Jefatural N°108-2017-ANA, Lima, Perú. <https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/900>
- Autoridad Nacional del Agua. (2018). *Metodología para la determinación del índice de calidad de agua ICA-PE aplicados a los cuerpos de agua continentales superficiales, Perú*. <https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/2440>
- Autoridad Nacional del Agua. (2019a). *Informe técnico de los resultados del monitoreo de la calidad del agua superficial en la cuenca del río Huaura*. Lima Perú.
- Autoridad Nacional del Agua. (2019b). *Ley de los recursos hídricos Ley N° 29338*. Lima, Perú. <https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/228>
- Autoridad Nacional del Agua. (2020). *Índice de calidad Ambiental de los recursos hídricos superficiales (ICARHS)*. Dirección de Calidad y Evaluación de Recursos Hídricos. https://repositorio.ana.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12543/4479/ANA0002895_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Autoridad Nacional del Servicio Civil. (2021). Gestión Sostenible del Agua. Cuaderno de trabajo.
<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2679238/Gesti%C3%B3n%20sostenible%20del%20agua.pdf>
- Baeza, E. (2016). Calidad del agua. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. SSP4252.
<https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/23747/2/Calidad%20del%20Agua%20Final.pdf>
- Baquerizo, M., Acuña, M. y Solís, M. (2019). Contaminación de los ríos: caso río Guayas y sus afluentes. *Manglar*, 16(1), 63-70.
<https://revistas.untumbes.edu.pe/index.php/manglar/article/view/118>
- Benavides, B. L. (2019). *Análisis de la Influencia de la calidad de agua del arroyo León en la calidad de agua de la ciénaga de Mallorquín* [Tesis de maestría, Universidad del Norte, Barranquilla]. Repositorio Institucional UNINORTE.
<https://manglar.uninorte.edu.co/handle/10584/8693#page=1>
- Bravo, C., Osorno, C. y Salgado, E. (2016). *Propuesta de un tratamiento para aceites y grasas de las aguas residuales de la microempresa "Productos Verdes" laboratorio de biotecnología, UNAN – Managua, marzo – julio 2016* [Tesis de grado, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua]. Repositorio Institucional UNAN – Managua.
<https://repositorio.unan.edu.ni/3504/1/61591.pdf>
- Bojaca, P. R. (2007). *Determinación de grasas y aceites en aguas*. Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales.
<http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/tph+por+m%C3%A9todo+Soxhlet..pdf/15096580-8833-415f-80dd-ceaa7888123d>
- Bustamante, A., Galindo, G., Jaramillo, J. y Vargas, S. (2016). Percepción de la contaminación del Río Tlapaneco por la población ribereña. *Agricultura, sociedad y desarrollo*, 13(1), 47-62. <https://www.scielo.org.mx/pdf/asd/v13n1/1870-5472-asd-13-01-00047.pdf>
- Cáceres, D., Calisaya, G. y Bedoya, E. (2021). Eficiencia de *Eisenia foetida*, *Eichornia crassipes* e hipoclorito de calcio en la depuración de aguas residuales domésticas en Moquegua, Perú. *Ecología Aplicada*, 20(1), 83-92. DOI:
<https://dx.doi.org/10.21704/rea.v20i1.1692>

- Carrillo, L., Carvajal, A., Coto, C., Salgado, S., Herrera, N., Rojas, C. y Benavidez, C. (2013). *Variación del oxígeno disuelto en el Río Burío- Quebrada Seca, Heredia, Costa Rica, en el período 2005 - 2010*. Indicadores Ambientales: Recursos Hídricos. Dirección de investigación Universidad Nacional Heredia. 1-5. http://www.una.ac.cr/observatorio_ambiental/index.php?option=com_booklibrary&task=view&id=19&catid=43&Itemid=37
- Carrillo, W., Negrete, J., Loor, X. y Riera, E. (2021). La calidad de las aguas residuales domésticas. *Polo del Conocimiento*, 6(3), 228-245. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7926905.pdf>
- Castillo, N. D. (2018). *Escherichia Coli en aguas de riego: optimización de aislamiento mediante cultivo y detección por PCR* [Tesis de grado, Universidad Politécnica de Valencia]. Repositorio institucional UPV. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/109090/CASTILLO%20-%20Escherichia%20coli%20en%20aguas%20de%20rie%20o%3A%20optimizaci%C3%B3n%20del%20aislamiento%20mediante%20cultivo%20y%20de....pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Castillo, Z., y Medina, V. (2014). *Evaluación espacio-temporal de la calidad de agua de río Rímac (riego), de enero a agosto del 2011, en tres puntos de monitoreo* [Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio institucional LA MOLINA. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/5360>
- Castro, S., Zuñiga, A. y Alvarado, M. (2017). La conductividad como parámetro predictivo de la dureza del agua en pozos y nacientes de Costa Rica. *Tecnología en marcha*, 31(1), 35-46. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/tem/v31n1/0379-3982-tem-31-01-35.pdf>
- Centers for Disease Control and Prevention. (2021). *E. coli Infection (Escherichia coli)*. <https://www.cdc.gov/ecoli/about/index.html>
- César, E. y Vázquez, A. (2003). *Ingeniería de los sistemas de tratamiento y disposición de aguas residuales, México*. Universidad Nacional de México. Facultad de Ingeniería. División de Ingenierías Civil y Geomática. <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/handle/132.248.52.100/13428>
- Chávez, J., Rascón, J. y Eneque, A. (2017). Evaluación del Impacto del vertimiento de aguas residuales en la calidad del río Ventilla, Amazonas. *Instituto de Investigación para el desarrollo sustentable de ceja de selva*, 3(1) 99-107. <https://revistas.untrm.edu.pe/index.php/INDES/article/view/137>

- Chen, K., Liu, Q., Peng, W., Liu, Y. y Wang, Z. (2022). Source apportionment of river water pollution in a typical agricultural city of Anhui Province, eastern China using multivariate statistical techniques with APCS–MLR. *Water Science and Engineering*, 16(2), 165-174. <https://doi.org/10.1016/j.wse.2022.12.007>
- Condori, C. y Parillo, S. (2018). *Efecto del vertimiento de las aguas residuales del riachuelo Torococha en la calidad del río Coata en periodo de avenida ciudad de Juliaca 2018* [Tesis de grado, Universidad de Santa Lucía]. Repositorio institucional INGEMMET. <https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/3260?locale=es>
- Cotler, A., Galindo, A., Gonzales, M., Pineda, L. y Ríos, P. (2013). *Cuencas Hidrográficas*. Secretaría de medio ambiente y recursos naturales. <https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/Libros2013/CD001596.pdf>
- Coveñas, C. (2017). *Impacto ambiental por aguas servidas domésticas en las características físicas, químicas y biológicas en el agua de mar-Bocana Norte* [Tesis de maestría, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio institucional UCV. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/22359>
- Cuellar, R. y Navarro, R. (2016). Niveles de contaminantes que afectan la calidad del agua del Río Huaura en su cuenca baja. *Infinitum*, 6(2), 80-89. <https://revistas.unjpsc.edu.pe/index.php/INFINITUM/article/view/39/38>
- Cuenca, L. y Vásquez, M. (2018). *Variación espacio-temporal de la calidad de agua del río Barro Blanco* [Tesis de maestría, Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano]. Repositorio institucional UTADAO. <https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/handle/20.500.12010/3307>
- Dirección General de Salud. (2010). Estándares de calidad ambiental de agua grupo N° 3: riego de vegetales y bebida de animales. http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/informes_tecnicos/GRUPO%20DE%20USO%203.pdf
- Dourojeanni, A., Jouravlev, A. y Chávez, G. (2002). Gestión del agua a nivel de cuencas: Teoría y práctica. Publicaciones de las naciones unidas. <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/4a1aa6b2-4603-4de1-882e-caf774c07978/content>

- Encalada, M. (2010). Funciones ecosistémicas y diversidad de los ríos. Colegio de Ciencias Biológicas y Ambientales Universidad San Francisco de Quito. <https://revistas.usfq.edu.ec/index.php/polemika/article/view/370/347>
- Encinas, M. (2011). Medio ambiente y contaminación: principios básicos. Attribution – Non comercial No Derivatives 4 International. (1th ed.). <https://addi.ehu.es/bitstream/handle/10810/16784/Medio%20Ambiente%20y%20Contaminaci%C3%B3n.%20Principios%20b%C3%A1sicos.pdf?sequence=6>
- EPS Aguas de Lima Norte S.A. (2019). Estudio tarifario 2019 - 2024. SUNASS. <https://www.sunass.gob.pe/wp-content/uploads/2022/07/ESTUDIO-TARIFARIO-EPS-AGUAS-DE-LIMA-NORTE-SA-2019-2024.pdf>
- Farias, M. B. (2016). Conocimientos básicos sobre plantas de tratamiento de aguas residuales. *Iagua*. <https://www.iagua.es/blogs/bettys-farias-marquez/conocimientos-basicos-plantas-tratamiento-aguas-residuales-ptar-modulo-i#:~:text=Las%20Plantas%20de%20Tratamiento%20son,se%20involucra%20ninguna%20reacci%C3%B3n%20qu%C3%ADmica>
- Fernández, M., Fernández, T. y Solís, G. (2016). Percepción de la población sobre los niveles de contaminación ambiental del Río Milagro y grado de conocimiento preventivo social sobre el efecto de su carga contaminante. *Ciencia UNEMI*, 9(21), 125-134. <https://www.redalyc.org/journal/5826/582661267011/html/>
- Flores, R. B. (2017). *Variación temporal de la calidad de agua en la Bocatoma la Atarjea, Río Rímac* [Tesis de maestría, Universidad Nacional Agraria La Molina] Repositorio institucional LA MOLINA. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/2892>
- García, C. (2013). Parámetros fisicoquímicos del agua. https://www.adiveter.com/ftp_public/A3081113.pdf
- García, L. y Iannacone, J. (2014). Pseudomonas aeruginosa un indicador complementario de la calidad de agua potable. *The biologist*, 12(1), 133-152. <https://revistas.unfv.edu.pe/rtb/article/view/395/347>
- Goyenola, G. (2007). Guía para la utilización de las valijas-conductividad. RED MAPSA. https://www.academia.edu/12106594/Gu%C3%ADa_para_la_utilizaci%C3%B3n_de_las_Valijas_Viajeras_2_eutrofizaci%C3%B3n_RED_MAPSA_Versi%C3%B3n_1_0

- Guadarrama, T., Kido, M., Roldan, A. y Salas, S. (2016). Contaminación de agua. *Revista de ciencias ambientales y recursos naturales*, 2(5), 1-10. https://www.ecorfan.org/spain/researchjournals/Ciencias Ambientales y Recursos Naturales/vol2num5/Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales_V2_N5_1.pdf
- Guzmán, G., Thalasso, F., Ramírez, E., Rodríguez, S., Guerrero, A. y Avelar, F. (2011). Evaluación espacio-temporal de la calidad del agua del río San Pedro en el estado de Aguascalientes, México. *Introducción a la contaminación ambiental*, 27(2), 89-102. <https://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v27n2/v27n2a1.pdf>
- Hernández, S. y Poot, C. (2018). Coliformes Totales en Malecón Turístico. *Conciencia Tecnológica*, (55), 14-18. <https://www.redalyc.org/journal/944/94455712006/94455712006.pdf>
- Hernández, U., Pinedo, J., Paternina, R. y Marrugo, J. (2021). Evaluación de calidad del agua en la Quebrada Jui, afluente del río Sinú, Colombia. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 24(1), 1-10. <https://doi.org/10.31910/rudca.v24.n1.2021.1678>
- Huamani, C. F. (2018). *Determinación del efecto de las aguas servidas sobre el suelo y cultivos en la desembocadura del canal de regadío de las salinas bajo* [Tesis de grado, Universidad Católica Sedes Sapientiae]. Repositorio institucional UCSS. <https://repositorio.ucss.edu.pe/handle/20.500.14095/572>
- Infante, N. y Tacilla, T. (2019). *Influencia del vertimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas en la calidad de agua del río cajamarquino - Llacanora, 2017*. [Tesis de grado, Universidad Privada del Norte, Cajamarca]. Repositorio institucional UPN. <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/23611/Infante%20Zambrano%20Nancy%20Madelin%20-%20Tacilla%20Culqui%20Tania%20Jhamilce.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- International Finance Corporation. (2015) *Evaluación y Gestión de Impactos Acumulativos*. World Bank Group. https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/93910f82-9040-47a3-ba27-4571555701cb/IFC_CIA_Esp.pdf?MOD=AJPERES&CVID=kTkDp0w
- Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. (2007). Zonas críticas por el peligro geológico en la cuenca del río Huaura. Perú. <https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/2010>

- Jacobo, F. (2018). Aguas residuales urbanas y sus efectos en la comunidad de Paso Blanco, municipio de Jesús María, Aguascalientes. *Revista de El Colegio de San Luis*, 8(16), 267-293. <https://doi.org/10.21696/rcsl9162018760>
- Leisa (2015). Agua: vida y agricultura. *Revista de Agroecología*, 31(3), 1-44. <https://www.leisa-al.org/web/images/stories/revistapdf/vol31n3.pdf>
- Maldonado, C. (2019). *Medición del impacto de la calidad de aguas, mediante un modelo bidimensional, en la bahía de carquín, provincia de Huaura - región Lima 2017* [Tesis de grado, Universidad Alas Peruanas]. Repositorio institucional UAP. <https://repositorio.uap.edu.pe/handle/20.500.12990/8919?show=full>
- Maqsood, A., Rashid, H., Khan, S.N., Nasir, A., Aman, N., Ullah, A., Ahmad, R., Khan, H. y Akbar, M. (2023). Wastewater characterization of chiniot drain and evaluation of groundwater contamination using water quality index (WQI) and GIS techniques. *Pollutants*, 3, 27-42. <https://doi.org/10.3390/pollutants3010003>
- Marcelina, M., Wibowo, F. y Mushfiroh, A. (2022). Water quality index assessment methods for surface water: A case study of the Citarum River in Indonesia. *Heliyon*, 8(7), 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09848>
- Mayarí, R., Espinoza, M., Suárez, M., Rodríguez, X., Álvarez, Y. y Pedro, S. (2005). Material de referencia para la determinación de la demanda química de oxígeno en aguas y aguas residuales. *Ciencias químicas*, 36, 1-8. <https://www.redalyc.org/pdf/1816/181620511014.pdf>
- Mena, E. (2020). *Evaluación de las tendencias de la contaminación del recurso hídrico de la parte baja de la microcuenca del río Cutuchi, en la provincia de Cotopaxi, periodo 2019-2020* [Tesis de grado, Universidad Técnica de Cotopaxi]. Repositorio institucional UTC. <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/7099/1/PC-001042.pdf>
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (2015). *Política y Estrategia Nacional de Recursos Hídricos*. https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/default_images/politica_y_estrategia_nacional_de_recursos_hidricos_ana.pdf
- Ministerio del Ambiente. (2010). *Aprueban Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales. Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM*. Diario Oficial El Peruano, Lima, Perú, 17 de marzo de 2010, pp.1-2. <https://www.minam.gob.pe/disposiciones/decreto-supremo-n-003-2010-minam/>

- Ministerio del Ambiente. (2012). *Glosario de términos para la gestión ambiental peruana-SINIA*. <https://sinia.minam.gob.pe/sites/default/files/siar-puno/archivos/public/docs/504.pdf>
- Ministerio del Ambiente. (2013). *Precisan límites del Área de Conservación Regional, Albufera de Medio Mundo*. <https://www.minam.gob.pe/disposiciones/decreto-supremo-no-005-2013-minam/>
- Ministerio del Ambiente. (2014). *Guía de muestreo de suelos*. <https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/GUIA-PARA-EL-MUESTREO-DE-SUELOS-final.pdf>
- Ministerio del Ambiente. (2017). *Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua y establecen disposiciones complementarias*. <https://www.minam.gob.pe/disposiciones/decreto-supremo-n-004-2017-minam/>
- Ministerio del Ambiente. (2019). *Estándar de Calidad Ambiental*. <https://www.gob.pe/institucion/minam/informes-publicaciones/308391-estandar-de-calidad-ambiental>
- Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015). *Minambiente presenta nueva Norma de vertimientos que permitirá mejorar la calidad agua del país*. Bogotá, Colombia. <https://oab.ambientebogota.gov.co/minambiente-presenta-nueva-norma-de-vertimientos-que-permitira-mejorar-la-calidad-del-agua-del-pais/>
- Ministerio de Salud. (2010). Reglamento de calidad de agua para consumo humano. Decreto Supremo N° 031-2010-SA. Dirección general de salud ambiental. <http://bvs.minsa.gob.pe/local/MINSA/1590.pdf>
- Monforte, G. y Cantú, P. (2009). Escenario de agua en México. *Culcyt*, 6(30), 31-40. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3238728>
- Morales, S. (2012). *Estudio teórico para el control de la contaminación por grasas y aceites generada por la actividad industrial, doméstica y de servicios* [Tesis de grado, Instituto Politécnico Nacional]. Repositorio institucional IPN <https://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/18479/1/25-1-16898.pdf>

- Muñoz, H. (2012). Demanda bioquímica de oxígeno y población en la subcuenca del río Zahuapan México. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 28(1), 27-38. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S018849992012000100003&script=sci_abstract
- Navarro, M. (2007). *Demanda Bioquímica de Oxígeno cinco días, incubación y electrometría*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Colombia. <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Demanda+Bioqu%C3%ADmica+de+Ox%C3%ADgeno.pdf/ca6e1594-4217-4aa3-9627-d60e5c077dfa>
- Nsabimana, A. y Li, P. (2023). Hydrogeochemical characterization and appraisal of groundwater quality for industrial purpose using a novel industrial water quality index (IndWQI) in the Guanzhong Basin, China. *Geochemistry*, 83(1), 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.chemer.2022.125922>
- Núñez, J., Hernández, K., Peña, T. e Irasema, D. (2023). Evaluación de la calidad de las aguas subterráneas en la Laguna del Pedregal. *Revista Universidad y Sociedad*, 15(1), 381-391. <https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/3552/3494>
- Ochoa, M., Chira, F., Villacorta, S., Sánchez, M. y Valencia, M. (2010). *Estadio geoambiental de la cuenca del río Huaura*. Perú, Lima. <https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/246>
- Ollero, A. (1997). Crecidas e inundaciones como riesgo hidrológico un planteamiento didáctico. *Lurralde: Investigación y espacio*, 20, 261-283. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=300981>
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación y la Cultura. (2019). *Informe Mundial sobre el desarrollo de los Recursos Hídricos 2019*. París, Francia. <https://es.unesco.org/water-security/wwap/wwdr/2019#download>
- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. (2014). *Fiscalización Ambiental en Aguas Residuales*. Perú, Lima. https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827
- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. (2015). *Instrumentos básicos para la fiscalización ambiental*. Lima, Perú. <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/instrumentos-basicos-fiscalizacion-ambiental>

- Organismo Mundial de Salud. (2017). *El cambio climático y sus consecuencias para la salud en los pequeños estados insulares en desarrollo*. <https://www.who.int/es/news-room/feature-stories/detail/climate-change-and-its-impact-on-health-on-small-island-developing-states>
- Pascual, M. y Calderón, V. (2000). *Microbiología Alimentaria. Metodología analítica para alimentos y bebidas*. <http://www.editdiazdesantos.com>
- Peña, E. y Chang, J. (2007) *Calidad de agua: trabajo de investigación oxígenos disueltos*. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil, Ecuador. <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/6162>
- Peña, F. (2008). Hidrogeología de la cuenca del río Huaura. <https://app.ingemmet.gob.pe/biblioteca/pdf/TE0085.pdf>
- Pérez, C. G. (2021). *Efectos del cambio climático en las aguas superficiales del río Santa y en la producción agrícola, centro poblado la Rinconada Ancash, Perú* [Tesis de maestría, Universidad Nacional Federico Villareal]. Repositorio institucional UNFV. [https://repositorio.unfv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13084/5185/P%c3%89REZ_CAMPOMANES%20GIOVENE DOCTORADO 2021%20.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://repositorio.unfv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13084/5185/P%c3%89REZ_CAMPOMANES%20GIOVENE%20DOCTORADO%202021%20.pdf?sequence=3&isAllowed=y)
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (s.f). *Metodología para la evaluación aproximada de la carga contaminante*, Estados Unidos. [http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/021117/Carga Organica.pdf](http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/021117/Carga_Organica.pdf)
- Raffo, E. y Ruiz, E. (2014). Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno. *Diseño y tecnología*. 17(1), 71-80. <https://www.redalyc.org/pdf/816/81640855010.pdf>
- Ramos, V. (2016). *Análisis de parámetros fisicoquímicos de las aguas superficiales contaminadas en el estuario del río Chillón – AAHH Márquez Callao 2016* [Tesis de grado, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio institucional UCV. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/40774/Ramos_VV..pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Ridanovic, L., Ridanovic, S., Jurica, D. y Spasojevic, P. (2006). Evaluation of water temperature and dissolved oxygen regimes in river Neretva. BALWOIS. Ohrid Republic of Macedonia. 1-10. https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers16-09/010048589.pdf

- Rivera, D. (2019). *Tratamiento de aguas residuales y su influencia en el impacto ambiental del distrito de Huaura año 2018* [Tesis de grado, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión]. Repositorio institucional UNJFSC. <https://repositorio.unjfsc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14067/3313/Diego%20Rivera%20Figuroa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rivera, J., Rodríguez, U. y López, O. (2009). Contaminación fecal en hortalizas que se expendan en mercados de la ciudad de Cajamarca. *Revista pública de medicina experimental y salud pública*, 26(1), 45-48. <http://www.scielo.org.pe/pdf/rins/v26n1/a09v26n1>
- Robledo, J. (2023). Evaluación del Índice de Calidad de Agua ICA-NSF en las microcuencas del Parque Nacional Río Dulce como herramienta en la gestión integral del manejo sustentable, Livingston, Izabal, Guatemala, Centroamérica. *Tecnología en Marcha*, 36(1), 106-116. <https://doi.org/10.18845/tm.v36i1.6241>
- Rock, C. y Rivera, B. (2014). La calidad del agua, *Escherichia coli* y su salud. *College of agriculture and life sciences*, 16(24), 1-5. <https://extension.arizona.edu/sites/extension.arizona.edu/files/pubs/az1624s.pdf>
- Rodríguez Jiménez, A., & Pérez Jacinto, AO (2017). Métodos científicos de indagación y de construcción del conocimiento. *Revista Escuela de Administración de Negocios*, (82), 1-26. <https://www.redalyc.org/pdf/206/20652069006.pdf>
- Rodríguez, A. (2016). *Metodología para el análisis de zonas de mezcla de vertidos puntuales en medios fluviales* [Tesis de doctorado, Universidad de Cantabria]. Repositorio institucional UNICAN. <https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/8413/Tesis%20AJRB.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rodríguez, R. (2016). Tema 9. Calor y temperatura. *Apuntes marea verde*.1-10. https://www.apuntesmareaverde.org.es/grupos/cn/Temas_2/T9_2ESO_Calor_Temperaturav2016.pdf
- Rodríguez, H, D. y Santana, G, M. (2017). Evaluación de la contaminación por grasas y aceites en balnearios de la bahía de Santiago de Cuba. *Tecnología química*, 37(2), 391 – 400. <https://www.redalyc.org/pdf/4455/445551175016.pdf>
- Secretaría del Medio Ambiente. (2010). *Plan verde ciudad de México*. http://www.aire.cdmx.gob.mx/descargas/publicaciones/flippingbook/proaire-2011-2020-anexos/documentos/15-docs_plan_verde.pdf

- Sanabria, D. (2004). *Fosforo total en agua por digestión acida, método del ácido ascórbico*. Instituto de Hidrología, Meteorología y estudios ambientales, Colombia. <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/F%C3%B3sforo+Total+en+Agua+M%C3%A9todo+del+Acido+Asc%C3%B3rbico.pdf/bf2f449b-4b9b-4270-b77e-159258d653e2>
- Sistema Nacional de Información Ambiental (2019). *Volumen anual de vertimientos de aguas residuales industriales autorizadas*. <https://sinia.minam.gob.pe/indicadores/volumen-anual-vertimientos-aguas-residuales-industriales-0#:~:text=Asimismo%20vertimiento%20de%20aguas%20residuales,de%20agua%20continental%20o%20mar%C3%ADtima>
- Statkraft. (2015). Central Hidroeléctrica Cheves. <https://www.statkraft.com.pe/globalassets/0/.pe/nuestra-energia/factsheets/factsheet---cheves.pdf>
- Swimtonic Technology. (2018). *Importancia del agua para la vida*. Quito, Ecuador. Swimtonic Technology. <https://www.swimtonictech.com/es/2018/03/22/la-importancia-del-agua-a-vida/>
- Torero, N., Suarez, E. y Martel, C. (2023). *Pequeños pasos en investigación: un manual para iniciarse en el campo de la investigación científica*. Editorial: Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú S.A.C. <https://editorial.inudi.edu.pe/index.php/editorialinudi/catalog/download/97/139/164?inline=1>
- Torres, G. y Lozano, E. (2017). Disminución de sólidos de aguas grises mediante un proceso de aireación. *Ra Ximba*, 13(3), 393-404. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46154070023>
- Valdez, C. (2003). *Ingeniería de los sistemas de tratamiento y disposición de aguas residuales*. Fundación ICA. https://sinia.minam.gob.pe/sites/default/files/siar-puno/archivos/public/docs/ingenieria_de_los_sistemas_de_tratamiento_y_disposicion_de_aguas_residuales_civilgeeks.pdf
- Vammen, K., Vaux, H., Gonzalez, E. y Roldan, G. (2021). *Calidad del Agua en las Américas una Sinopsis*. <https://ianas.org/wp-content/uploads/2021/09/Calidad-del-Agua-en-las-Américas-Una-sinopsis.pdf>

- Vargas, G. H. (2012). *Vertimiento de aguas residuales urbanas y sus efectos en la condición ambiental de la Ensenada La Salada Sonora, México* [Tesis de maestría, Centro de Investigaciones Biológicas del noroeste]. Repositorio Institucional CIBNOR. https://cibnor.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1001/189/1/vargas_h.pdf
- Xu, H., Qiang, G. y Yuan, B. (2022). Analysis and identification of pollution sources of comprehensive river water quality: Evidence from two river basins in China. *Ecological Indicators*, 135, 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.108561>

TERMINOLOGÍA

Afluente: agua residual que ingresa a una planta de tratamiento de aguas residuales o proceso de tratamiento (ANA, 2017).

Carga contaminante: es la masa de una sustancia o el número de individuos microbiológicos contenido en un volumen de agua que pasa por una sección determinada en una unidad de tiempo. La carga contaminante es determinada multiplicando la concentración de la sustancia o la densidad de individuos microbiológicos por el caudal de agua, determinado en el momento de la toma de muestra (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente [PNUMA], s.f).

Cuenca hidrográfica: Es un territorio continental drenado por un único sistema de drenaje, natural, donde todos los procesos socioecológicos están íntimamente ligados entre sí (Cotler *et al.* 2013).

Cuerpo receptor: cuerpo natural de agua continental o marino-costera que recibe el vertimiento de aguas residuales tratadas (Vargas, 2012).

Laboratorio acreditado por INACAL: el laboratorio que realiza los análisis de los parámetros de calidad debe estar acreditado con la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025:2006, Requisitos generales para la competencia de Laboratorios de Ensayo y Calibración, y tener la acreditación por cada ensayo analítico realizado para la medición de los parámetros establecidos. Las acreditaciones deben ser emitidas por el Instituto Nacional de Calidad (INACAL).

Límite Máximo Permisible (LMP): medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos que caracterizan a un efluente o una emisión, que corresponde a los niveles de tratamiento de aguas residuales alcanzables con

las mejores técnicas disponibles, y técnica y económicamente viables. Su determinación corresponde al Ministerio del Ambiente y su cumplimiento es exigible legalmente por el MINAM y los organismos que conforman el Sistema Nacional de Gestión Ambiental.

Muestreo de agua: es una herramienta del monitoreo. Su función básica es la extracción de una parte del cuerpo de agua para determinar sus características y condiciones actuales (Instituto Geológico Minero y Metalúrgico [INGEMMET], 2007).

Parámetros de calidad: compuestos, elementos, sustancias, indicadores y propiedades físicas, químicas y biológicas de interés para la determinación de la calidad de agua (Ministerio de la Salud [MINSA], 2010).

Planta de tratamiento de aguas residuales: infraestructura y procesos de origen fisicoquímico o biológico o combinación de ellos que tiene como finalidad reducir el contenido de contaminantes de las aguas residuales (Farias, 2016).

Vertimiento de aguas residuales tratadas: descarga de aguas residuales previamente tratadas, que se efectúa en un cuerpo natural de agua continental o marítima. (Sistema Nacional de Información Ambiental [SINIA], 2019).

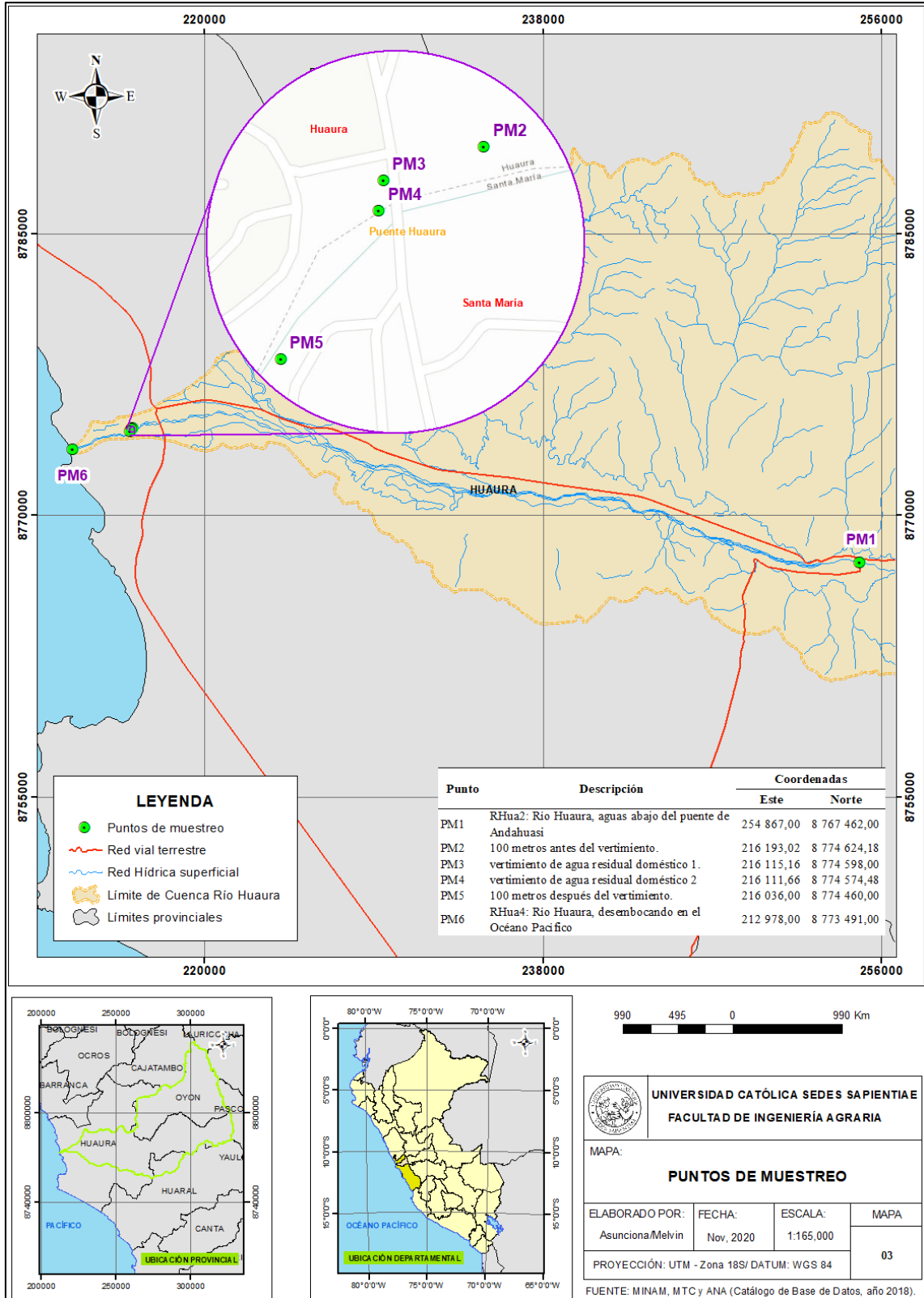
Punto de muestreo: Ubicación específica como puede ser un punto o área determinada en el suelo o transcurso del agua donde se recolectan muestras, ya sea en la superficie o a profundidad (MINAM, 2014).

Calidad de agua: Según la Organización Mundial de la Salud y otras entidades internacionales, se define como el conjunto de condiciones que describen las características físicas, químicas y biológicas del agua, tanto en su estado natural como modificado por la actividad humana (Baeza, 2016).

APÉNDICES

Apéndice 1

Mapa de puntos de muestreo



Apéndice 2

Sub índice 1 (materia orgánica) del ICARHS de 2017

Código de Punto de Monitoreo				2017					
Parámetros			ECA	1° MP	2° MP	3° MP	4° MP	5° MP	6° MP
			Cat.3-D1						
Físico Químicos	Oxígeno Disuelto	mg/L	>=4	8,645		8,283	8,283		
	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	15	<2		69	69		
Microbiológico	<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 mL	1 000						
	Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	1 000	2 400		1 700	1 700		
Datos	Numero de Parámetros que NO cumplen ECA para agua			1	0	2	2	0	0
				2					
	Total de Parámetros a evaluar			3	0	3	3	0	0
				3					
	Numero de datos que NO cumplen ECA para agua			1	0	2	2	0	0
				5					
Cálculo de factores F1, F2, F3	F1			33,33	0,00	66,67	66,67	0,00	0,00
				66,67					
	F2			33,33	0,00	66,67	66,67	0,00	0,00
			55,56						
	Oxígeno Disuelto	mg/L		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L		0,00	0,00	3,60	3,60	0,00	0,00
	<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 mL		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml		1,40	0,00	0,70	0,70	0,00	0,00
Sumatoria Normalizada de Excedentes			0,47	0,00	1,43	1,43	0,00	0,00	
			1,11						
F3			31,82	0,00	58,90	58,90	0,00	0,00	
			52,63						
Calificación Sub Índice 1			67,16	100,00	35,81	35,81	100,00	100,00	
			41,40						

Nota. Elaborado con información contenida en el INFORME TÉCNICO N° 066- 2017- ANA-AAA.CF. -ALA H/KHR.

Apéndice 3

Sub índice 2 (físico químico - metal) del ICARHS de 2017

PUNTOS DE MUESTREO				2017					
Parámetros			ECA	1° MP	2° MP	3° MP	4° MP	5° MP	6° MP
			Cat.3-D1						
Físico Químicos	pH	Unidad de PH	6,50-8,50	7,27		6,77	6,77		
	Conductividad eléctrica	μS/cm	2 500,00	392,10		666,00	666,00		
	Aceites y grasas	mg/L	5,00	<1,00		1,70	1,70		
Datos	Numero de Parámetros que NO cumplen ECA para agua			0	0	0	0	0	0
				0					
	Total de Parámetros a evaluar			3	0	3	3	0	0
				3					
	Numero de datos que NO cumplen ECA para agua			0	0	0	0	0	0
				0					
Número Total de Datos			3	0	3	3	0	0	
			9						
Cálculo de factores F1, F2, F3	F1			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
				0,00					
	F2			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
				0,00					
	pH	Unidad de PH		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Conductividad eléctrica	μS/cm		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Aceites y grasas	mg/L		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Sumatoria Normalizada de Excedentes			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
				0,00					
F3			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
			0,00						
Calificación Sub Índice 2			100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	
			100,00						

Nota. Elaborado con información contenida en el INFORME TÉCNICO N° 066- 2017- ANA-AAA.CF. -ALA H/KHR.

Apéndice 4

Sub índice 1 (materia orgánica) del ICARHS de 2018

Código de Punto de Monitoreo				2018					
Parámetros			ECA	1° MP	2° MP	3° MP	4° MP	5° MP	6° MP
			Cat.3-D1						
Físico Químicos	Oxígeno Disuelto	mg/L	>=4	8.41		8.92	8.92		7.391
	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	15	2		<2	<2		<2
Microbiológico	<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 mL	1000	70000		14000	14000		79
	Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	1000	220000		28000	28000		170
Datos	Numero de Parámetros que NO cumplen ECA para agua			2	0	2	2	0	0
				2					
	Total de Parámetros a evaluar			4	0	4	4	0	4
				4					
	Numero de datos que NO cumplen ECA para agua			2	0	2	2	0	0
				6					
Cálculo de factores F1, F2, F3	F1			50.00	0.00	50.00	50.00	0.00	0.00
				50.00					
	F2			50.00	0.00	50.00	50.00	0.00	0.00
			37.50						
	Oxígeno Disuelto	mg/L		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 mL		69.00	0.00	13.00	13.00	0.00	0.00
	Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml		219.00	0.00	27.00	27.00	0.00	0.00
Sumatoria Normalizada de Excedentes			72.00	0.00	10.00	10.00	0.00	0.00	
			23.00						
F3			98.63	0.00	90.91	90.91	0.00	0.00	
			95.83						
Calificación Sub Índice 1				29.93	100.00	33.50	33.50	100.00	100.00
				33.94					

Nota. Elaborado con información contenida en el INFORME TÉCNICO N° 066- 2018- ANA-AAA.CF. -ALA H/KHR.

Apéndice 5

Sub índice 2 (físico químico - metal) del ICARHS de 2018

PUNTOS DE MUESTREO				2018					
Parámetros			ECA	1° MP	2° MP	3° MP	4° MP	5° MP	6° MP
			Cat.3-D1						
Físico Químicos	pH	Unidad de PH	6,50-8,50	7,29		7,40	7,40		6,72
	Conductividad eléctrica	μS/cm	2 500,00	402,40		405,40	405,40		241,10
	Aceites y grasas	mg/L	5,00	<1,00		<1,00	<1,00		<1,00
Datos	Numero de Parámetros que NO cumplen ECA para agua			0	0	0	0	0	0
				0					
	Total de Parámetros a evaluar			3	0	3	3	0	0
				3					
	Numero de datos que NO cumplen ECA para agua			0	0	0	0	0	0
				0					
Cálculo de factores F1, F2, F3	F1			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
				0,00					
	F2			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
				0,00					
	pH	Unidad de PH		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Conductividad eléctrica	μS/cm		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Aceites y grasas	mg/L		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sumatoria Normalizada de Excedentes			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
			0,00						
F3			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
			0,00						
Calificación Sub Índice 2				100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
				100,00					

Nota. Elaborado con información contenida en el INFORME TÉCNICO N° 066- 2018- ANA-AAA.CF. -ALAH/KHR.

Apéndice 6

Sub índice 1 (materia orgánica) del ICARHS de 2019

Código de Punto de Monitoreo				2019					
Parámetros			ECA	1° MP	2° MP	3° MP	4° MP	5° MP	6° MP
			Cat.3-D1						
Físico Químicos	Oxígeno Disuelto	mg/L	>=4,00	5,923		4,916	4,916		
	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	15,00	27,00		32,00	32,00		
Microbiológico	<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 mL	1000,00	1 700		49,00	49,00		
	Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	1000,00	4 500		79,00	79,00		
Datos	Numero de Parámetros que NO cumplen ECA para agua			3	0	1	1	0	0
				3					
	Total de Parámetros a evaluar			4	0	4	4	0	0
				4					
	Numero de datos que NO cumplen ECA para agua			3	0	1	1	0	0
			5						
Número Total de Datos			4	0	4	4	0	0	
			12						
Cálculo de factores F1, F2, F3	F1			75,00	0,00	25,00	25,00	0,00	0,00
				75,00					
	F2			75,00	0,00	25,00	25,00	0,00	0,00
				41,67					
	Oxígeno Disuelto	mg/L		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L		0,80	0,00	1,13	1,13	0,00	0,00
	<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 mL		0,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml		3,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Sumatoria Normalizada de Excedentes			1,25	0,00	0,28	0,28	0,00	0,00
			0,61						
F3			55,56	0,00	22,08	22,08	0,00	0,00	
			37,72						
Calificación Sub Índice 1				30,87	100,00	75,93	75,93	100,00	100,00
				45,89					

Nota. Elaborado con información contenida en el INFORME TÉCNICO N° 046- 2019- ANA-AAA.CF. -ALA H/KHR

Apéndice 7

Sub índice 2 (físico químico - metal) del ICARHS de 2019

PUNTOS DE MUESTREO				2019					
Parámetros			ECA	1° MP	2° MP	3° MP	4° MP	5° MP	6° MP
			Cat.3-D1						
Físico Químicos	pH	Unidad de PH	6,50-8,50	7,85		7,08	7,08		
	Conductividad eléctrica	μS/cm	2 500,00	582,40		915,00	915,00		
	Aceites y grasas	mg/L	5,00	<1,00		<1,00	<1,00		<1,00
Datos	Numero de Parámetros que NO cumplen ECA para agua			0	0	0	0	0	0
				0					
	Total de Parámetros a evaluar			3	0	3	3	0	1
				3					
	Numero de datos que NO cumplen ECA para agua			0	0	0	0	0	0
				0					
Número Total de Datos			3	0	3	3	0	1	
			10						
Cálculo de factores F1, F2, F3	F1			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
				0,00					
	F2			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
				0,00					
	pH	Unidad de PH		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Conductividad eléctrica	μS/cm		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Aceites y grasas	mg/L		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Sumatoria Normalizada de Excedentes			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
				0,00					
F3			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
			0,00						
Calificación Sub Índice 2				100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
				100,00					

Nota. Elaborado con información contenida en el INFORME TÉCNICO N° 046- 2019- ANA-AAA.CF. -ALA H/KHR

Apéndice 8

Sub índice 1 (materia orgánica) del ICARHS de 2020

Código de Punto de Monitoreo				2020					
Parámetros			ECA	1° MP	2° MP	3° MP	4° MP	5° MP	6° MP
			Cat.3-D1						
Físico Químicos	Oxígeno Disuelto	mg/L	>=4,00	11,12	10,50	7,90	5,59	8,23	6,80
	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	15,00	43,20	<2,00	505,90	862,30	23,60	40,10
Microbiológico	<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 mL	1 000,00	45,00	490,00	9 400 000	110 000	920 000	1 600 000
	Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	1 000,00	180,00	490,00	22 000 000	170 000	1 600 000	1 600 000
Datos	Numero de Parámetros que NO cumplen ECA para agua			1	0	3	3	3	3
				3					
	Total de Parámetros a evaluar			4	4	4	4	4	4
				4					
	Numero de datos que NO cumplen ECA para agua			1	0	3	3	3	3
				13					
Número Total de Datos			4	4	4	4	4	4	
			24						
Cálculo de factores F1, F2, F3	F1			25,00	0,00	75,00	75,00	75,00	75,00
				75,00					
	F2			25,00	0,00	75,00	75,00	75,00	75,00
				54,17					
	Oxígeno Disuelto	mg/L		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L		1,88	0,00	32,73	56,49	0,57	1,67
	<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 mL		0,00	0,00	9 399,00	109,00	919,00	1 599,00
	Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml		0,00	0,00	21 999,00	169,00	1 599,00	1 599,00
	Sumatoria Normalizada de Excedentes			0,47	0,00	7 857,68	83,62	629,64	799,92
				1561,89					
F3			31,97	0,00	99,99	98,82	99,84	99,88	
			99,94						
Calificación Sub Índice 1			72,48	100,00	15,84	16,30	15,90	15,88	
			21,37						

Nota. Elaborado con información contenida en el INFORME DE ENSAYO N° 202638.

Apéndice 9

Sub índice 2 (físico químico - metal) del ICARHS de 2020

PUNTOS DE MUESTREO			2020						
Parámetros			ECA	1° MP	2° MP	3° MP	4° MP	5° MP	6° MP
			Cat.3-D1						
Físico Químicos	pH	Unidad de PH	6,50-8,50	7,56	7,59	7,55	7,54	7,76	7,60
	Conductividad eléctrica	μS/cm	2 500,00	858,00	840,00	5 010,00	1 668,00	906,00	1 117,00
	Aceites y grasas	mg/L	5,00	4,00	<0,20	46,40	80,10	2,60	4,20
Datos	Numero de Parámetros que NO cumplen ECA para agua			0	0	2	1	0	0
				2					
	Total de Parámetros a evaluar			3	3	3	3	3	3
				3					
	Numero de datos que NO cumplen ECA para agua			0	0	2	1	0	0
				3					
Cálculo de factores F1, F2, F3	F1			0,00	0,00	66,67	33,33	0,00	0,00
				66,67					
	F2			0,00	0,00	66,67	33,33	0,00	0,00
				16,67					
	pH	Unidad de PH		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Conductividad eléctrica	μS/cm		0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00
Aceites y grasas	mg/L		0,00	0,00	8,28	15,02	0,00	0,00	
Sumatoria Normalizada de Excedentes			0,00	0,00	3,09	5,01	0,00	0,00	
			1,35						
F3			0,00	0,00	75,58	83,35	0,00	0,00	
			57,45						
Calificación Sub Índice 2			100,00	100,00	30,23	44,71	100,00	100,00	
			48,29						

Nota. Elaborado con información contenida en el INFORME DE ENSAYO N° 202638.

Apéndice 10

Informe de laboratorio - parámetros fisicoquímicos



INFORME DE ENSAYO N° 202638 CON VALOR OFICIAL

Razón Social : NATHY PAREDES MATTA
 Domicilio Legal : Reservado por el cliente
 Solicitado Por : NATHY PAREDES MATTA
 Referencia : Plan de muestreo N° 0682-2020 / Cotización N° 1483-20
 Proyecto : Reservado por el cliente
 Procedencia : Huaura
 Muestreo Realizado Por : ENVIROTEST S.A.C.
 Cantidad de Muestra : 6
 Producto : Agua Superficial/Agua Residual
 Fecha de Recepción : 17/08/2020
 Fecha de Ensayo : 17/08/2020 al 04/09/2020
 Fecha de Emisión : 04/09/2020

I. Resultados

Código de Laboratorio	202638-01	202638-02	202638-03	202638-04	202638-05	202638-06
Código de Cliente	PM1	PM2	PM3	PM4	PM5	PM6
Fecha de Muestreo	17/08/2020	17/08/2020	17/08/2020	17/08/2020	17/08/2020	17/08/2020
Hora de Muestreo (h)	12:35	12:50	13:05	13:30	13:55	14:15
Ubicación Geográfica (WGS 84)	N: 8767462 E: 0254867	N: 8774564 E: 0216205	N: 8774560 E: 0216127	N: 8774591 E: 0216111	N: 8774460 E: 0216036	N: 8773491 E: 0212978
Tipo de Producto	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Residual	Agua Residual	Agua Superficial	Agua Superficial

Tipo Ensayo	Unidad	L.C.M.	Resultados					
Análisis de Campo								
Conductividad	µS/cm	1 ^{ca}	858	840	5010	1668	906	1117
Oxígeno Disuelto	mg/L	0,10 ^{ca}	11,12	10,50	7,90	5,59	8,23	6,80
pH	Und. pH	0,01 ^{ca}	7,56	7,59	7,55	7,54	7,76	7,60
Temperatura de Muestra	°C	0,1 ^{ca}	20,0	21,0	21,2	21,0	22,3	22,9
Lugar de ensayo (Laboratorio Inorgánico)								
Tipo Ensayo	Unidad	L.C.M.	Resultados					
Fisicoquímicos								
Aceites y Grasas	mg/L	0,2 ^{ca}	4,0	<0,2	46,4	80,1	2,6	4,2
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	2,0	43,2	<2,0	505,9	862,3	23,6	40,1

Legenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método, L.D.M. = Límite de detección del método, "<" = Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado, "" = Resolución cuantificable, "" = Límite de Detección de Método, "-" = No Analizado.

II. Métodos y Referencias

Tipo Ensayo	Norma Referencia	Título
Análisis de Campo		
Conductividad	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2510 B, 23rd Ed. 2017	Conductivity Laboratory Method
Oxígeno Disuelto	EPA Method 360.1, 1971	Oxygen, Dissolved (Membrane Electrode)
pH	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500 H+ B, 23rd Ed. 2017	pH Value, Electrometric Method
Temperatura	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2550 B, 23rd Ed. 2017	Temperature Laboratory and Field Methods
Fisicoquímicos		
Aceites y Grasas	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5520 B, 23rd Ed. 2017	Oil and Grease, Liquid-Liquid, Partition-Gravimetric Method
Demanda Bioquímica de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017	Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-Day BOD Test

SIGLAS: *SM: Standard methods for the examination of Water and Wastewater APHA, AWWA, WEF 23rd. Ed. 2017

Apéndice 11

Informe de laboratorio - parámetros microbiológicos



INFORME DE ENSAYO N° 202638 CON VALOR OFICIAL

Razón Social : NATHY PAREDES MATTA
 Domicilio Legal : Reservado por el cliente
 Solicitado Por : NATHY PAREDES MATTA
 Referencia : Plan de muestreo N° 0682-2020 / Cotización N° 1483-20
 Proyecto : Reservado por el cliente
 Procedencia : Huaura
 Muestreo Realizado Por : ENVIROTEST S.A.C
 Cantidad de Muestra : 6
 Producto : Agua Superficial/Agua Residual
 Fecha de Recepción : 17/08/2020
 Fecha de Ensayo : 17/08/2020 al 04/09/2020
 Fecha de Emisión : 04/09/2020

I. Resultados

Código de Laboratorio	202638-01	202638-02	202638-03	202638-04	202638-05	202638-06
Código de Cliente	PM1	PM2	PM3	PM4	PM5	PM6
Fecha de Muestreo	17/08/2020	17/08/2020	17/08/2020	17/08/2020	17/08/2020	17/08/2020
Hora de Muestreo (h)	12.35	12.50	13.05	13.30	13.55	14.15
Ubicación Geográfica (WGS 84)	N: 8767462 E: 0254867	N: 8774564 E: 0216205	N: 8774560 E: 0216127	N: 8774591 E: 0216111	N: 8774460 E: 0216036	N: 8774371 E: 0215986
Tipo de Producto	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Residual	Agua Residual	Agua Superficial	Agua Superficial

Lugar de ensayo (Laboratorio Biológico)								
Tipo Ensayo	Unidad	L.C.M.	Resultados					
Microbiológicos								
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1,8	4,5E+01	4,9E+02	9,4E+06	1,1E+05	9,2E+05	1,6E+06
Fecal Coliform Bacteria	NMP/100 mL	1,8	1,8E+02	4,9E+02	2,2E+07	1,7E+05	1,6E+06	1,6E+06

Leyenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método, L.D.M. = Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado, "-,-" = No Analizado.

II. Métodos y Referencias

Tipo Ensayo	Norma Referencia	Título
Microbiológicos		
<i>Escherichia coli</i>	SM 9221 F / 9221C. Standard Methods 23rd Edition 2017	Enumeration of E. coli by MPN method Procedure using Fluorogenic Substrate
Fecal Coliform Bacteria	SM 9221 E / 9221C. Standard Methods 23rd Edition 2017	Enumeration of Fecal Coliforms by MPN method Fecal Coliform Procedure

SIGLAS: *SM*: Standard methods for the examination of Water and Wastewater APHA, AWWA, WEF 23rd. Ed. 2017

IV. Procedimiento de muestreo

- PM-OPE-01 Requisitos Generales de Muestreo
- PM-OPE-02 Transporte, almacenamiento y mantenimiento de equipos
- PM-OPE-04 Muestreo en Aguas
- PM-OPE-11 Aseguramiento y Control de Calidad en el Muestreo


Los resultados presentados corresponden solo a la muestra indicada, según la cadena de custodia correspondiente. Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas del producto. El tiempo de custodia de la muestra es de un mes calendario desde el ingreso de la muestra al laboratorio. El tiempo de custodia del informe de ensayo, tanto en digital como en físico es de 4 años. El tiempo de vigencia de la muestra está en función a lo declarado en los métodos normalizados de ensayo y age desde la toma de muestra. Está prohibida la reproducción parcial del presente documento, salvo autorización de Envirotec S.A.C. Los resultados se relacionan solamente con los tests de ensayo, bajo las condiciones de las muestras como se indica. Para verificar la autenticidad del presente informe de ensayo solicitar información al correo: info@envirotec.com.pe

** FIN DEL INFORME **


Apéndice 12

Información del monitoreo del río Huaura de 2017, 2018 y 2019

ADMINISTRACION LOCAL DEL AGUA HUaura 04



PERÚ Ministerio de Agricultura y Riego



ANA
Autoridad Nacional del Agua

INFORME TÉCNICO N° 066-2017-ANA-AAA.CF.-ALA H/KHR

Para : Ing. Wenceslao Cieza Horna
Administrador Local de Agua Huaura

De : Ing. Kelly Huamán Requena
Profesional en Calidad de Recursos Hídricos

Asunto : Informe de Monitoreo de la Calidad de Agua Superficial en la Cuenca del Río Huaura - 2017

Referencia : Memorándum N° 458-2017-ANA-AAA.C.F.

Fecha : Huacho 05 de octubre, del 2017

I. ANTECEDENTES

1.1 A partir del 01 de abril del 2009 entra en vigencia la Ley N° 29338 - Ley de Recursos Hídricos, la cual establece que la Autoridad Nacional del Agua, es la responsable de la protección y conservación de los Recursos Hídricos y de los bienes asociados a ella. En este marco la Autoridad Nacional del Agua, en su condición de ente rector y máxima autoridad técnico-normativa del Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos y en cumplimiento al mandato establecido en dicha Ley, es responsable de la vigilancia de la calidad del agua en los cuerpos naturales de agua continental y marino-costeros del país, así como también de la fiscalización de la calidad del agua por el otorgamiento de autorización de vertimiento y/o reúso de aguas residuales tratadas.


1.2 En ese sentido, bajo los lineamientos de la Ley N° 29338 y el Reglamento de Organización y Funciones de la Autoridad Nacional del Agua, aprobado mediante el Decreto Supremo N° 006-2010-AG, inciso c) del numeral 40.4 del Artículo 40°, prescribe que las Administraciones Locales de Agua desarrollan acciones de control y vigilancia para asegurar el uso sostenible, la conservación y protección de la calidad de los recursos hídricos, instruyendo procedimientos sancionadores.


1.3 Desde el año 2013, la Autoridad Nacional del Agua, a través de sus órganos desconcentrados, han realizado cuatro (04) Trabajos de Monitoreos de Calidad de Agua Superficial en la Cuenca del Río Huaura, conforme se muestra en el Cuadro N° 01.

Cuadro N° 01.
Monitoreo de Calidad de Agua Superficial en la Cuenca del Río Huaura

Item	Actividad	Año	Ámbito de Cobertura	Puntos de Monitoreo	Informe Técnico
1	Monitoreo de Calidad de Agua Superficial en la Cuenca del Río Huaura	2013	Cuenca Alta y Media	18	N° 007-2013-ANA-DGCRH-VIG/PAPD
2	Monitoreo de Calidad de Agua Superficial en la Cuenca del Río Huaura	2014	Cuenca Alta y Media	19	N° 035-2014-ANA-DGCRH-VIG/PDPA
3	Monitoreo de Calidad de Agua Superficial en la Cuenca del Río Huaura	2015	Cuenca Alta, Media y Baja	25	N° 002-2016-ANA-AAA.CF-ALA.H-KHR
4	Monitoreo de Calidad de Agua Superficial en la Cuenca del Río Huaura	2016	Cuenca Alta, Media y Baja	25	N° 027-2016-ANA-AAA.CF-ALA.H-KHR

1.4 Mediante Memorándum N° 458-2017-ANA-AAA.C.F., del 02 de agosto del 2017, la Autoridad Administrativa del Agua Cañete-Fortaleza, remite a la Administración Local de Agua Huaura el Plan de Trabajo para el Monitoreo de la Calidad de Agua Superficial en la Cuenca del Río Huaura - 2017, siendo la actividad programada desde el 21 al 26 de agosto del 2017.





Página 4 de 67

Cuadro N° 12
Resultados de los análisis de agua en el Río Huaura y tributarios

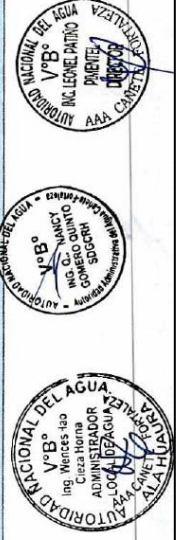
FECHA DE MONITOREO HORA DEL MONITOREO Codigo del punto de monitoreo Coordenadas UTM WGS 84	ECA-Agua Categoría 3	D1	D2	21/08/2017	22/08/2017	23/08/2017	23/08/2017	23/08/2017	24/08/2017	24/08/2017	24/08/2017	24/08/2017	25/08/2017	25/08/2017	26/08/2017		
				RSura1	RQalic1	RPamp2	RWayo1	RHuaud1	RPaco1	RPamp1	RChec1	RChec2	QPacc1	RHua5	RHua1	GHua1	RHua2	RHua3
Este				305662	306292	303467	296935	302857	305265	314188	293430	283348	280227	280227	254867	216130	
Norte				8334038	8331662	8616687	8616857	8618149	8619621	8619687	8796637	8800579	8794979	8768941	8767116	8767462	8774569
Informes de Ensayo: ALS ENVIRONMENTAL Parametros				37413/2017	37624/2017	37855/2017	37855/2017	37856/2017	37856/2017	37858/2017	38107/2017	38107/2017	38224/2017	38224/2017	38239/2017	38239/2017	
PARAMETROS FISICOS																	
Oxígeno Disuuelto	mg O ₂ /L	>4	>5	6.46	6.87	6.952	8.643	8.378	7.93	7.249	7.923	7.147	7.168	7.468	6.874	8.645	8.283
pH	Unidad de PH	6.5-8.5	6.5-8.5	7.23	7.30	8.24	8.38	8.24	8.38	8.26	-	-	-	7.85	6.72	7.27	6.77
Temperatura	°Celsius	Δ 3	Δ 3	13.1	11.5	11.17	16.2	13.57	14.89	14.59	10/739	16.9	19.95	21.46	22.64	19.06	20.31
Conductividad Eléctrica	ps/cm	2800	5000	55.42	286.4	119.7	281.2	183.7	323.0	162.3	161.8	377.3	193.6	353.6	196.4	392.1	686.0
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg O ₂ /L	15	15	<2	<2	<2	<2	5	3	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	69
Demanda Química de Oxígeno	mg O ₂ /L	40	40	<2	<2	<2	<2	4	4	37	<2	4	<2	<2	<2	<2	156
Cianuro Wad	mg CN ₂ /L	0.1	0.1	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
PARAMETROS INORGANICOS																	
Hierro Total	mg P/L	---	---	<0.010	0.041	0.158	0.133	0.081	0.051	0.096	0.029	0.030	0.055	0.042	0.054	0.057	1.47
Nitratos (como N)	mg NO ₃ -L	---	---	0.119	0.582	0.385	4.111	1.666	2.971	0.526	0.432	1.649	8.190	2.618	11.17	6.156	3.155
Nitritos (como N)	mg NO ₂ -L	---	---	0.027	0.131	0.097	0.929	0.383	0.671	0.119	0.098	0.373	1.860	0.591	2.523	1.391	0.713
Nitros (como N)	mg NO ₂ -L	10	10	<0.015	<0.015	<0.015	<0.015	0.116	0.263	<0.015	<0.015	0.048	<0.015	<0.015	<0.015	<0.015	<0.015
Sulfatos (como N) + Nitros (como N)*	mg SO ₄ -2L	1000	1000	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	0.035	0.077	<0.004	<0.004	0.015	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004
Nitros (como N) + Nitros (como N)*	mg/L	100	100	0.027	0.131	0.087	0.929	0.418	0.748	0.119	0.098	0.388	1.850	0.591	2.523	1.391	0.713
METALES Y METALOIDES																	
Plata (Ag)	mg/L	---	---	<0.000003	<0.000003	<0.000003	<0.000003	<0.000003	<0.000003	<0.000003	<0.000003	<0.000003	<0.000003	<0.000003	<0.000003	<0.000003	<0.000003
Aluminio (Al)	mg/L	5	5	0.013	0.237	0.232	0.096	0.921	0.195	0.489	0.735	0.186	0.053	0.610	0.035	0.192	0.788
Arsénico (As)	mg/L	0.1	0.2	0.00123	0.00551	0.00327	0.03216	0.00899	0.01510	0.01250	0.00161	0.00671	0.00613	0.00562	0.00104	0.00507	0.00865
Boro (B)	mg/L	1	5	<0.002	<0.002	0.007	0.106	0.016	0.025	<0.002	0.006	0.255	0.018	0.341	0.262	0.148	0.458
Bario (Ba)	mg/L	0.7	---	0.005	0.0159	0.0273	0.0126	0.0365	0.0281	0.0404	0.0203	0.0263	0.0263	0.0492	0.0225	0.0293	0.0332
Berilio (Be)	mg/L	0.1	0.1	<0.00002	<0.00002	<0.00002	<0.00002	<0.00002	<0.00002	<0.00002	<0.00002	<0.00002	<0.00002	<0.00002	<0.00002	<0.00002	<0.00002
Calcio (Ca)	mg/L	---	---	13.49	87.18	36.88	72.46	60.47	54.02	50.55	41.65	82.26	54.25	86.53	63.45	71.52	83.77



Trabajando para todos los peruanos



FECHA DE MONITOREO HORA DEL MONITOREO Codigo del punto de monitoreo Coordenadas UTM WGS 84	ECA-Agua Categoría 3	Este Norte	D1	D2	Informes de Ensayo: AL S ENVIROMENTAL											
					Agua para riego restringido	Agua para riego restringido	Agua para riego restringido	Agua para riego restringido	Agua para riego restringido	Agua para riego restringido	Agua para riego restringido	Agua para riego restringido	Agua para riego restringido	Agua para riego restringido	Agua para riego restringido	Agua para riego restringido
Parametros	Unidad	21/08/2017 15:05	21/08/2017 15:33	22/08/2017 16:20	25/08/2017 11:55	23/08/2017 12:30	23/08/2017 12:50	23/08/2017 13:30	24/08/2017 10:20	24/08/2017 12:30	24/08/2017 13:10	24/08/2017 14:30	25/08/2017 11:15	25/08/2017 11:48	26/08/2017 10:05	26/08/2017 11:25
Cadmio (Cd)	mg/L	<0.00001	<0.00001	<0.00001	<0.00001	<0.00001	<0.00001	<0.00001	<0.00001	<0.00001	<0.00001	<0.00001	<0.00001	<0.00001	<0.00001	<0.00001
Cobalto (Co)	mg/L	<0.00001	<0.00001	<0.00001	<0.00001	0.0209	0.0149	0.0091	<0.00001	<0.00001	<0.00001	<0.00001	<0.00001	<0.00001	<0.00001	<0.00001
Cromo (Cr)	mg/L	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.007	<0.0001	0.009	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Cobre (Cu)	mg/L	<0.00003	0.0202	0.0043	0.0204	0.0289	0.0132	0.0032	0.0067	0.0121	<0.00003	0.0417	<0.00003	<0.00003	0.0026	0.1104
Hierro (Fe)	mg/L	<0.00003	0.1328	0.0833	0.1347	1.846	0.8859	5.494	1.379	0.4058	0.0301	0.7464	0.0160	0.0426	0.2494	1.114
Mercurio (Hg)	mg/L	<0.00003	<0.00003	<0.00003	<0.00003	<0.00003	<0.00003	<0.00003	<0.00003	<0.00003	<0.00003	<0.00003	<0.00003	<0.00003	<0.00003	<0.00003
Potasio (K)	mg/L	0.59	0.90	0.74	2.50	1.74	1.71	1.21	0.87	2.67	1.73	3.21	2.02	1.54	3.07	8.32
Litio (Li)	mg/L	0.0027	0.0053	0.0046	0.0192	0.0085	0.0086	0.0114	0.0051	0.0983	0.0036	0.1207	0.0365	0.0994	0.1257	0.992
Magnesio (Mg)	mg/L	1.838	4.806	5.241	6.437	8.206	9.551	9.735	5.746	13.32	5.676	13.23	9.468	12.66	13.26	20.00
Manganeso (Mn)	mg/L	0.0127	0.09414	0.01205	0.0387	0.1430	0.09657	0.28475	0.03691	0.05748	0.00326	0.04741	0.00117	0.0792	0.01609	0.9922
Molibdeno (Mo)	mg/L	<0.00002	0.00769	0.00288	0.01397	0.00355	0.00332	0.00262	0.00308	0.00375	0.00362	0.00465	<0.00002	0.00359	0.00399	0.00475
Niquel (Ni)	mg/L	0.0027	0.0025	0.0046	<0.0002	0.0036	0.0023	0.0128	0.0464	0.018	0.0020	0.0020	<0.0002	<0.0002	0.009	0.027
Plomo (Pb)	mg/L	<0.002	0.022	<0.002	0.010	0.0070	0.0034	0.0020	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	0.011	0.0019
Antimonio (Sb)	mg/L	<0.00004	0.00412	<0.00004	0.0164	0.00703	0.01580	<0.00004	<0.00004	0.00242	<0.00004	0.00195	<0.00004	<0.00004	0.0192	<0.00004
Selenio (Se)	mg/L	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004
Estafilo (Sn)	mg/L	<0.00003	<0.00003	<0.00003	<0.00003	<0.00003	<0.00003	<0.00003	<0.00003	<0.00003	<0.00003	<0.00003	<0.00003	<0.00003	<0.00003	<0.00003
Estroncio (Sr)	mg/L	0.1165	0.7087	0.3109	0.3941	0.6385	0.8591	0.4485	0.4132	0.9185	0.2831	0.8884	0.2378	0.3229	0.8832	1.115
Titanio (Ti)	mg/L	<0.0002	<0.0002	<0.0002	0.0041	0.0057	<0.0002	<0.0002	<0.0002	0.0014	0.0019	0.0169	0.0020	0.0028	0.0075	0.0280
Talio (Tl)	mg/L	<0.00002	<0.00002	<0.00002	<0.00002	<0.00002	<0.00002	<0.00002	<0.00002	<0.00002	<0.00002	<0.00002	<0.00002	<0.00002	<0.00002	<0.00002
Vanadio (V)	mg/L	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.0010	0.0014	<0.0001	0.0010	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.0016	<0.0001	0.0022
Zinc (Zn)	mg/L	<0.0100	0.0912	<0.0100	<0.0100	0.0581	0.0248	0.0700	0.0686	0.0250	<0.0100	0.0261	<0.0100	<0.0100	<0.0100	0.0261
PARAMETROS ORGANICOS																
Aseles y grasas (MEH)	mg/L	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	1.7
Detergentes Anfílicos (SDAM)	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.06	0.11	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	0.09
MICROBIOLÓGICOS																
Coniformes	NMP/100mL	1000	2000	1000	1000	1700	26,000	14	7,8	7,000	49	1,100	130	480	2,400	1,700,000
Termotolerantes (44.5°C)																
PESTICIDAS ORGANOCLORIDADOS																



Trabajando para todos peruanos

FECHA DE MONITOREO HORA DEL MONITOREO Código del punto de monitoreo Coordenadas UTM WGS 84 Informes de Ensayo: ALS ENVIRONMENTAL	ECA-Agua Categoría 3		Unidad	21/08/2017 21/08/2017 21/08/2017 21/08/2017 21/08/2017 21/08/2017 21/08/2017 21/08/2017 21/08/2017 21/08/2017 21/08/2017 21/08/2017												25/08/2017		26/08/2017	
	Df	D2		RSura1	RQuic1	RPamp2	RMayot	RHuau1	RPato1	RPamp1	RChies1	RChies2	QPaec1	RHuau5	RHuam1	GHuay1	RHuau2	RHuau3	
Este	Agua para riego no restringido	Agua para riego restringido	ug/L	306562	303467	303467	286935	302857	302865	303467	314188	283348	268893	280234	280227	254887	216130		
Norte	Agua para riego no restringido	Agua para riego restringido	ug/L	8834058	8813682	8813687	8811857	8818159	8818621	8813687	8796637	8794979	8778566	8768941	8767116	8767462	8774869		
	Adrin + Dieldrin	Bebida de amilales	ug/L	374192017	376342017	376342017	376862017	376862017	376862017	376862017	381072017	381072017	381072017	382242017	382242017	382592017	382592017		
	Heptacloro + Heptacloro Epóxido	Agua para riego no restringido	ug/L								< 0.0004	< 0.0004	< 0.0004	< 0.0004	< 0.0004	< 0.0004			
	DDT (Suma de 4,4'-DDD y 4,4'-DDE)*	Agua para riego restringido	ug/L								< 0.0008	< 0.0008	< 0.0008	< 0.0008	< 0.0008	< 0.0008			
	4,4'-DDD	Agua para riego no restringido	ug/L								< 0.0002	< 0.0002	< 0.0002	< 0.0002	< 0.0002	< 0.0002			
	4,4'-DDE	Agua para riego no restringido	ug/L								< 0.0002	< 0.0002	< 0.0002	< 0.0002	< 0.0002	< 0.0002			
	4,4'-DDT	Agua para riego no restringido	ug/L								< 0.0002	< 0.0002	< 0.0002	< 0.0002	< 0.0002	< 0.0002			
	Adrin	Agua para riego no restringido	ug/L								< 0.0004	< 0.0004	< 0.0004	< 0.0004	< 0.0004	< 0.0004			
	alfa-BHC	Agua para riego no restringido	ug/L								< 0.0004	< 0.0004	< 0.0004	< 0.0004	< 0.0004	< 0.0004			
	beta-BHC	Agua para riego no restringido	ug/L								< 0.0004	< 0.0004	< 0.0004	< 0.0004	< 0.0004	< 0.0004			
	delta-BHC	Agua para riego no restringido	ug/L								< 0.0006	< 0.0006	< 0.0006	< 0.0006	< 0.0006	< 0.0006			
	Dieldrin	Agua para riego no restringido	ug/L								< 0.0015	< 0.0015	< 0.0015	< 0.0015	< 0.0015	< 0.0015			
	Endosulfan I	Agua para riego no restringido	ug/L								< 0.0003	< 0.0003	< 0.0003	< 0.0003	< 0.0003	< 0.0003			
	Endosulfan II	Agua para riego no restringido	ug/L								< 0.0004	< 0.0004	< 0.0004	< 0.0004	< 0.0004	< 0.0004			
	Endosulfan Sulfato	Agua para riego no restringido	ug/L								< 0.0004	< 0.0004	< 0.0004	< 0.0004	< 0.0004	< 0.0004			
	Endrin	Agua para riego no restringido	ug/L								< 0.0003	< 0.0003	< 0.0003	< 0.0003	< 0.0003	< 0.0003			
	Endrin Aldehído	Agua para riego no restringido	ug/L								< 0.0007	< 0.0007	< 0.0007	< 0.0007	< 0.0007	< 0.0007			
	Endrin Cetona	Agua para riego no restringido	ug/L								< 0.0003	< 0.0003	< 0.0003	< 0.0003	< 0.0003	< 0.0003			
	Gamma Clordano	Agua para riego no restringido	ug/L								< 0.0008	< 0.0008	< 0.0008	< 0.0008	< 0.0008	< 0.0008			
	Heptacloro	Agua para riego no restringido	ug/L								< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005			
	Heptacloro Epóxido (ISOMERO B)	Agua para riego no restringido	ug/L								< 0.0004	< 0.0004	< 0.0004	< 0.0004	< 0.0004	< 0.0004			
	Lindano (gamma-BHC)	Agua para riego no restringido	ug/L								< 0.0009	< 0.0009	< 0.0009	< 0.0009	< 0.0009	< 0.0009			
	Metoxicloro	Agua para riego no restringido	ug/L								< 0.0009	< 0.0009	< 0.0009	< 0.0009	< 0.0009	< 0.0009			
PESTICIDAS ORGANOFOSFORADOS																			
	Dimetato	Agua para riego no restringido	ug/L								< 0.035	< 0.035	< 0.035	< 0.035	< 0.035	< 0.035			
	Disulfoton	Agua para riego no restringido	ug/L								< 0.017	< 0.017	< 0.017	< 0.017	< 0.017	< 0.017			
	Fenitrotin	Agua para riego no restringido	ug/L								< 0.032	< 0.032	< 0.032	< 0.032	< 0.032	< 0.032			

Trabajando para todos los peruanos

ADMINISTRACIÓN LOCAL DEL AGUA HUAYRA

Página 22 de 67

22

ANONIMO NACIONAL DEL AGUA V°B° INGLENELE PATINIO PABENTE AAA CARAYTE

V°B° ANONIMO NACIONAL DEL AGUA V°B° INGLENELE PATINIO PABENTE AAA CARAYTE

ANONIMO NACIONAL DEL AGUA V°B° INGLENELE PATINIO PABENTE AAA CARAYTE

FECHA DE MONITOREO HORA DEL MONITOREO Código del punto de monitoreo	ECA-Agua Categoría 3	Este		Norte		Unidad	Parámetros	21/08/2017 15:05 RSura1 305652 8834658 37413/2017	22/08/2017 16:20 RPamp2 303467 8813897 37624/2017	23/08/2017 11:55 RMayo1 298935 8811857 37656/2017	23/08/2017 12:30 RHuaui 302857 8818159 37656/2017	23/08/2017 12:50 RPalo1 306285 8819621 37656/2017	23/08/2017 13:30 RPamp1 303467 8813897 37656/2017	24/08/2017 10:20 RChac1 314188 8796637 38107/2017	24/08/2017 12:30 RChac2 293439 8900379 38107/2017	24/08/2017 13:10 QPacc1 283348 8794979 38107/2017	24/08/2017 14:00 RHuaui5 268993 8776586 38107/2017	25/08/2017 11:15 RHuaui1 280224 8769941 38224/2017	25/08/2017 11:48 OHuaui1 280227 8767116 38224/2017	26/08/2017 10:05 RHuaui2 254867 8767482 38259/2017	26/08/2017 11:25 RHuaui3 216130 8774559 38259/2017		
		D1	D2	D1	D2																		
Coordenadas UTM WGS 84		Agua para riego	Agua para riego	Agua para riego	Agua para riego																		
Formio						ug/L																	
Melaton						ug/L																	
Metil Paration						ug/L																	
O.O-Trietil fosforo						ug/L																	
Isoto						ug/L																	
Paration						ug/L	35																
Sulfitep						ug/L																	
Tonezón						ug/L																	

Fuente: Resultados de laboratorio ALS AMBIENTAL, informes de ensayo con valor oficial N° 37413/2017, N° 37624/2017, N° 37856/2017, N° 38107/2017, N° 38224/2017 y N° 38259/2017.

Mayor al ECA-Agua Categoría 3: "Riego de Vegetales y Bebidas de Animales".






Autoridad Nacional del Agua
Autoridad Administrativa del Agua Cañete - Fortaleza
Administración Local de Agua Huaura

REGISTRADO
LOCAL DEL AGUA
HUaura
03

INFORME TÉCNICO N° 066-2018-ANA-AAA.CF.-ALA H/KHR

Para : Ing. Luis Fernando Biffi Martin
Directo de la Autoridad Administrativa del Agua Cañete – Fortaleza

De : Ing. Cesar Augusto Aquino Gonzales
Administrador Local de Agua Huaura

Asunto : Informe de Monitoreo de la Calidad de Agua Superficial en la Cuenca del Río Huaura - 2018

Referencia : Memorandum N° 115-2018-ANA-AAA.C.F.

Fecha : Huacho, 19 de diciembre del 2018.

I. ANTECEDENTES

- 1.1 A partir del 01 de abril del 2009 entra en vigencia la Ley N° 29338 - Ley de Recursos Hídricos, la cual establece que la Autoridad Nacional del Agua, es la responsable de la protección y conservación de los Recursos Hídricos y de los bienes asociados a ella. En este marco la Autoridad Nacional del Agua, en su condición de ente rector y máxima autoridad técnico-normativa del Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos y en cumplimiento al mandato establecido en dicha Ley, es responsable de la vigilancia de la calidad del agua en los cuerpos naturales de agua continental y marino-costeros del país, así como también de la fiscalización de la calidad del agua por el otorgamiento de autorización de vertimiento y/o reúso de aguas residuales tratadas.
- 1.2 En ese sentido, bajo los lineamientos de la Ley N° 29338 y el Reglamento de Organización y Funciones de la Autoridad Nacional del Agua, aprobado mediante el Decreto Supremo N° 018-2017-MINAGRI, inciso c) del Artículo 48°, prescribe que las Administraciones Locales de Agua ejecutan acciones de supervisiones, control, vigilancia y fiscalización para asegurar el uso sostenible, la conservación y protección de la calidad de los recursos hídricos.
- 1.3 Desde el año 2013, la Autoridad Nacional del Agua, a través de sus órganos desconcentrados, han realizado cinco (05) Trabajos de Monitoreos de Calidad de Agua Superficial en la Cuenca del Río Huaura, conforme se muestra en el Cuadro N° 01.

Cuadro N° 01.
Monitoreo de Calidad de Agua Superficial en la Cuenca del Río Huaura

Item	Actividad	Año	Ambito de Cobertura	Puntos de Monitoreo	Informe Técnico
1	Monitoreo de Calidad de Agua Superficial en la Cuenca del Río Huaura	2013	Cuenca Alta y Media	18	N° 007-2013-ANA-DGCRH-VIG/PAPD
2	Monitoreo de Calidad de Agua Superficial en la Cuenca del Río Huaura	2014	Cuenca Alta y Media	19	N° 035-2014-ANA-DGCRH-VIG/PDPA
3	Monitoreo de Calidad de Agua Superficial en la Cuenca del Río Huaura	2015	Cuenca Alta, Media y Baja	25	N° 002-2016-ANA-AAA.CF-ALA.H-KHR
4	Monitoreo de Calidad de Agua Superficial en la Cuenca del Río Huaura	2016	Cuenca Alta, Media y Baja	25	N° 027-2016-ANA-AAA.CF-ALA.H-KHR
5	Monitoreo de Calidad de Agua Superficial en la Cuenca del Río Huaura	2017	Cuenca Alta, Media y Baja	25	N° 066-2017-ANA-AAA.CF-ALA.H-KHR

- 1.4 Mediante Memorandum N° 115-2018-ANA-AAA.C.F., del 05 de marzo del 2018, la Autoridad Administrativa del Agua Cañete-Fortaleza remite a la Administración Local de Agua Huaura el Plan de Trabajo para el Monitoreo de la Calidad de Agua Superficial en la Cuenca del Río Huaura - 2018, siendo la actividad programada desde el 26 al 28 de marzo y del 02 al 03 de abril del año en curso.



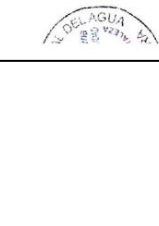


Autoridad Nacional del Agua
 Autoridad Administrativa del Agua, Cañete - Fortaleza
 Administración Local de Agua Huaura

Cuadro N° 12
Resultados de los análisis de agua en el Río Huaura y tributarios

FECHA DE MONITOREO	ECA-Agua Categoría 3		Resultados de los análisis de agua en el Río Huaura y tributarios																	
	Fecha	Ubicación	14/15	9/10/2018	9/10/2018	10/04/2018	10/04/2018	11/04/2018	11/04/2018	11/04/2018	12/04/2018	12/04/2018	12/04/2018	12/04/2018	13/04/2018	13/04/2018	13/04/2018	13/04/2018	13/04/2018	
ORA DEL MONITOREO	14:15	14:50	13:40	17:00	11:35	12:00	13:25	12:10	14:10	10:25	10:45	12:15	13:15	15:50	16:35					
gto. del punto de monitoreo	RSura1	RQlic1	RPamp1	RPamp2	RHuau1	RPato1	Rilayo1	RChet1	OPacc1	RChet2	RHuau5	RHuau1	OHay1	RSya1	RHuau2	RHuau4				
Unidades UTM	305662	306292	313467	309857	302657	305265	269935	314088	283348	293430	269993	280234	280227	260278	254867	216130				
Coordenadas UTM	8831662	8831662	8819887	8817601	8816169	8819821	8811857	8796637	8794979	8800579	8778986	8768844	8767116	8767057	8767462	8774659				
Informes de Ensayo:	1701/2018	17701/2018	17895/2018	17895/2018	18372/2018	18372/2018	18372/2018	18659/2018	18659/2018	18659/2018	18659/2018	18716/2018	18716/2018	18716/2018	18716/2018	18716/2018				
ALIS PERU S.A.C.																				
Unidad																				
RETROS FISICOS																				
> Desecho	mg O/L	7.391	8.03	7.6	8.9	6.2	7.347	6.53	6.674	7.59	9.07	8.83	9	7.8	7.93	8.41	8.92	7.391		
Unidad de PH	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-8.5
altura	°Celsius	13.8	12.8	9.9	13.2	13.2	13.79	10.8	18.6	17	19.01	16.2	18.67	21.9	21.3	25.43	24.55	13.8		
visibilidad	psfcm	2500	242.4	256.3	242.4	256.4	276.1	230.3	202.4	333.9	326.2	145.2	388.3	267.7	337.8	402.4	405.4	241.1		
viscosidad	mg O/L	15	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2		
Química	mg O/L	40	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2		
temperatura	mg/L	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Weld	mg CN/L	0.1	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Libre	mg CN/L	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
RETROS INORGANICOS																				
Totál	mg PL	0.017	0.266	0.212	0.106	0.114	0.084	0.081	0.108	0.156	0.176	0.084	0.096	0.082	0.193	0.213	0.205	0.017		
NO3-	mg NO3-L	0.314	0.494	0.361	0.829	1.115	0.459	0.467	3.501	0.855	1.135	1.471	5.612	4.633	1.397	2.084	1.926	0.374		
(como N)	mg NO3-N/L	0.085	0.112	0.082	0.187	0.282	0.104	0.105	0.791	0.193	0.256	0.332	1.288	1.047	0.316	0.471	0.435	0.085		
NO2-	mg NO2-L	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
(como N)	mg NO2-N/L	10	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004
SO4-2	mg SO4-2/L	1000	67.78	34.82	25.93	53.45	50.59	67.84	38.42	72.08	66.14	21.57	50.96	44.19	62.89	85.47	82.38	67.78		
(como N)	mg/L	100	0.085	0.112	0.082	0.187	0.282	0.104	0.791	0.193	0.256	0.332	1.288	1.047	0.316	0.471	0.435	0.085		

Página 20 de 67





Autoridad Nacional del Agua
 Autoridad Administrativa del Agua Cañete - Fortaleza
 Administración Local de Agua Huaura

FECHA DE MONITOREO		ECA-Agua Categoría 3																			
HORA DEL MONITOREO	Punto de monitoreo	RSura1	RQuic1	RPamp1	10/4/2018	10/4/2018	10/4/2018	11/4/2018	11/4/2018	12/4/2018	12/4/2018	12/4/2018	12/4/2018	12/4/2018	13/4/2018	13/4/2018	13/4/2018	13/4/2018	13/4/2018		
Estadísticas UTM	Este	305862	305282	313467	308857	302857	RHuau1	RPub1	RMayo1	RChes1	OPrec1	RGkec2	RHuau5	RHuau1	OHmay1	RSaya1	18-15	18-15	18-15		
GS 84	Norte	8831682	8831682	8813887	8819601	8818169	8818221	881857	876837	283348	283348	283430	268893	282234	282227	262278	244857	244857	244857	242978	
Informes de Ensayo	Agua para riego	17701/2018	17701/2018	17695/2018	18372/2018	18372/2018	18372/2018	18372/2018	18372/2018	18359/2018	18359/2018	18659/2018	18659/2018	18768/2018	18768/2018	18768/2018	18768/2018	18768/2018	18768/2018	18768/2018	
ALCS PERU S.A.C.	Agua para riego	0.0002	0.0002	0.0020	0.0035	0.0026	0.0051	<0.0002	0.0161	0.0102	0.0626	0.0076	0.0133	0.0844	0.1236	0.0872	0.0747	0.0747	0.0747	0.0002	
Unidad	Unidad	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	
1)	Bebida de animales	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	
2)	Agua para riego	<0.0001	0.0008	0.0006	0.0009	<0.0001	<0.0001	0.0013	0.0022	0.0042	0.0009	0.0031	0.0019	0.0082	0.0056	0.0049	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	
3)	Agua para riego	0.0659	0.0000	<0.0100	0.0503	0.0476	0.0326	0.0223	0.0100	0.09	0.0553	0.0138	<0.0100	0.0735	0.0401	0.037	0.0659	0.0659	0.0659	0.0659	
BIETROS ORGANICOS																					
Y grasas	mg/L	5	10	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	
Proteínas	mg/L	0.2	0.5	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	
BIOLÓGICOS																					
1)	Microorganismos	1000	2000	1000	28000	110000	28000	11	33	11	1700	170	220	280	4800	3500	220000	28000	28000	170	
2)	Chloroform	1000	2000	1000	11000	110000	28000	2	7.8	4.5	140	70	130	170	1100	1100	70000	14000	14000	79	
IONES ORGANOCORADOS																					
1)	Dieldrin	ug/L	...	...	...	...	...	...	...	...	...	<0.00005	<0.00005	...	...	<0.00005	<0.00005	<0.00005	<0.00005	<0.00005
2)	Endrin	ug/L	...	...	...	...	...	...	...	...	...	<0.00005	<0.00005	...	...	<0.00005	<0.00005	<0.00005	<0.00005	<0.00005
3)	Aldrin	ug/L	...	...	...	...	...	...	...	...	...	<0.00005	<0.00005	...	...	<0.00005	<0.00005	<0.00005	<0.00005	<0.00005
4)	DDE	ug/L	...	...	...	...	...	...	...	...	...	<0.00005	<0.00005	...	...	<0.00005	<0.00005	<0.00005	<0.00005	<0.00005
5)	DDD	ug/L	...	...	...	...	...	...	...	...	...	<0.00005	<0.00005	...	...	<0.00005	<0.00005	<0.00005	<0.00005	<0.00005
6)	DDT	ug/L	...	...	...	...	...	...	...	...	...	<0.00005	<0.00005	...	...	<0.00005	<0.00005	<0.00005	<0.00005	<0.00005
7)	Heptachlor	ug/L	...	...	...	...	...	...	...	...	...	<0.00005	<0.00005	...	...	<0.00005	<0.00005	<0.00005	<0.00005	<0.00005
8)	Chlordane	ug/L	...	...	...	...	...	...	...	...	...	<0.00005	<0.00005	...	...	<0.00005	<0.00005	<0.00005	<0.00005	<0.00005
9)	Nonachlor	ug/L	...	...	...	...	...	...	...	...	...	<0.00005	<0.00005	...	...	<0.00005	<0.00005	<0.00005	<0.00005	<0.00005
10)	Endosulfate	ug/L	...	...	...	...	...	...	...	...	...	<0.00005	<0.00005	...	...	<0.00005	<0.00005	<0.00005	<0.00005	<0.00005
11)	Permethrin	ug/L	...	...	...	...	...	...	...	...	...	<0.00005	<0.00005	...	...	<0.00005	<0.00005	<0.00005	<0.00005	<0.00005
12)	Malathion	ug/L	...	...	...	...	...	...	...	...	...	<0.00005	<0.00005	...	...	<0.00005	<0.00005	<0.00005	<0.00005	<0.00005
13)	Phosalone	ug/L	...	...	...	...	...	...	...	...	...	<0.00005	<0.00005	...	...	<0.00005	<0.00005	<0.00005	<0.00005	<0.00005
14)	Triphenylethylene	ug/L	...	...	...	...	...	...	...	...	...	<0.00005	<0.00005	...	...	<0.00005	<0.00005	<0.00005	<0.00005	<0.00005
15)	Other	ug/L	...	...	...	...	...	...	...	...	...	<0.00005	<0.00005	...	...	<0.00005	<0.00005	<0.00005	<0.00005	<0.00005



FECHA DE MONITOREO	ECA-Agua Categoría 3		CUIDAS ORGANOFOSFORADOS																			
HORA DEL MONITOREO	DI	D2	Informes de Ensayo: ALS PERU S.A.C.																			
Lugar del punto de monitoreo	Agua para riego restringido	Bebida de amilales	ammonia	alifan I	alifan II	alifan Sulfido	Aldehido	Calona	a Cloridato	loro	loro Epóxido	ERO B)	o (gamma-	cloro	alfo	lon	n	arilaton	Tredil	ro licado	P	n
Unidad	ug/L	ug/L	ug/L	ug/L	ug/L	ug/L	ug/L	ug/L	ug/L	ug/L	ug/L	ug/L	ug/L	ug/L	ug/L	ug/L	ug/L	ug/L	ug/L	ug/L	ug/L	ug/L
14:15	RSum1	D2	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
14:50	RQuic1	D2	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
15:40	RPamp1	D2	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
17:00	RUuaa2	D2	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
18:15	RUuaa4	D2	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
18:35	RHuaa3	D2	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
18:50	RHuaa4	D2	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
19:05	RHuaa5	D2	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
19:20	RHuaa6	D2	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
19:35	RHuaa7	D2	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
19:50	RHuaa8	D2	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
20:05	RHuaa9	D2	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
20:20	RHuaa10	D2	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
20:35	RHuaa11	D2	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
20:50	RHuaa12	D2	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
21:05	RHuaa13	D2	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
21:20	RHuaa14	D2	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
21:35	RHuaa15	D2	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
21:50	RHuaa16	D2	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
22:05	RHuaa17	D2	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
22:20	RHuaa18	D2	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
22:35	RHuaa19	D2	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
22:50	RHuaa20	D2	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
23:05	RHuaa21	D2	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
23:20	RHuaa22	D2	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
23:35	RHuaa23	D2	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
23:50	RHuaa24	D2	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
00:05	RHuaa25	D2	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
00:20	RHuaa26	D2	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
00:35	RHuaa27	D2	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
00:50	RHuaa28	D2	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
01:05	RHuaa29	D2	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
01:20	RHuaa30	D2	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

Mayor al ECA-Agua - Categoría 3, "Riego de Vegetales y Bebidas de Animales".

Resultados de laboratorio ALS PERU S.A.C., informes de ensayo N° 17701/2018, N° 17995/2018, N° 18372/2018, N° 18658/2018 y N° 18716/2018.





INFORME TÉCNICO N° 046-2019-ANA-AAA.CF.-ALA H/KHR

Para : Ing. Luis Enrique Yampufe Morales
Director de la Autoridad Administrativa del Agua Cañete – Fortaleza

De : Ing. Jorge Luis Cahuas Servalli
Administrador Local de Agua Huaura

Asunto : Informe de Resultados del Segundo Monitoreo de la Calidad de Agua Superficial en la Cuenca del Río Huaura - 2019

Referencia : Memorando N° 466-2019-ANA-AAA.CF-ALA.H

Fecha : Huacho, 09 de enero del 2019.

I. ANTECEDENTES

- 1.1 Bajo los lineamientos de la Ley N° 29338 y el Reglamento de Organización y Funciones de la Autoridad Nacional del Agua, aprobado mediante el Decreto Supremo N° 018-2017-MINAGRI, inciso c) del Artículo 48°, prescribe que las Administraciones Locales de Agua ejecutan acciones de supervisiones, control, vigilancia y fiscalización para asegurar el uso sostenible, la conservación y protección de la calidad de los recursos hídricos.
- 1.2 Desde el año 2013, la Autoridad Nacional del Agua, a través de sus órganos desconcentrados, han realizado siete (07) trabajos de Monitoreos de Calidad de Agua Superficial en la Cuenca del Río Huaura, conforme se muestra en el Cuadro N° 01.

Cuadro N° 01.
Monitoreo de Calidad de Agua Superficial en la Cuenca del Río Huaura

Item	Actividad	Año	Ámbito de Cobertura	Puntos de Monitoreo	Informe Técnico
1	Monitoreo de Calidad de Agua Superficial en la Cuenca del Río Huaura	2013	Cuenca Alta y Media	18	N° 007-2013-ANA-DGCRH-VIG/PAPD
2	Monitoreo de Calidad de Agua Superficial en la Cuenca del Río Huaura	2014	Cuenca Alta y Media	19	N° 035-2014-ANA-DGCRH-VIG/PDPA
3	Monitoreo de Calidad de Agua Superficial en la Cuenca del Río Huaura	2015	Cuenca Alta, Media y Baja	25	N° 002-2016-ANA-AAA.CF-ALA.H-KHR
4	Monitoreo de Calidad de Agua Superficial en la Cuenca del Río Huaura	2016	Cuenca Alta, Media y Baja	25	N° 027-2016-ANA-AAA.CF-ALA.H-KHR
5	Monitoreo de Calidad de Agua Superficial en la Cuenca del Río Huaura	2017	Cuenca Alta, Media y Baja	25	N° 066-2017-ANA-AAA.CF-ALA.H-KHR
6	Monitoreo de Calidad de Agua Superficial en la Cuenca del Río Huaura	2018	Cuenca Alta, Media y Baja	27	N° 066-2018-ANA-AAA.CF-ALA.H-KHR
7	Monitoreo de Calidad de Agua Superficial en la Cuenca del Río Huaura	2019	Cuenca Alta, Media y Baja	27	N° 008-2019-ANA-AAA.CF-ALA.H-KHR

- 1.3 Que, con Memorando N° 466-2019-ANA-AAA.CF-ALA.H, del 18 de setiembre del 2019, la Administración Local del Agua Huaura remite a la Autoridad Administrativa del Agua Cañete-Fortaleza, el Plan de Trabajo para el Segundo Monitoreo Participativo de la Calidad de Agua Superficial en la Cuenca del Río Huaura - 2019, con el objetivo de desarrollar acciones de control y vigilancia de la calidad de los recursos hídricos en la Cuenca del Río Huaura, programándose la actividad desde los días 21 al 25 de octubre del 2019.
- 1.4 Que, con Oficio Múltiple N° 019-2019-ANA-AAA.CF-ALA-H y Carta Múltiple N° 017-2019-ANA-AAA.CF-ALA-H, del 04 de octubre del 2019, se invita a las entidades públicas y privadas del ámbito de la Cuenca Huaura, a participar en el Segundo Monitoreo de la Calidad de Agua Superficial en la Cuenca del Río Huaura - 2019, el cual se llevará a





PERU Ministerio de Agricultura y Riego



Cuadro N° 12 Resultados de los análisis de agua en el Río Huaura y tributarios

FECHA DE MONITOREO	ECA Agua Campesinos		D1	D2	Riua1	Riua2	Riua3	Riua4	Riua5	Riua6	Riua7	Riua8	Riua9	Riua10	Riua11	Riua12	Riua13	Riua14	Riua15	
	Agua para Riego	Agua para Consumo																		
14.45	12.20	18.05	15.25	12.30	12.05	11.30	13.40	14.30	15.20	11.06	11.46	13.40	15.13	15.13	13.40	11.46	13.40	15.13	15.13	15.13
305592	306252	309557	313867	302295	302295	302295	302295	302295	302295	302295	302295	302295	302295	302295	302295	302295	302295	302295	302295	302295
883658	883658	883658	883658	883658	883658	883658	883658	883658	883658	883658	883658	883658	883658	883658	883658	883658	883658	883658	883658	883658
633702019	633702019	633702019	633702019	633702019	633702019	633702019	633702019	633702019	633702019	633702019	633702019	633702019	633702019	633702019	633702019	633702019	633702019	633702019	633702019	633702019
PARAMETROS FISICOS																				
Oxígeno Disuelto	mg O2/L	~4	~5	6.256	6.316	6.211	6.986	6.797	6.753	7.460	7.604	7.462	6.616	6.616	7.462	7.604	7.462	6.616	6.616	7.462
pH	Unidad de PH	6.5-8.5	6.5-8.5	8.352	8.425	8.320	8.995	8.259	8.098	8.338	8.278	8.804	7.797	7.797	8.804	8.278	8.804	7.797	7.797	8.804
Temperatura	°Celsius	~13	~13	12.473	13.354	12.667	14.621	12.182	21.19	22.20	22.60	24.31	22.15	22.15	24.31	22.60	24.31	22.15	22.15	24.31
Conductividad Eléctrica	µm	2500	5000	255.6	380.9	307.2	452.9	222.1	480.7	347.8	493.3	520.0	596.2	596.2	493.3	520.0	596.2	596.2	596.2	493.3
Densidad	mg O/L	15	15	<2	3	<2	<2	<2	<2	<2	<2	2	<2	<2	2	<2	2	<2	<2	2
Resistencia de Membrana de Dióxido de Sulfuro	mg O/L	40	40	17	3	6	16	<2	<2	<2	<2	3	<2	<2	3	<2	3	<2	<2	3
Sólidos Totales Suspensivos	mg/L	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Cloruro Total	mg CN/L	0.1	0.1	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Cloruro Libre	mg CN/L	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
PARAMETROS INORGANICOS																				
Fósforo Total	mg PL	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Nitratos, NO3-	mg N/3-L	—	—	0.145	0.112	3.244	1.751	0.183	1.286	5.539	1.756	8.860	1.622	1.622	8.860	1.756	8.860	1.622	1.622	8.860
Nitrato, (como N)	mg N/3-ML	—	—	0.033	0.025	0.733	0.386	0.402	0.291	1.251	0.397	1.556	0.386	0.386	1.556	0.397	1.556	0.386	0.386	1.556
Nitrogeno Total	mg N/L	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Nitrosos, NO2-	mg N/2-L	—	—	<0.015	<0.015	0.125	0.058	<0.015	<0.015	<0.015	<0.015	<0.015	<0.015	<0.015	<0.015	<0.015	<0.015	<0.015	<0.015	<0.015
Nitroso, (como N)	mg N/2-M/L	10	10	<0.004	<0.004	0.038	0.018	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004
Sulfatos, SO4-2	mg SO4-2/L	1000	1000	50.14	100.6	106.0	86.62	119.3	54.68	130.6	98.67	131.4	83.46	83.46	131.4	98.67	131.4	83.46	83.46	131.4
Nitratos, (como N) + Nitrosos, (como N)	mg/L	100	100	0.033	0.025	0.771	0.413	0.402	0.291	1.251	0.397	1.556	0.386	0.386	1.556	0.397	1.556	0.386	0.386	1.556
Substancias	mg/L	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
METALES Y METALOIDES																				

ADMINISTRACION LOCAL DEL AGUA HUAURA L20





PERÚ Ministerio de Agricultura y Riego



FECHA DE MONITOREO		EPA-Agua Categoría 3		Datos de Muestreo																
HORA DEL MONITOREO	Código del punto de muestreo	RS	DZ	D1	D2	RS	DZ	D1	D2	RS	DZ	D1	D2	RS	DZ	RS	DZ	RS	DZ	
Coordenadas UTM WGS 84	Nombre	UTM X	UTM Y	UTM X	UTM Y	UTM X	UTM Y	UTM X	UTM Y	UTM X	UTM Y	UTM X	UTM Y	UTM X	UTM Y	UTM X	UTM Y	UTM X	UTM Y	
Informes de Ensayo ALS PERU S.A.C.	Unidad	70832019	70832019	70832019	70832019	70832019	70832019	70832019	70832019	70832019	70832019	70832019	70832019	70832019	70832019	70832019	70832019	70832019	70832019	
Parámetros																				
Plomo (Pb)	mg/L	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	
Cadmio (Cd)	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	
Mercurio (Hg)	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	
Plata (Ag)	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	
Vanadio (V)	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	
Zinc (Zn)	mg/L	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	
PARAMETROS ORGANICOS																				
Asesínicos y grasas	mg/L	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	
Microorganismos	mg/L	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	
MICROBIOLOGICOS																				
Conductividad	µmS/cm	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	
Temperatura (44.5°C)	°C	19.0	19.0	19.0	19.0	19.0	19.0	19.0	19.0	19.0	19.0	19.0	19.0	19.0	19.0	19.0	19.0	19.0	19.0	
Escherichia coli	NMP/100ml	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	
PESTICIDAS ORGANOCLORADOS																				
4,4'-DDE	µg/L	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	
4,4'-DDT	µg/L	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	
Aldrin	µg/L	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	
dlis-BHC	µg/L	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	
alfa-Chloro	µg/L	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	
beta-BHC	µg/L	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	
delta-BHC	µg/L	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	
Dieldrin	µg/L	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	
Endosulfen I	µg/L	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	
Endosulfen II	µg/L	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	
Endosulfen Sulfato	µg/L	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	
Enzin	µg/L	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	
Enzin Metilato	µg/L	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	

ADMINISTRACION LOCAL DEL AGUA HUAURA

Página 22 de 68



